

PENGARUH PENGGUNAAN KNALPOT RACING 3 MODE TERHADAP DAYA TORSI PADA HONDA VARIO 150

Muchammad Ma'ruf Arsyam

Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Email: muchammadarsyam18@students.unnes.ac.id

Ahmad Roziqin

Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Email: ar_unnes@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Seiring perkembangan zaman muncul berbagai model knalpot yang dapat meningkatkan performa. Salah satunya trend penggunaan knalpot racing untuk meningkatkan kinerja. Cara modifikasi yang mudah dan tidak perlu membongkar mesin orisinil adalah mengganti knalpot. Penelitian ini melakukan modifikasi pada bagian knalpot yang diubah menjadi 3 mode yaitu silent, street, dan racing guna mengetahui daya, torsi dan ambang batas kebisingan. Menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode penelitian eksperimen. Alat yang digunakan untuk menguji daya dan torsi yaitu dynotest. Sedangkan pengujian ambang batas kebisingan menggunakan sound level meter. Bahan yang digunakan yaitu Honda Vario 150 tahun 2019, knalpot standar dan knalpot racing 3 mode.

Pengujian daya dan torsi dilakukan pada putaran mesin 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, 4000 rpm, 4500 rpm, 5000 rpm, 5500 rpm, 6000 rpm, 6500 rpm dan 7000 rpm, 7500 rpm, 8000 rpm, 8500 rpm, 9000 rpm, 9500 rpm dan 10000 rpm. Uji ambang batas kebisingan dilakukan pada kondisi statis 4250-1800 rpm dan bergerak pada kecepatan 40 km/jam, 50 km/jam. Hasil uji daya tertinggi pada penggunaan knalpot standar yaitu 11.03 Hp dan daya tertinggi pada knalpot racing 3 mode yaitu 12.17 Hp pada mode racing. Torsi tertinggi knalpot racing 3 mode sebesar 14.91 Nm mode street, sedangkan knalpot standar sebesar 12.42 Nm. Mode racing memperoleh nilai kebisingan maksimal pada kondisi statis sebesar 90.77 dB dan kondisi bergerak yaitu 92 dB dan 90.53 dB. Hasil tersebut dapat disimpulkan terdapat pengaruh besar pada nilai daya torsi knalpot racing 3 mode daripada knalpot standar. Namun mode racing menimbulkan tingkat kebisingan sangat tinggi.

Keywords: *Knalpot, Daya, Torsi, Kebisingan*

PENDAHULUAN

Exhaust system atau knalpot merupakan bagian vital dari suatu kendaraan yang dibutuhkan untuk meredam hasil ledakan dari ruang bakar sehingga terjadi ledakan pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang berlangsung begitu cepat. Knalpot mempunyai berbagai macam jenis yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, salah satunya adalah knalpot 3 mode (silent, street, dan racing). Hasil analisis Akhya (2016) mengenai penggunaan knalpot racing yang menjadi trend akhir-akhir ini dengan harapan kinerja mesin menjadi lebih baik dari sebelumnya. Masyarakat menyukai knalpot 3 mode karena desain knalpot berbeda dengan knalpot keluaran pabrik. Knalpot ini bisa digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti kegiatan sehari-hari dan balap sebagai penyalur hobi sehingga praktis untuk digunakan. Suara yang dihasilkan lebih bising dibandingkan dengan knalpot standar karena tidak mempunyai banyak sekat atau penghambat.

Meningkatkan performa mesin dilakukan dengan peningkatan daya dan torsi. Daya merupakan besarnya kerja motor pada persatuan waktu. Sedangkan torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja. Besaran torsi adalah besaran turunan yang sering digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan benda yang berputar pada porosnya. Oleh karena itu benda berputar terhadap porosnya dan dapat berhenti pada saat usaha yang berlawanan pada torsi yang memiliki besaran yang sama dengan arah berlawanan. Di samping itu torsi tertinggi diperoleh pada saat udara dan bahan bakar tercampur dan terbakar dengan baik sesuai kebutuhan mesin (Ibnu, 2015).

