

KAJIAN SIMULASI PENGARUH TEKANAN BALIK GAS BUANG TERHADAP KINERJA MESIN SEPEDA MOTOR EMPAT LANGKAH 135CC

Sefnath Josep Etwan Sarwuna, Wegie Ruslan, Indra Chandra Setiawan
Program Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila Jakarta
Jl. Borobudur No.7 Menteng, Jakarta Pusat (10320)
Telp. (021) 3904268, Fax. (021)2305310 Email: etwan_sarwuna@yahoo.co.id

Abstract

It is generally known that exhaust system or commonly called muffler is a vital/main part of a motor cycle. Therefore in the automotive sector/field, this product is progressing rapidly and increasing the customer. Exhaust functions are to increase to speed, to beautify the shape and to acquire the good sound hearing. But infect, many people disregard to improve/increase engine performance by utilizing the exhaust gas itself. Related to exhaust gas issue and focus on back pressure that occurs during disposal process, some exhaust products with different size of header diameter are taken and analyzed to determine the amount of back pressure generated. The analysis using ANSYS R15.0 program and the direct test using DYNOJET Model 250. The simulation result show the amount of back pressure that occurs in the header exhaust for each type of exhaust. The first type of exhaust (muffler type 1) the largest/the most back pressure is 3172.04 Pa, for the second type of exhaust (muffler type 2) the pressure is 2775.66 Pa, the third type of exhaust (muffler type 3) produce 1138.39 Pa back pressure and the fourth type of exhaust (muffler type 4) produce the smallest back pressure is 562.64Pa. The result of the four stroke 135cc motor cycle for each type of muffler using the Dynojet show that the muffler type 1 on the 7340 rpm max torque 0.89 kg.m (8.73 N.m) on round of 8150 rpm generating a max power 9.26 PS (6811 watt). For muffler type 2 on around 7160 rpm produce max torque 1.05 kg.m (10.3 N.m) and max power 10.57 PS (7774.21 watt). For muffler type 3 at the around 7250 rpm produce max torque 1.13 kg.m (11.08 N.m) and max power 11.50 PS (8458.22 watt). And for muffler type 4 at around 7240 rpm produce max torque 0.95 kg.m (9.31 N.m) and at the around 8520 rpm obtained the max power is 10.26 PS (7546.21 watt). Torque and the biggest power generated by the muffler type 3 while torque and smallest power generated by the muffler type 1.

Key word : Backpressure, Exhaust Type, Machines Performance

I. PENDAHULUAN

Sebagaimana diketahui secara umum bahwa *exhaust system* atau lazim disebut knalpot, merupakan bagian vital dari sebuah kendaraan bermotor. Kontruksi knalpot ini sendiri terdiri dari dua saluran utama yaitu *header/leher* knalpot yang terpasang pada kendaraan. Untuk itu, maka penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengkaji rancangan geometri ukuran diameter *header/leher* knalpot yang menghasilkan tekanan balik saat pembuang yang kecil sehingga memberikan dapat positif berupa kenaikan tenaga mesin dan torsi mesin. Permasalahan dalam penelitian ini di batasi sebagai berikut: hanya menggunakan 4 variasi knalpot dengan ukuran diameter leher knalpot yang berbeda. Pengujian dengan simulasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mengetahui besar tekanan balik yang dihasilkan sedangkan pengujian langsung

manifold buang untuk menjaga tekanan pembuangan dan *muffler* atau bagian pipa ekor knalpot yang berfungsi untuk mereduksi suara yang dikeluarkan saat pembuangan. Kontruksi dari knalpot ini bila ditelusuri lebih lanjut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja mesin

menggunakan alat uji *Chassis Dynojet* untuk mengetahui torsi dan daya yang dihasilkan masing –masing knalpot. Produk digunakan pada sepeda motor jenis bebek bermesin empat langkah dengan volume langkah 135cc.

