



Research Article

Studi Eksperimental Performa Satria F 150 Menggunakan Modifikasi *Exhaust Manifold* Dengan *Nozzle*

Wahyu Prasetyanto¹, Sartono Putro^{1,*}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta

*Corresponding author: sartono@ums.ac.id

Article History:

Online first:

26 June 2022

Keywords: Modification; magic ring; nozzle; SFC

ABSTRACT

The level of performance of an engine is related to the power produced by the engine, the consumption of fuel consumption, and the efficiency of the engine. The use of one of the prime mover engines, the piston combustion engine, is still very dominant, which results in power that is still considered to have a fairly good performance. To improve the performance of the motorcycle, many innovations were made and technology was developed so that the performance of the motorbike increased according to the needs of its users. Super KIPS is one of them, Super KIPS has the most important part in the form of a valve (Valve) that can open and close. In addition there is also a Magic Ring, a ring-shaped component designed specifically for various types of motorcycles by utilizing active gas through the exhaust that is wasted. A nozzle is often in the form of a pipe or tube of various variations in cross-sectional area, and can be used to direct or modify fluid flow (liquid or gas). Nozzle is often used to control the flow rate, speed, direction, mass, shape, and / or pressure of the flow that appears. The nozzle velocity of the fluid increases with the pressure energy. The installation of Magic Ring is able to reduce the value of SFC at a rotation of less than 9000 RPM, but when the rotation reaches more than 9000 RPM, the standard conditions are less SFC than the Magic Ring. Similarly, when compared with the use of variations of the Nozzle, the nozzle can reduce SFC less than the use of Magic Ring and standard.

ABSTRAK

Tingkat unjuk suatu mesin berkaitan dengan daya yang dihasilkan oleh mesin, pemakaian konsumsi bahan bakar, serta efisiensi dari mesin tersebut. Pemakaian salah satu mesin penggerak mula yaitu motor bakar torak masih sangat dominan, dimana dihasilkan daya yang sampai saat ini masih dirasa mempunyai unjuk kerja yang cukup baik. Untuk meningkatkan performa sepeda motor, banyak inovasi dilakukan dan teknologi dikembangkan agar performa motor

Kata Kunci: Modifikasi; magic ring; nozzle; KBBS

meningkat sesuai kebutuhan penggunanya. *Super KIPS* salah satunya, *Super KIPS* memiliki bagian terpenting berupa klep (*Valve*) yang bisa membuka dan menutup. Selain itu terdapat pula *magic ring*, merupakan komponen berbentuk ring yang dirancang khusus untuk berbagai jenis sepeda motor dengan memanfaatkan gas aktif lewat knalpot yang terbuang sia-sia. Sebuah *nozzle* sering berbentuk pipa atau tabung dari berbagai variasi luas penampang, dan dapat digunakan untuk mengarahkan atau memodifikasi aliran fluida (cairan atau gas). *Nozzle* sering digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan / atau tekanan dari aliran yang muncul. Kecepatan *nozzle* dari fluida meningkat sesuai energi tekanannya. Pemasangan *magic Ring* mampu menurunkan nilai KBBS pada putaran kurang dari 9000 RPM, namun ketika putaran mencapai lebih dari 9000 RPM, kondisi standart lebih sedikit KBBS-nya dibanding *magic ring*. Begitu pula jika dibandingkan dengan penggunaan variasi *nozzle*, *nozzle* dapat menurunkan KBBS lebih sedikit dibandingkan penggunaan *magic ring* maupun *standart*.

PENDAHULUAN

Energi yang bersumber dari bahan bakar fosil menjadi andalan untuk menopang berbagai proses produksi dan penggerak kendaraan. Hampir setiap kendaraan menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama. Dalam perkembangannya diperlukan efisiensi *energy* yang tinggi. Maka diperlukan berbagai peningkatan dalam pembakaran agar lebih sempurna [1]. Energi itu sendiri dapat diperoleh dengan proses pembakaran. Pada proses pembakaran ini terjadi panas dan timbul nyala api. Proses pembakaran pada motor bensin dapat terjadi apabila campuran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar menyala oleh percikan bunga api listrik dari busi. Pembakaran yang demikian ini akan menghasilkan kenaikan tekanan yang teratur dan halus. Bahan bakar bensin adalah hasil dari pemurnian nephta, yang komposisinya dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk motor bakar [2]. Dalam menggunakan sepeda motor perlu disesuaikan kebutuhan yang sesuai dengan spesifikasi dan performa motor. Sehingga pengembangan dan optimalisasi teknologi mesin baru untuk mencapai performa yang baik [3].