Sistem pembuangan menghasilkan tekanan balik yang lebih tinggi, maka sebagian gas dari sisa pembakaran yang tertangkap dalam silinder setelah overlapping dan akan bercampur dengan campuran udara bahan bakar yang masuk pada saat langkah hisap. Hal tersebut menyebabkan campuran baru meledak lebih lemah ketika langkah kerja dan mengakibatkan tenaga mesin berkurang. Sehingga saluran knalpot yang tidak

lancar akan berpengaruh terhadap menurunnya daya yang dihasilkan (Josep, 2017).

Torsi diperoleh dari hasil kali antara gaya dengan jarak, dengan kata lain torsi merupakan perkalian antara gaya yang dihasilkan oleh tekanan hasil pembakaran pada torak yang dikalikan dengan jari-jari poros engkol. Melalui perhitungan di atas dapat diketahui jumlah energi yang dihasilkan mesin pada poros. Jumlah energi yang dihasilkan oleh mesin setiap waktu disebut dengan daya mesin. Philip (2015) menyatakan selain itu torsi juga dapat disebut dengan sebuah gaya yang bekerja sesaat dengan satuan Nm (Newton meter). Torsi yang besar memudahkan beban berputar.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Prakosa (2017), bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja daya dan torsi pada knalpot standar dan knalpot racing. Hasil penelitian ini menyatakan penggunaan knalpot racing menghasilkan kinerja yang lebih baik yaitu kinerja maksimum yang lebih lama dan torsi maksimum yang lebih besar kinerjanya, dibandingkan knalpot standar. Penelitian ini merujuk pada pengaruh penggunaan knalpot racing terhadap unjuk kerja daya dan torsi. Perbedaan terletak pada objek yang digunakan.

Selanjutnya juga ada penelitian oleh Joseph et al., (2017) yang bertujuan untuk mengetahui 4 tipe knalpot yang mempunyai ukuran diameter leher knalpot ideal yang dapat menghasilkan performa maksimum. Uji Chassis Dynojet masing-masing indikator pengujian diulang sebanyak 3 kali dengan hasil knalpot tipe 3 diameter header 24 mm dikatakan lebih ideal dan tepat digunakan pada sepeda motor untuk aktivitas sehari-hari karena menghasilkan tekanan balik yang kecil 1138.39 Pa pada medium header/leher knalpot sehingga menghasilkan torsi maksimum terbesar 1.13 kg.m (11.08 N.m) dan daya maksimum terbesar 11.50 (8458.22 watt) pada putaran rendah 7250 rpm.

Dan terakhir penelitian oleh Rochim (2021) bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan camshaft (noken AS) modifikasi dan knalpot racing terhadap konsumsi bahan bakar sepeda motor Vario 125cc tahun 2013 serta mengetahui pengaruh penggunaan

camshaft standar dengan camshaft modifikasi dengan penggunaan knalpot standar dan knalpot racing. Metode eksperimen pengambilan data dilakukan sebanyak 6 kali pada rpm 1500, 2000, 2500, 3000 dengan hasil camshaft standar dan knalpot standar menghasilkan daya, torsi dan konsumsi bahan bakar lebih baik, serta lebih irit daripada camshaft racing dan knalpot racing daya, torsi dan konsumsi bahan bakar yang digunakan lebih maksimal.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, tentang pengaruh penggunaan knalpot racing 3 mode terhadap daya torsi, selanjutnya akan dilakukan penelitian terhadap “Pengaruh Penggunaan Knalpot Racing 3 Mode Terhadap Daya Torsi Pada Honda Vario 150.” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan knalpot racing 3 mode terhadap daya torsi pada motor Vario 150.