Tekanan balik (*back pressure*) adalah tekanan yang timbul akibat hambatan yang dialami gas buang selama proses penyalurannya dan merupakan pantulan dari gelombang tekanan gas buang yang telah dikeluarkan dari silinder menuju system penyaluran gas kembali kearah silinder. Tekanan balik (*back pressure*) ini dapat terjadi baik pada *exhaust manifold*, pipa

sambungan, *muffler* maupun converter katalis dengan kata lain tekanan balik (*back pressure*) dapat terjadi jika tekanan di dalam system gas buang lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Dari mesin 4 langkah memiliki efek negatif terhadap efisiensi mesin mengakibatkan penurunan daya output yang harus di kompensasi dengan meningkatkan bahan bakar. Setiap mesin memiliki karakteristik system pembuangan yang bebrbeda – beda, sehingga sudah sewajarnya setiap mesin memiliki batasan tekanan balik yang dibutuhkan oleh mesin tersebut. Apabila suatu system pembuangan menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dari pada yang ditentukan, maka akan terdapat sebagian

gas sisa pembakaran yang terperangkap di dalam silinder setelah fenomena *overlapping* terjadi dan bercampuran dengan campuran udara – bahan bakar yang masuk ketika langkah hisap terjadi. Oleh karena itu, campuran baru ini akan menghasilkan ledakan yang lebih lemah ketika langkah kerja terjadi. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya tenaga mesin. Sebaliknya, ketika suatu mesin memiliki nilai tekanan balik yang lebih rendah dari pada yang ditentukan. Maka gas buang akan keluar lebih cepat dari ruang bakar ketika langkah pembuangan terjadi. Ketika terjadi *overlapping*, gas sisa pembakaran akan lebih mudah mengalir dan lebih cepat menuju system pembuangan. Oleh sebab itu, terdapat sebagian campuran udara – bahan bakar yang masuk akan memiliki jeda waktu untuk ikut keluar melalui katup buang setelah mendorong gas sisa pembakaran keluar dari ruang bakar. Hal ini juga menyebabkan berkurangnya tenaga mesin, karena gas buang akan mengalir lebih cepat dari system ke atmosfer, maka tingkat kebisingan akan semakin tinggi juga.

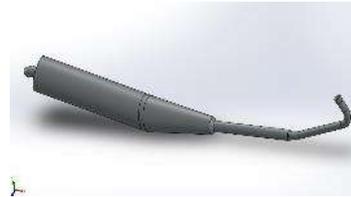
Ukuran diameter leher knalpot menjadi penentu besar kecilnya tekanan balik (*back pressure*) pada saat terjadi proses pembuangan. Terlalu besarnya ukuran diameter sebuah knalpot berdampak pada penurunan performa mesin sebuah kendaraan, sebaliknya terlalu kecilnya ukuran diameter pun menghasilkan tekanan balik yang besar dan mengakibatkan kerugian tekanan sehingga berpengaruh juga terhadap penurunan performa mesin. Oleh karena itu, dari 4 tipe knalpot ini perlu dikaji dan diteliti agar diketahui knalpot mana yang mempunyai ukuran diameter leher

knalpot ideal yang menghasilkan performa maksimum dari kendaraan bermotor.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahap – tahap sebagai berikut;

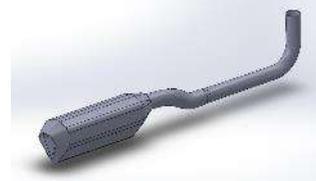
1. Pengumpulan informasi melalui studi pustaka
2. Pembuatan model CAD dilakukan dengan menggunakan *solidworks*.