Performa motor dapat berubah turun karena usia pemakaian. Namun performa tersebut dapat naik apabila diberikan *treatment* tertentu yang disebut *increase perform*. Salah satu upaya untuk meningkatkan daya motor adalah dengan memasang suatu alat yang memanfaatkan *overlapping* pada sepeda motor. Sistem pembakaran merupakan sistem pada sepeda motor yang lebih sering dimodifikasi. Dalam menaikkan performa tersebut dikenal 2 metode, yaitu dengan modifikasi *intake manifold* [4] maupun *exhaust manifold* [5].

Parameter kebocoran panas dan energi bahan bakar bergantung satu sama lain [6]. *Magic ring* merupakan komponen sederhana berbentuk ring yang dirancang khusus untuk berbagai jenis sepeda motor. Cara kerja alat sederhana ini dengan memanfaatkan gas aktif lewat knalpot yang terbuang sia-sia. Maka *system* sederhana *magic ring* akan memanfaatkan uap bahan bakar minyak secara optimal pada saat mesin dalam kondisi *overlapping*. *Nozzle* adalah alat atau perangkat yang dirancang untuk mengontrol arah atau karakteristik dari aliran fluida (terutama untuk meningkatkan kecepatan) saat keluar (atau memasuki) sebuah ruang tertutup atau pipa. Pengaruh

penggunaan modifikasi tersebut terhadap performa motor apat terjadi karena fenomena mekanik, thermal dan fluida dinamis [5]

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode studi eksperimen pengujian performa motor bensin dengan prosedur standar pada umumnya yang berdasarkan besarnya torsi, daya serta KBBS dan rasio putaran mesin (rpm). Dimana dalam pengambilan keempat data tersebut memerlukan alat bantu dynamometer pada saat putaran mesin motor bensin 6000 sampai 11750 rpm untuk uji torsi serta uji daya. Pengujian dilakukan dengan kondisi standar tanpa dipasang penghambat kemudian dilanjutkan dengan dipasangnya *magic ring* standar dan *nozzle* dengan variasi sudut yaitu 40° , 50° , dan 60° pada *exhaust manifold* kemudian menghasilkan output berupa torsi dan daya.



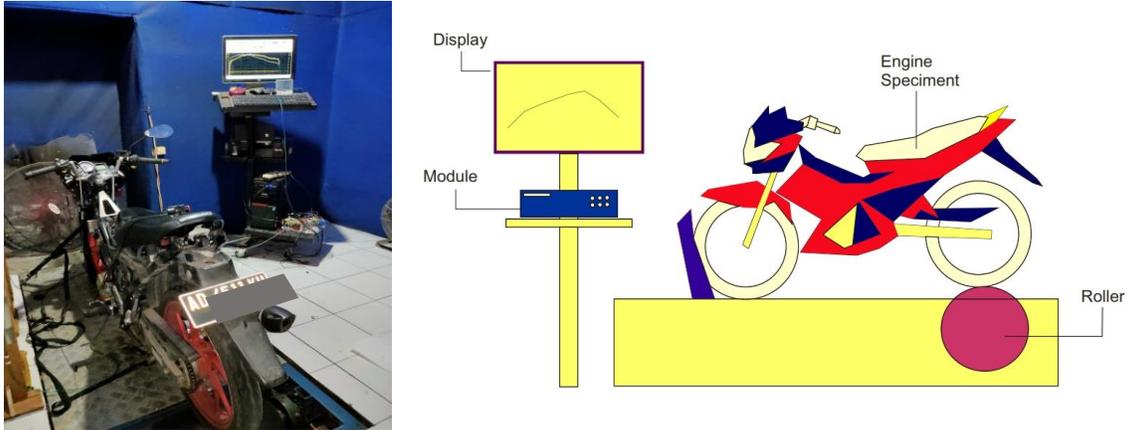
Gambar 1. Spesimen Magic Ring



Gambar 2. Spesimen *Nozzle* dengan Sudut Yaitu 40° , 50° , dan 60°

Metode pengukuran dengan Dynamometer pada tipe ED, poros output mesin (*Crankshaft*) dihubungkan langsung dengan Dynamometer sedangkan untuk tipe CD pengujian dilakukan melalui roda penggerak kendaraan. Selanjutnya dalam waktu yang relatif singkat mesin dihidupkan sampai mencapai kecepatan putar maksimal. Besarnya hasil pengukuran dapat dilihat melalui monitor atau panel analog yang terdapat pada unit display Dynamometer. Hasil dari