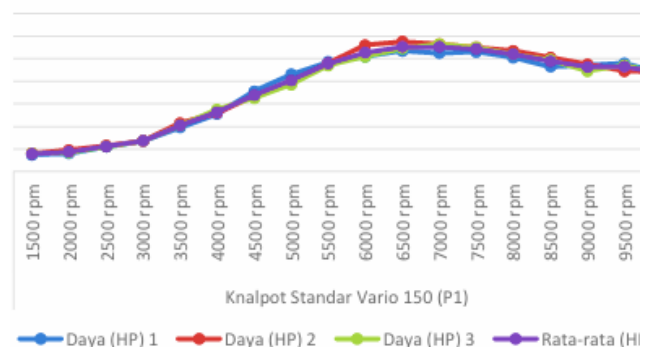
METODE

Pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini, untuk meneliti populasi atau 1 sampel tertentu, umumnya menggunakan teknik pengambilan sampel secara random. Dan menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan jenis penelitian kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara satu variabel dengan variabel lain (Samsu, 2017). Sedangkan menurut Sugiyono (2016) metode eksperimen merupakan metode yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendali. Penelitian yang memaparkan secara detail hasil eksperimen pada laboratorium terhadap sejumlah benda uji menggunakan angka-angka sebagai bentuk analisis data. Dalam penelitian ini akan dilakukan dengan pengujian daya dan torsi pada 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, 4000 rpm, 4500 rpm, 5000 rpm, 5500 rpm, 6000 rpm, 6500 rpm dan 7000 rpm, 7500 rpm, 8000 rpm, 8500 rpm, 9000 rpm, 9500 rpm dan 10000 rpm. Pengujian dilakukan setiap kenaikan 500 rpm dengan tujuan data yang diambil lebih akurat. Dan juga dilakukan pada posisi sepeda motor bergerak pada kecepatan 40km/jam, 50km/jam dan tidak bergerak atau statis pada 4250-1800 rpm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

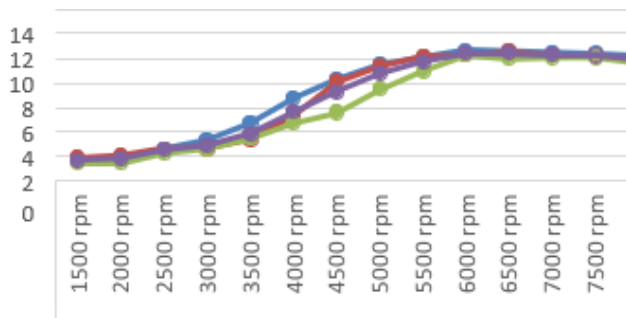
Hasil

Peneliti melakukan pengujian knalpot racing tiga mode (silent, street, racing) pada honda Vario 150 cc yang dilakukan dengan 3 percobaan pada setiap pengujian untuk mengetahui pengaruhnya terhadap daya torsi. Untuk mendapatkan pengujian yang akurat maka penelitian dilakukan menggunakan alat dynamometer guna mengukur daya torsi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui daya dan torsi pada knalpot racing tiga mode (silent, street, racing) pada motor Vario 150 cc. Pengujian tiap mode knalpot dilakukan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan hasil data yang valid, dari tiga data tersebut dirata-rata untuk mendapatkan data tunggal, dari data tersebut mendapatkan hasil sebagai berikut :



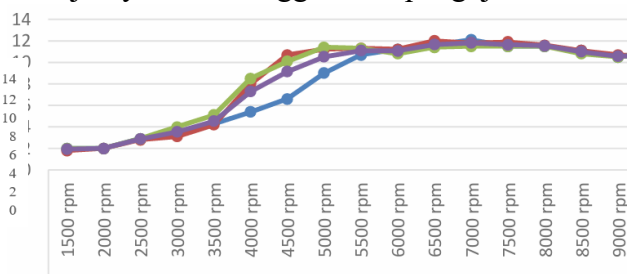
Gambar 4.1 Grafik Hasil Uji Daya Knalpot Standar Vario

Hasil dari penilaian daya penggunaan knalpot standar yang dilakukan menggunakan dynotest. Percobaan tiga kali kemudian dihitung rata-rata setiap pengujian. Pengujian dimulai dari kondisi idle pada putaran mesin 1500 rpm dengan daya sebesar 1.5 hp selanjutnya putaran 3000 rpm dengan rata-rata 2.7 hp. Setiap putaran mesin mengalami peningkatan hingga mencapai daya maksimal di putaran 6500 rpm dan 7000 rpm sebesar 11.03 hp, pada putaran 8500 rpm daya knalpot standar turun menjadi 9.9 hp. Semakin tinggi putaran mesin yang diujikan nilai daya semakin turun sehingga pada putaran 9500 rpm sebesar 9.30 hp dan putaran terakhir 10000 rpm daya yang dihasilkan sebesar 8.73 hp.