Gambar 1. Tipe knalpot 1



Gambar 2. Tipe knalpot 2



Gambar 3. Tipe knalpot 3



Gambar 4. Tipe knalpot 4

3. Unit – unit volume pada simulasi *Ansys* diinterpretasikan dengan pembentukan *mesh* atau *grid*.



Gambar 5. *Meshing* tipe knalpot 1



Gambar 6. *Meshing* tipe knalpot 2



Gambar 7. *Meshing* tipe knalpot 3



Gambar 8. *Meshing* tipe knalpot 5

4. Menentukan kondisi batas (*boundary condition*)
5. Pengaturan simulasi, dimaksudkan untuk menentukan beberapa aspek yang diperlukan sebelum simulasi dijalankan.

Prosedur pengujian langsung dengan alat uji *Chassis Dynojet* sebagai berikut;

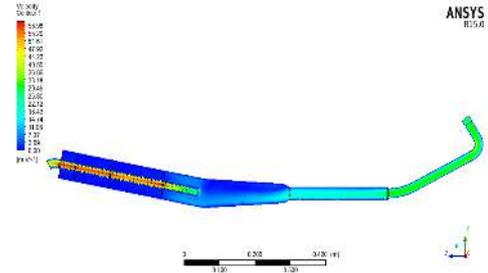
1. Mempersiapkan motor dan 4 tipe knalpot.
2. Memasang knalpot standar pada motor dan menempatkan motor pada *chassis dynojet*.
3. Memasang kabel *USB dynojet* pada kabel *CDI* motor.
4. Menghidupkan mesin pada kondisi idle (± 1000 rpm) 5 – 10 menit.
5. Buka *throttle* dengan pengaturan dimulai dari putaran 3000 – 8500 rpm pada gigi 3.
6. Pengujian 2 – 5 diulangi untuk tipe knalpot 2, 3 dan 4.
7. Data hasil pengujian langsung terekam dan tersimpan pada perangkat computer.
8. Mengulangi semua pengujian 1 – 7 masing – masing sebanyak 3 kali.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

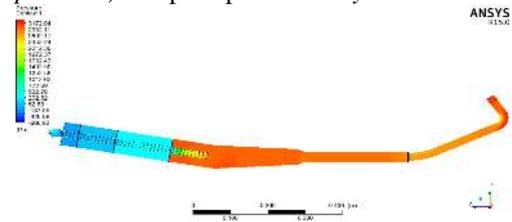
Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk tiap tipe knalpot tekanan balik dan kecepatan aliran yang dihasilkan berbeda beda pada masing – masing medium ketika fluida gas melalui medium – medium tersebut. diameter *header/leher* dan jumlah kamar di dalam knalpot, sehingga tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada tekanan bali dan kecepatan aliran ke-2 tipe knalpot ini. Sedangkan untuk tipe knalpot 3 dan tipe knalpot 4 perbedaan geometri terlihat cukup banyak dimulai dari ukuran ukuran *header/leher*, panjang pipa knalpot, bentuk saringan knalpot sampai pada bentuk

ujung knalpot berbeda yang kemudian menghasilkan perbedaan tekanan balik dan kecepatan aliran yang cukup besar pada tipe knalpot 3 dan 4.

1. Untuk knalpot tipe 1 dengan diameter *header/leher* 22 mm.



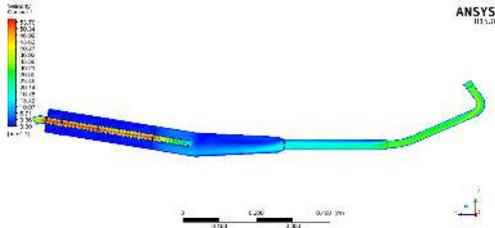
Gambar 9 Hasil simulasi tekanan balik (*back pressure*) knalpot tipe 1 *Velocity Contour*



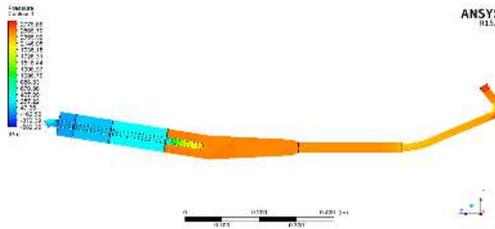
Gambar 10. Hasil simulasi tekanan balik (*back pressure*) knalpot tipe 1 *Pressure Contour*