penelitian dengan menggunakan mesin *Dynotest* akan ditampilkan dengan print out dari *software* (SportDyno) yang digunakan untuk menjalankan mesin *Dynotest* [7]



Gambar 3. Skema Pengujian *Dynotest*



Gambar 4. Pemasangan Spesimen Uji

HASIL DAN DISKUSI

Penelitian eksperimen menghasilkan grafik pengujian engine standart, menggunakan *magic ring*, *nozzle 40°*, *nozzle 50°*, dan *nozzle 60°* dengan memperhatikan torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik dan temperature gas buang, hal tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

Pengujian Torsi

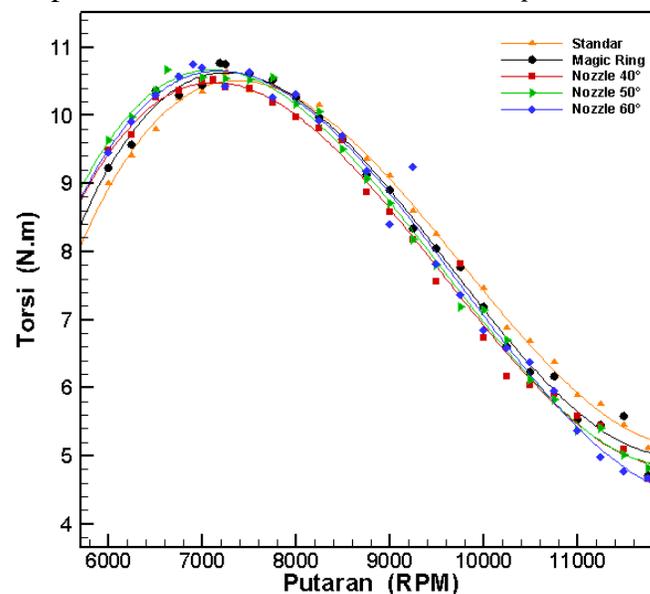
Berdasarkan **Gambar 5**, grafik hasil pengujian torsi, maka nilai torsi tertinggi dari kelima percobaan didapat pada saat menggunakan *magic ring* yaitu 10,77 Nm pada putaran mesin 7188 RPM. Pada keadaan standar torsi tertingginya adalah 10,64 Nm pada putran mesin 7256 RPM. Kemudian pada sepeda motor yang menggunakan modifikasi *nozzle* dengan sudut 40°, 50° dan

60° berturut-turut menghasilkan nilai torsi tertinggi sebesar 10,52 Nm pada putaran mesin 7119 RPM, kemudian 10,67 Nm pada putaran 6621 RPM, dan 10,76 Nm pada putaran 6906 RPM.

Grafik hasil pengujian torsi yang terdapat pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa modifikasi *magic ring* menghasilkan nilai *peak* torsi tertinggi dibandingkan dengan semua pengujian pada putaran 6000 – 11750 RPM. Fenomena ini terjadi karena sebagian besar kalor yang keluar akibat pembakaran tertahan oleh *magic ring* yang penampangnya berbentuk *orifice* dengan lubang di sisinya, yang kemudian dimasukkan kembali kedalam ruang bakar untuk mempercepat proses pembakaran yang mampu meningkatkan performa mesin khususnya untuk meningkatkan nilai torsi. Penerapan modifikasi *magic ring* untuk meningkatkan torsi sangat tepat karena hasil torsi yang lebih tinggi jika digunakan pada putaran rendah yaitu dibawah 8000 RPM.