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Daya Knalpot Mode Silent

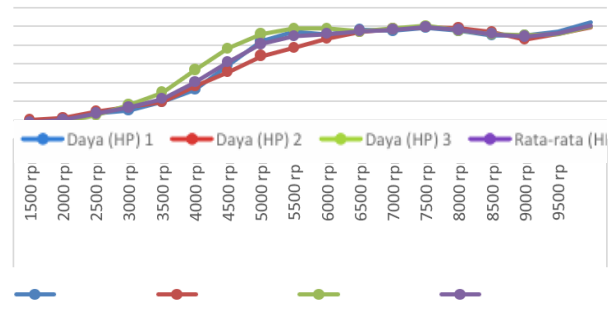
Hasil rata-rata pengujian daya knalpot 3 mode street yang dilakukan tiga kali. Pengujian tersebut memperoleh tingkat daya tertinggi dalam kondisi silent pada putaran 6000 rpm sebesar 10.43 hp. Nilai daya terendah dihasilkan pada putaran 1500 rpm sebesar 1.73 hp yang merupakan pengujian pada kondisi awal. Daya yang dihasilkan dari putaran 1500 rpm nilainya terus naik hingga 6000 rpm, setelah putaran tersebut nilai yang diperoleh mengalami penurunan pada 10000 rpm sebesar 8,63 hp. Hasil rata-rata daya yang dihasilkan pada putaran 6500 rpm – 7500 rpm menempati angka 10 dengan selisih yang sangat tipis pada tiap putaran yang di uji. Putaran 8000 rpm nilai daya 9.93 hp, putaran 8500 rpm sebesar 9.27 hp yang selanjutnya turun hingga akhir pengujian.



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Daya Knalpot Mode Street

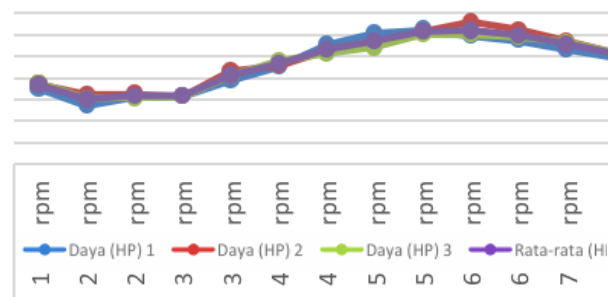
Hasil rata-rata pengujian daya knalpot 3 mode street yang dilakukan tiga kali. Pengujian dimulai dari putaran 1500 rpm dengan rata-rata 1.93 naik secara terus menerus hingga mencapai angka maksimal pada putaran 7000 rpm sebesar 11.80 setelah putaran tersebut angka rata-rata daya mulai menurun secara perlahan. Hasil rata-rata daya yang dihasilkan pada putaran 5500 rpm – 8500 rpm menempati angka 11 dengan selisih

yang sangat tipis pada tiap putaran yang di uji. Selanjutnya pada putaran 9000 rpm nilai daya sebesar 10.57 hp hingga pengujian terakhir 10000 rpm sebesar 10.87 hp.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Daya Knalpot Model Racing

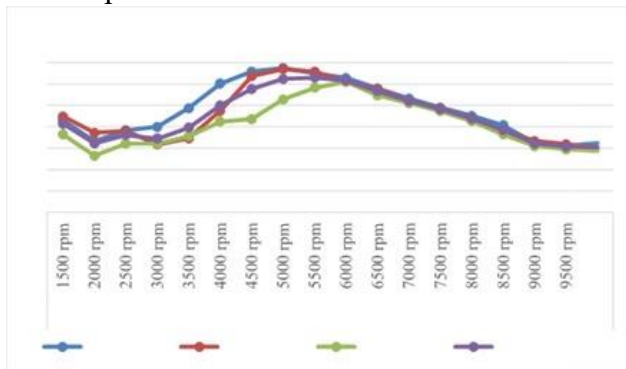
Hasil pengukuran daya mode racing menggunakan dynamometer dapat dilihat pada gambar 4.4. Penggunaan knalpot 3 mode pada saat racing mempunyai nilai maksimal pada putaran 10000 rpm sebesar 12,17 hp yang diawali dengan putaran 1500 rpm dengan rata-rata 1.83 hp. Setelah itu terjadi kenaikan secara perlahan seperti pada putaran 3000 sebesar 3.43 hp disusul putaran 5500 rpm sampai 7000 rpm dengan nilai 11 yang mempunyai sedikit selisih setiap hasilnya. Nilai maksimal kedua pada pengujian ini diperoleh pada 7500 rpm dengan nilai 12 hp.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Torsi Knalpot Mode Standar