Dari hasil simulasi untuk medium *header/leher* knalpot tipe 1 menghasilkan tekanan balik yang sangat besar 3172.04 Pa dengan kecepatan aliran 36.86 m/s. Saat fluida melalui medium berikutnya yakni pipa knalpot dengan semakin besar diameter pipa dan perbedaan panjang ukuran pipa terjadi penurunan nilai tekanan balik dan kecepatan aliran yang dihasilkan, tekanan balik sebesar 2932.11 Pa dengan kecepatan aliran 29.49 m/s. Pada medium berikut ini. yakni saringan udara, tekanan balik yang dihasilkan tipe knalpot 1 semakin menurun. Namun, nilai kecepatan aliran fluida terjadi peningkatan yang signifikan, hal ini disebabkan karena luasan penampang saringan udara yang kecil.

2. Untuk knalpot tipe 2 dengan diameter *header/leher* 23 mm



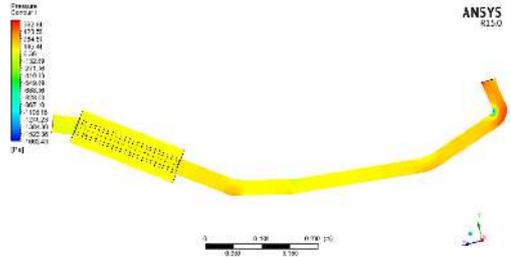
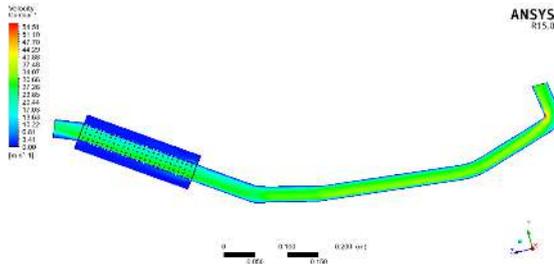
Gambar 11 Hasil simulasi knalpot tipe 2



Gambar 12. Hasil simulasi tekanan balik (back pressure) knalpot tipe 2 (a). Velocity Contour (b). Pressure Contour

Untuk tipe knalpot 2 terjadi penurunan tekanan balik pada medium header/leher sebesar 2775.66 Pa dengan kecepatan aliran 33.56 m/s. Selanjutnya saat fluida melalui medium pipa knalpot terjadi penurunan tekanan balik sebesar 2565.79 dengan kecepatan aliran 30.12 m/s. Pada saringan udara tekanan balik semakin menurun sebesar 2146.65 Pa, namun terjadi kenaikan untuk kecepatan aliran 53.70 m/s hal ini disebabkan luasan penampang saringan udara yang semakin kecil meningkatkan kecepatan aliran tersebut. Dan pada medium ujung knalpot tekanan balik yang dihasilkan sebesar 467.09 Pa dengan kecepatan aliran 43.63 m/s.

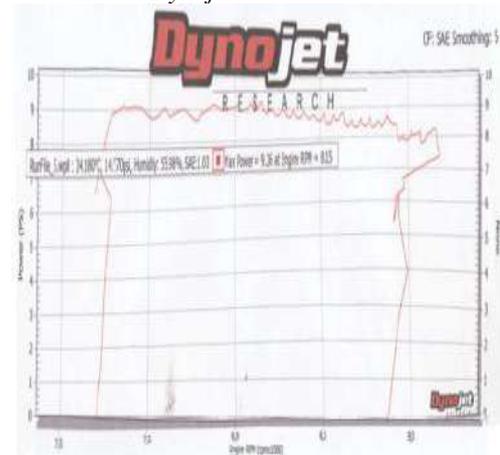
3. Untuk knalpot tipe 4 dengan diameter header/leher 25 mm