Berdasarkan data hasil pengujian torsi sepeda motor menggunakan modifikasi *exhaust manifold* dengan modifikasi *nozzle* dengan sudut 40°, 50° dan 60° yang terdapat pada **Gambar 5**, menunjukkan bahwa pada sepeda motor yang menggunakan modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi *nozzle* 60° menghasilkan puncak torsi yaitu 10,76 Nm pada putaran 6909 RPM. Kemudian pada variasi 40° menghasilkan puncak torsi sebesar 10,52 pada putaran 7119 RPM, pada variasi *nozzle* 50° mampu mencapai *peak* torsi sebesar 10,67 Nm pada putaran yang rendah yaitu 6621 RPM.

Berdasarkan nilai *peak*-nya, dari ketiga variasi *nozzle*, didapatkan pada variasi *nozzle* 60° menghasilkan puncak torsi yaitu 10,76 Nm pada putaran 6909 RPM. Sementara *peak* terendah pada variasi 40° yang menghasilkan puncak torsi sebesar 10,52 Nm pada putaran 7119 RPM. Jika dilihat maka semakin rapat sudut *nozzle* maka semakin kecil *peak* torsi yang didapat.



Gambar 5. Pengujian Torsi

Pengujian Daya

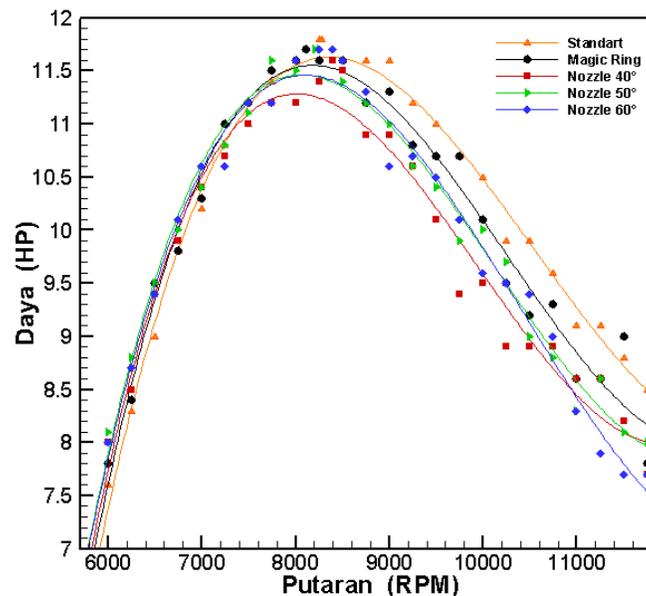
Grafik perbandingan performa daya sepeda motor standar, modifikasi pada bagian *exhaust manifold* dengan *magic ring* dan modifikasi *nozzle* dengan sudut 40°, 50° dan 60° ditunjukkan oleh

Gambar 6, Berdasarkan data hasil pengujian pada grafik gambar 4.2 maka nilai Daya tertinggi pada kondisi standar yaitu 11,8 HP pada putaran 8273 RPM. Ketika sepeda motor dipasangkan *magic ring* maka daya tertingginya adalah 11,7 HP pada putaran mesin 8117 RPM. Kemudian pada sepeda motor yang menggunakan modifikasi *nozzle* dengan sudut 40° , 50° dan 60° berturut-turut menghasilkan nilai daya tertinggi sebesar 11,6 HP pada putaran mesin 8394 RPM, 11,7 HP pada putaran 8204 RPM, serta 11,7 HP pada putaran 8400 RPM.

Grafik hasil pengujian daya yang terdapat pada **Gambar 6** menunjukkan bahwa kondisi standar menghasilkan nilai *peak* daya tertinggi dibandingkan dengan semua pengujian pada putaran 6000 – 11750 RPM. Hal tersebut dapat membuktikan apabila semakin mengecil diameter lubang *exhaust* maka berakibat semakin kecil pula *peak* daya yang diperoleh dalam sebuah pengujian motor bakar.

Berdasarkan *trend* grafiknya, pada putaran rendah, pemasangan *magic ring* memberikan efek menaikkan daya lebih tinggi dibandingkan kondisi *standart*. Tetapi setelah putaran 8000 RPM, pemakaian *magic ring* justru menurunkan daya pada motor tersebut. Begitupula bila dibandingkan dengan *nozzle*, *nozzle* mampu menaikkan putaran pada saat kurang dari 8000 RPM dibandingkan kondisi standart dan menggunakan *magic ring*, Tetapi pada putaran tinggi, performa daya menjadi turun drastis dan jauh berkurang dibandingkan pada kondisi standart dan menggunakan *magic ring*.