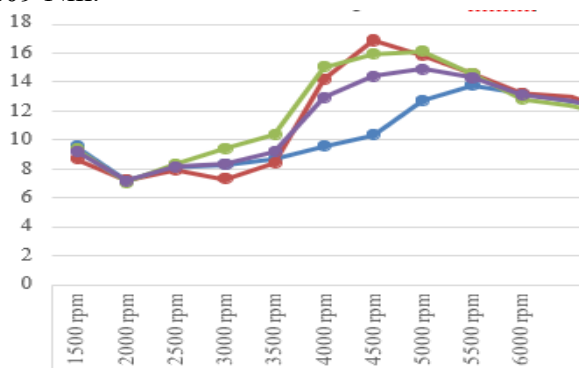
Hasil rata-rata pengukuran torsi pada knalpot standar Honda Vario 150. Hasil putaran uji pertama 1500 rpm sebesar 7.39 Nm, hasil putaran 3500 rpm sebesar 8.27 Nm, putaran 4500 rpm sebesar 10.68 Nm. Angka torsi terus naik dari perhitungan awal seperti putaran 5000

rpm sebesar 11.47 Nm hingga mencapai angka maksimal pada putaran 6000 rpm sebesar 12.42 Nm. Dari putaran tersebut angka mulai menurun dari putaran 6500 rpm sebesar 11.96 Nm, putaran 7000 rpm sebesar 11.17 Nm, putar 8000rpm sebesar 9.18 Nm, putar 9000 rpm sebesar 7.24 Nm. Putaran terakhir dalam pengujian torsi knalpot standar terdapat putaran 10000 rpm sebesar 6.14 Nm.



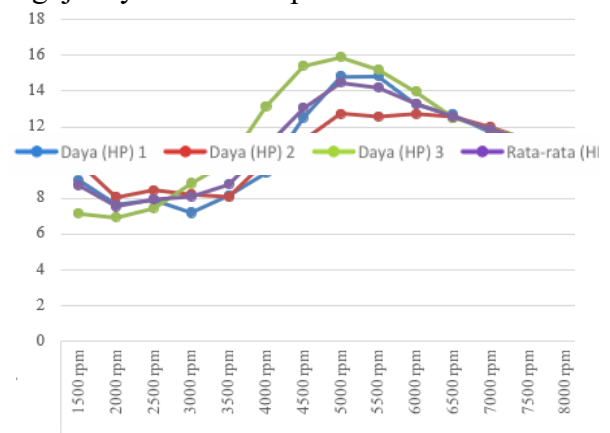
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Uji Torsi Knalpot Mode

Hasil penilaian uji torsi dimulai dari putaran 1500 rpm dengan rata-rata sebesar 8.61 Nm yang mengalami kenaikan menjadi 10.01 Nm pada putaran 4000 rpm. Nilai sebesar 11.54 Nm pada putaran 4500 rpm, angka tersebut terus naik hingga 12.60 Nm pada putaran 5500 rpm. Nilai maksimal torsi diperoleh di 5500 rpm sebesar 12.60 Nm, namun setelah putaran tersebut nilai torsi menurun. Putaran 7000 rpm sebesar 10.43 Nm, putar 8000 rpm sebesar 8.77 Nm. Setelah itu dari putaran 9000 rpm sampai 10000 rpm mempunyai rata-rata 6 dengan sedikit selisih angka dibelakang. Nilai tersebut terus turun hingga putaran terakhir yaitu 10000 rpm sebesar 6.09 Nm.