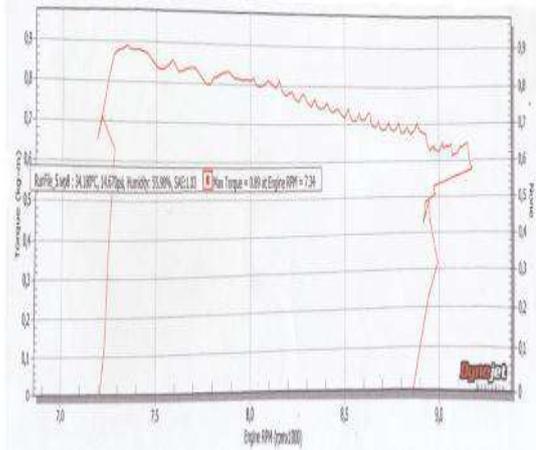
Gambar 13. Hasil simulasi tekanan balik (back pressure) knalpot tipe 4 (a). Velocity Contour (b). Pressure Contour

Untuk tipe knalpot 4 berdasarkan hasil simulasi tekanan balik terendah pada header/leher dihasilkan oleh tipe knalpot ini sebesar 562.64 Pa dengan kecepatan aliran 30.66 m/s. Selanjutnya mengalami penurunan tekanan balik saat fluida melalui medium pipa knalpot sebesar terendah 284.51 Pa dengan kecepatan aliran 27.26 m/s. Memasuki medium saringan udara tekanan balik 145.44 Pa dengan kecepatan aliran terendah sebesar 23.85 m/s. Dan pada ujung knalpot/muffler tekanan balik mengalami penurunan yang cukup signifikan sebesar 6.38 Pa dengan kecepatan aliran 20.44 m/s.

- Hasil pengujian Menggunakan Chassis Dynojet

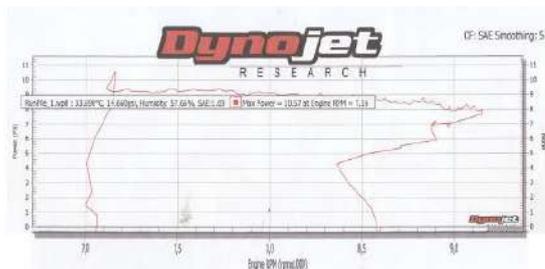


Gambar 14. Grafik Pengujian Power (Daya) Menggunakan Dynojet Untuk Knalpot Tipe 1 Pada Reduction Gear 3

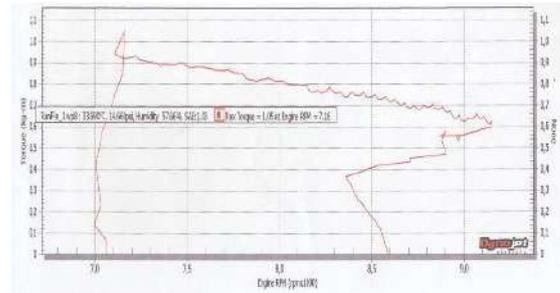


Gambar 15. Grafik Pengujian Torque (Torsi) Menggunakan Dynojet Untuk Knalpot Tipe 1 Pada Reduction Gear 3