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Uji Torsi Knalpot Mode Street

Hasil pengujian torsi sebanyak 3 kali pada knalpot mode street dimulai dari putaran 1500 rpm sebesar 9.2 Nm. Pada putaran 3500 rpm nilai torsi sebesar 9.17 Nm, putaran 4000 rpm sebesar 12.94 Nm, putaran 4500 sebesar 14.40 Nm. Setelah itu pengujian torsi mencapai angka maksimal pada putaran 5000 sebesar 14.91 Nm. Setelah putaran tersebut nilai tiap putaran berkurang dengan selisih kecil seperti putaran 5500 rpm sebesar 14.32 Nm, putaran 6000 rpm sebesar 13.10 Nm, putaran 6500 rpm sebesar 12.69 Nm. Hingga pada putaran terakhir pengujian yaitu 10000 rpm sebesar 7.68 Nm.



Gambar 4. 8 Grafik Hasil Uji Torsi Knalpot Model Racing

Hasil rata-rata pengujian 3 kali torsi mode racing pada Honda Vario 150 yang mulai dari putaran 1500 rpm sebesar 8.72 Nm. Nilai torsi terus naik seperti pada putaran 3500 rpm sebesar 8.78 Nm, putaran 4000 rpm sebesar 10.89 Nm, putaran 4500 rpm sebesar 13.06 Nm. Nilai maksimal dari pengujian torsi mode racing terletak pada putaran 5000 rpm sebesar 14.48 Nm, setelah putaran itu nilai perlahan turun. Hasil putaran 5500 rpm sebesar 14.20 Nm, dilanjut dengan hasil putaran 6500 rpm sebesar 12.59 Nm. Pengujian terakhir putaran terakhir 10000 rpm sebesar 9.75 Nm.

Pemba Hasan

Knalpot standar mencapai daya maksimal 12.17 hp di putaran 10000 rpm, sedangkan knalpot racing 3 mode daya maksimal sebesar 12.17 hp di putaran 10000 rpm

pada mode racing, nilai terbesar kedua juga diperoleh mode racing pada 7500 rpm sebesar 12 hp. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan knalpot standar pada Honda Vario 150 memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap performa motor, terutama pada penggunaan knalpot racing 3 mode kondisi racing yang menunjukkan kenaikan cukup tinggi terhadap daya motor tersebut. Dengan bertambahnya rasio panjang terhadap diameter silencer, volume rongga peredam saluran masuk dan ruang aliran udara meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa Honda Vario 150 performanya akan optimal jika menggunakan knalpot racing 3 mode. Namun daya yang dihasilkan pada knalpot 3 mode (silent) lebih rendah dibandingkan dengan knalpot standar.

Tenaga yang dihasilkan untuk menambah kecepatan tertentu torsi awal penelitian ini dimulai pada putaran 1500 rpm, hasil penelitian menyatakan bahwa knalpot racing 3 mode lebih tinggi dibandingkan penggunaan knalpot standar. Torsi awal tertinggi pada mode street sebesar 9.2 Nm sedangkan knalpot standar sebesar 7.39 Nm. Torsi maksimum pada Honda Vario 150 masing masing diperoleh pada putaran 5000 rpm, 5500 dan 7000 rpm. Nilai maksimum knalpot racing 3 mode dijelaskan bahwa mode street dan racing pada putaran 5000 rpm sebesar 14.91 Nm dan 14.48 Nm, sedangkan mode silent pada putaran 5500 rpm sebesar 12.6 Nm. Sedangkan knalpot standar pada putaran 6000 rpm sebesar 12.42 Nm. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai torsi knalpot racing 3 mode lebih besar dibandingkan knalpot standar. Pengaruh besar atau kecilnya nilai torsi adalah putaran dan beban mesin. Semakin berat beban pengemudi maka semakin besar pula torsi yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan yang lebih tinggi. Terdapat beberapa cara untuk meningkatkan torsi dari mesin yaitu dengan memperbesar langkah piston atau memperbesar volume ruang bakar, namun hal ini akan sangat mempengaruhi efisiensi bahan bakar dan konstruksi mesin yang digunakan.

Penggunaan jenis knalpot pada mesin motor disesuaikan dengan kebutuhan agar dapat bekerja dengan baik dan menghasilkan kinerja mesin yang optimal. Kriteria ini menentukan

jenis bahan yang akan digunakan, ketebalan bahan, tergantung pada tujuan kendaraan, karakteristik medan yang harus dilalui, lingkungan yang dilaluinya, dll. Biasanya saat ini baja tahan karat direkomendasikan karena daya tahan dan kekuatannya dalam meredam benturan atau suhu yang lebih besar, meskipun sedikit lebih berat dibandingkan lembaran logam konvensional. Penggunaan jenis knalpot racing dengan design dan konstruksi biasanya dapat mendukung lancarnya pembuangan gas sisa pembakaran. Jika menggunakan knalpot racing, tekanan kompresi tinggi dan produksi gas sisa semakin tinggi dengan karakteristik knalpot racing yang bisa memberikan jalan keluar sangat lancar tanpa mengganggu proses pembakaran selanjutnya karena terdapat tekanan balik dari gas sisa yang dikeluarkan. Hasil tersebut yang menimbulkan daya yang efisien dan torsi yang tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh penggunaan knalpot racing 3 mode (silent, street, racing) pada Honda Vario 150 dapat disimpulkan bahwa daya tertinggi pada penggunaan knalpot standar yaitu 11.03 Hp sedangkan daya tertinggi pada knalpot racing 3 mode yaitu 12.17 Hp pada mode racing. Mode silent 10.43 Hp, namun pada mode street member oleh angka 11.8 Hp. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan knalpot racing 3 mode racing lebih besar atau menunjukkan kenaikan dibandingkan knalpot standar kecuali pada mode silent karena adanya tekanan balik yang begitu besar disebabkan oleh katup yang menutup penuh. Jadi daya knalpot racing 3 mode lebih baik daripada knalpot standar.

Torsi tertinggi knalpot racing 3 mode sebesar 14.91 Nm mode street, mode racing sebesar 14.48 Nm, mode silent sebesar 12.48 Nm. Sedangkan knalpot standar sebesar 12.42 Nm. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai torsi knalpot racing 3 mode lebih baik atau lebih tinggi daripada knalpot standar.

REFERENSI

Akhya, R. H. (2016). *Analisis Penggunaan Knalpot Model FreeFlow dan Busi Racing Terhadap Torsi, Daya dan Tingkat*

- Kebisingan Sepeda Motor 4 Langkah. Nozzle*
Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, 1(2): 112-122., 112-122.
- Ibnu, S. (2015). *The Improvement of Motorcycles Performance using CDI Programmable. Journal Science Tech* 1(1), 59-67.
- Josep, S. (2017). *Kajian Simulasi Pengaruh Tekanan Balik Gas Buang Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor Empat Langkah 135cc.* Journal: TEKNO BIZ, 7(3), 143-149. Ilmiah
- Jun, F. (2018). *Computational Fluid Dynamics Simulations Of The Flow Field Characteristics In A Novel Exhaust Purification Muffler Of Diesel Engine.* China: College of Mechanical and Energy Engineering, Shaoyang University.
- Philip, K. (2015). *Motor Bakar Torak.* Yogyakarta: ANDI.
- Prakosa , B. (2017). *Comparison of Standard Exhaust and Racing Exhaust on Machine Performance.*
- Rochim, A. A. (2021). *Pengaruh Penggunaan Camshaft Racing Dan Knalpot Racing Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Matic 125 Cc Tahun 2013.* Journal of Vocational Education and Automotive Technology, 3(1), 94-101.
- Rozi In, A. (2022). *ANALISIS KUAT SUARA PADA KNALPOT TIPE FREE FLOW DAN CONICAL SILENCER DENGAN SOFTWARE COMSOL MULTIPHASIC 5.6.* Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Vol. 22, No. 2, december 2022, 11-15.
- Samsu. (2017). *Metode Penelitian : Teori dan Aplikasi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan Mix Method serta Research and Development.*
- Subroto, S. (2024). *Experimental study of motorcycle performance with exhaust manifold using torque expansion chamber.* JTM: Journal Terapan Teknik Mesin, 5(1), 46-53.