Gambar 14 dan 15 merupakan grafik hasil pengujian daya dan torsi pada *chassisdynojet* dengan pembebanan konstan pada gigi (*reduction gear*) 3 untuk mengetahui kinerja mesin dalam hal ini torsi dan daya maksimum kendaraan dengan menggunakan tipe knalpot 1. Hasilnya menunjukkan bahwa pada gigi (*reduction gear*) 3 dengan beban konstan semakin besar putaran daya yang di hasilkan semakin besar sedangkan torsi mengalami penurunan. Pada putaran 9000 rpm daya mengalami penurunan, namun penurunan yang lebih besar terjadi pada torsi. Untuk tipe knalpot 1 pada putaran 7340 rpm di peroleh torsi maksimum sebesar 0.89 kg.m (8.73 N.m) dan daya 9.1 PS (6693.03 watt). Pada putaran 8150 rpm diperoleh daya maksimum sebesar 9.26 PS (6811 watt) dan torsi 0.81 kg.m (7.94 N.m). Pada putaran 8500 diperoleh daya sebesar 8.3 PS (6105 watt) dan torsi 0.71 kg.m (7 N.m). Dan pada Putaran 9000 rpm memperlihatkan penurunan pada daya sebesar 7.5 PS (5516.23 watt) dan torsi 0.61 kg.m (6 N.m).



Gambar 16. Grafik Pengujian Power (Daya) Menggunakan Dynojet Untuk Knalpot Tipe 2 Pada Reduction Gear 3

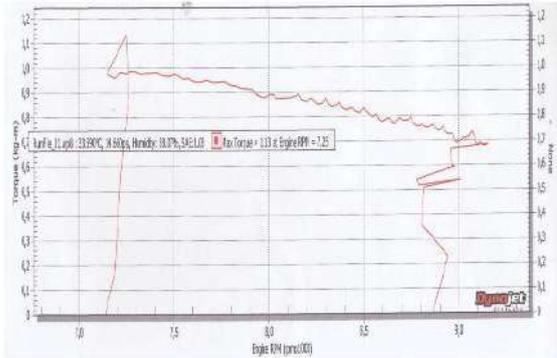


Gambar 17. Grafik Pengujian Torque (Torsi) Menggunakan Dynojet Untuk Knalpot Tipe 2 Pada Reduction Gear 3

Gambar 16 dan 17 merupakan grafik pengujian daya dan torsi pada *chassisdynojet* untuk tipe knalpot 2. Hasilnya menunjukkan bahwa tipe knalpot 2 pada putaran 7160 rpm di peroleh torsi maksimum sebesar 1.05 kg.m (10.3 N.m) dan daya maksimum 10.57 PS (7774.21 watt). Pada putaran 8000 rpm diperoleh daya sebesar 10 PS (7355 watt) dan torsi 0.9 kg.m (9 N.m). Pada putaran 8500 rpm diperoleh daya sebesar 8.4 PS (6178.2 watt) dan torsi 0.715 kg.m (7.01 N.m). Dan pada Putaran 9000 rpm memperlihatkan penurunan pada keduanya, untuk daya sebesar 7.5 PS (5516.23 watt) dan torsi 0.61 kg.m (6 N.m).

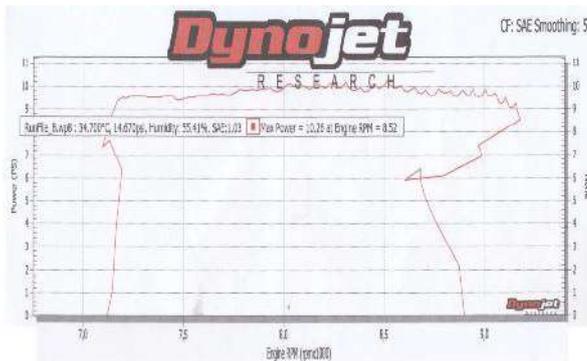


Gambar 18. Grafik Pengujian Power (Daya) Menggunakan Dynojet Untuk Knalpot Tipe 3 Pada Reduction Gear 3

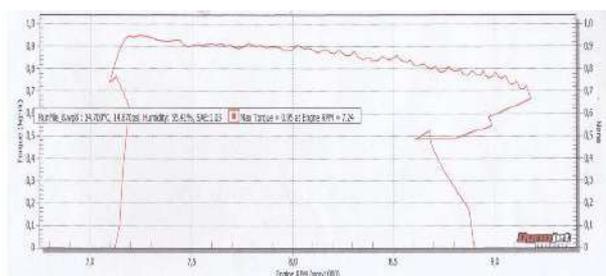


Gambar 19. Grafik Pengujian *Torque* (Torsi) Menggunakan *Dynojet* Untuk Knalpot Tipe 3 Pada *Reduction Gear 3*

Gambar 18 dan 19 merupakan grafik pengujian daya dan torsi pada *chassis dynojet* untuk Tipe knalpot 3. Hasilnya menunjukkan untuk tipe knalpot 3 pada putaran 7250 rpm di peroleh torsi maksimum sebesar 1.13 kg.m (11.08 N.m) dan daya maksimum sebesar 11.50 PS (8458.22 watt). Pada putaran 8000 rpm diperoleh daya sebesar 10 PS (7355 watt) dan torsi 0.84 kg.m (8.24 N.m). Pada putaran 8500 rpm diperoleh daya sebesar 9.45 PS (6950.5 rpm) dan torsi 0.82 kg.m (8.1 N.m) Dan pada Putaran 9000 rpm memperlihatkan penurunan pada keduanya, untuk daya sebesar 8.3 PS (6105 watt) dan torsi 0.645 kg.m (6.33 N.m).



Gambar 20 Grafik Pengujian *Power* (Daya) Menggunakan *Dynojet* Untuk Knalpot Tipe 4 Pada *Reduction Gear 3*



Gambar 21 Grafik Pengujian *Torque* (Torsi) Menggunakan *Dynojet* Untuk Knalpot Tipe 4 Pada *Reduction Gear 3*

Gambar 20 dan 21 merupakan grafik pengujian daya dan torsi pada *chassis dynojet* untuk Tipe knalpot 4. Hasilnya menunjukkan bahwa knalpot tipe 4 pada putaran 7240 rpm di peroleh torsi maksimum sebesar 0.95 kg.m (9.31 N.m) dan daya 9.25 PS (6803.35 watt). Putaran 8000 rpm di peroleh daya sebesar 10 PS (7355 rpm) dan torsi 0.9 kg.m (9 N.m). Pada putaran 8520 rpm diperoleh daya maksimum sebesar 10.26 PS (7546.21 watt) dan torsi 0.83 kg.m (8.14 N.m). Pada Putaran 9000 rpm daya mengalami penurunan sebesar 9.45 PS (5516.23 watt) begitu juga dengan torsi mengalami penurunan sebesar 0.74 kg.m (7.3 N.m).

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Hasil simulasi yang dilakukan pada tipe knalpot 1, tipe knalpot 2, tipe knalpot 3 dan tipe knalpot 4 dengan ukuran diameter yang bervariasi, dimana semakin besar diameter *header/leher* knalpot maka tekanan balik yang terjadi pada bagian *header* semakin kecil sedangkan semakin kecil ukuran diameter *header/leher* knalpot maka tekanan balik yang terjadi pada bagian *header/leher* semakin besar, sejalan dengan fenomena ini maka kecepatan aliran fluida pada bagian *header* knalpot semakin menurun seiring bertambah besarnya medium yang dilewati oleh fluida.

- Knalpot tipe 1 dengan diameter 22 mm menghasilkan tekanan balik terbesar 3172.04 Pa dengan kecepatan aliran 36.86 m/s,
- Knalpot tipe 2 dengan diameter *header* 23 mm menghasilkan tekanan balik sebesar 2775.66 Pa dengan kecepatan aliran 33.56 m/s,
- Knalpot tipe 3 dengan diameter *header/leher* 24 mm menghasilkan tekanan balik sebesar 1138.39 Pa dengan kecepatan aliran 32.61 m/s,
- Knalpot tipe 4 dengan diameter *header/leher* 25 mm

- menghasilkan tekanan balik terendah 562.64 Pa dengan kecepatan aliran 30.66 m/s.
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa knalpot tipe 1 dan knalpot tipe 4 menghasilkan torsi dan daya maksimum yang lebih kecil dari pada torsi dan daya maksimum yang dihasilkan oleh knalpot tipe 2 dan knalpot 3. Namun, knalpot tipe 1 lah yang menghasilkan torsi dan daya maksimum yang paling terendah dan knalpot tipe 3 yang menghasilkan torsi dan daya maksimum yang paling terbesar antara ke-4 tipe knalpot yang diuji. Untuk knalpot tipe 1 dan tipe 4 itu sendiri torsi dan daya maksimum dicapai pada putaran yang berbeda, yaitu pada putaran rendah antara 7000 – 7400 rpm dicapai torsi maksimum sementara daya maksimum dicapai pada putaran tinggi antara 8000 – 8600 rpm. Sedangkan untuk knalpot tipe 2 dan tipe 3 torsi dan daya maksimum dicapai pada putaran yang sama yaitu pada putaran rendah antara 7000 – 7300 rpm.
 - Berdasarkan penelitian ini maka, Knalpot tipe 3 dengan diameter header/leher 24 mm dikatakan ideal dan lebih tepat digunakan pada sepeda motor untuk kegiatan sehari – hari. Karena ukuran diameter tersebut 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.

REFERENSI

- Kristanto.P. Motor Bakar Torak (Teori & Aplikasinya). Yogyakarta : Penerbit CV. ANDI, 2015.
- Putra, Martinus. Efek Perubahan Aliran Gas Buang Dalam Knalpot Untuk Diterapkan Pada Mesin Kapal Klotok 10 HP. (2012).
- Pranoto, Aji. Efek Perubahan Ukuran Diameter Header Knalpot Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Akslerasi pada Sepeda Motor 4 tak. (2012).
- Pamungkas, Sigit. Analisa Penggunaan Model Knalpot Standar Terhadap Kinerja Mesin 4 Langkah 100 CC dan 125 CC. (2012).
- Sanata, Andi. “*Jurnal Rotor*”. Pengaruh Diameter Pipa Saluran Gas Buang Tipe *Straight Throw Muffler* Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah. Volume 4 No. 1. (2011).
- Marbun, Mariseide Herto. & Mulfi Hazwi. “*Jurnal e-Dinamis*”. Simulasi Aliran Fluida Pada Pompa Hidran Dengan Tinggi Air Jatuh 2.3 M Dengan Menggunakan Perangkat Lunak CFD. Volume 7 No.3. (2013)
- Meriyanto, Denny Deftya. Analisis Panas Pada Knalpot Berbasis *Sponge Steel*. (2013).
- Indra. S Ahmad, Ridwan dan Irwan Setiawan. Analisa Aliran Fluida Pada Pipa Spiral Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). (2012).
- Dimaranggono, Galih Andreas. Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah Satu Silinder Menggunakan Torak Jenis *Flat* Dibandingkan Menggunakan Torak Jenis *Dome*. (2010).
- Muslimu, Alfa Fahmi. Analisa Aliran Udara Pada Elbow *Proto X-1* Menggunakan CFD. (2012)
- S, A Wijaya. *eprints.undip.ac.id. Universitas Diponegoro. 2013. Web. 18 agustus 2017.*
- Perpustakaan Universitas Mercu Buana. *digilib.mercubuana.ac.id. Universitas Mercu Buana. Web. 19 agustus 2017.*
- Sahid, Anwar. “Mesin Fluida”. Perbedaan Laju Aliran Massa dengan Laju Aliran Volume. (2017)
- Perpusatakaan Universitas Sumatera Utara. *repository.usu.ac.id. Universitas Sumatera Utara. Web. 10 september 2017.*
- Kusumo, Priyo Baskoro. Analisa Aliran Fluida Udara pada Pipa *Annulus Proto-X1* Menggunakan CFD. (2012)