Dari grafik tersebut didapatkan hasil saat modifikasi *nozzle* dengan sudut 40° , 50° dan 60° berturut-turut menghasilkan nilai daya tertinggi sebesar 11,6 HP pada putaran mesin 8394 RPM, 11,7 HP pada putaran 8204 RPM, serta 11,7 HP pada putaran 8400 RPM. Jika dilihat *peak* daya tertinggi berada pada variasi *nozzle* 50° dan 60° yaitu 11,7 HP. Dan pada *nozzle* 40° menghasilkan *peak* daya terendah dibanding modifikasi lainnya, membuktikan semakin kecil diameter *exhaust* semakin kecil pula *peak* daya yang dihasilkan



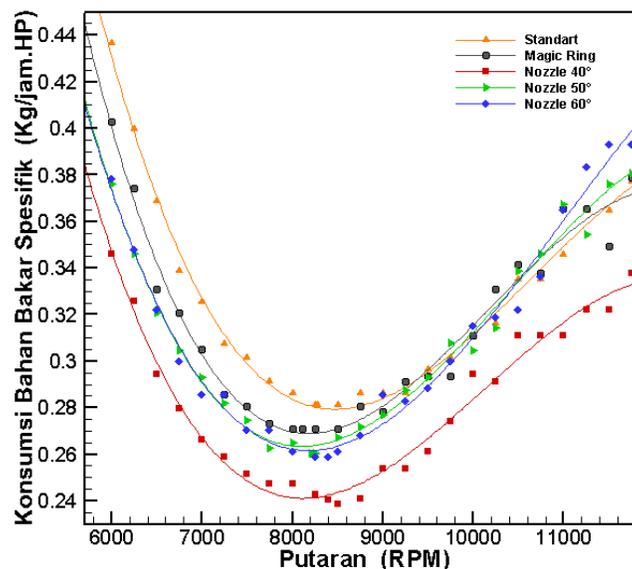
Gambar 6. Pengujian Daya

Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Grafik perbandingan performa KBBS menggunakan modifikasi *nozzle* pada *exhaust manifold* dengan sepeda motor kondisi standar dan menggunakan *magic ring* ditunjukkan oleh **Gambar 7**, Berdasarkan grafik **Gambar 7**, maka nilai KBBS terendah pada kondisi standar yaitu 0,281085 Kg/jam HP pada putaran 8273 RPM. Ketika sepeda motor dipasangkan *magic ring* maka KBBS terendah adalah 0,270897 Kg/jam HP pada putaran mesin 8117 RPM.

Nilai KBBS yang didapatkan pada kondisi ini lebih rendah daripada kondisi Standar. Hal ini terjadi karena diameter lubang *exhaust* yang digunakan lebih kecil dan mendapatkan hambatan dari plat *magic ring* sehingga gas buang yang keluar dari ruang bakar tidak sepenuhnya dikeluarkan ke lingkungan tetapi sebagian tertahan pada *magic ring*. Gas buang yang tertahan menyebabkan nilai KBBS yang didapatkan semakin rendah dan tingkat efisiensi bahan bakar semakin tinggi.

Pada grafik tersebut, puncak terendah pada variasi *nozzle* 40° adalah 0,248413 Kg/Jam.HP pada putaran 8394 RPM. Puncak terendah pada variasi *nozzle* 50° adalah 0,260379 Kg/Jam.HP pada putaran 8208 RPM. puncak terendah pada variasi *nozzle* 60° adalah 0,263939 Kg/Jam.HP pada putaran 8400 RPM. Dilihat berdasarkan nilai puncaknya pada variasi *nozzle* 40° memiliki puncak terendah dibandingkan dengan variasi *nozzle* yang lainnya. Jika dilihat berdasarkan trend grafiknya *nozzle* 40° lebih rendah KBBS nya dibandingkan dengan variasi lainnya dari awal putaran hingga berakhirnya pengujian. dikarenakan sudut yang sempit akan memberi ruang semakin rapat untuk gas terbuang ke lingkungan.



Gambar 7. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Pengujian Temperatur Gas Buang

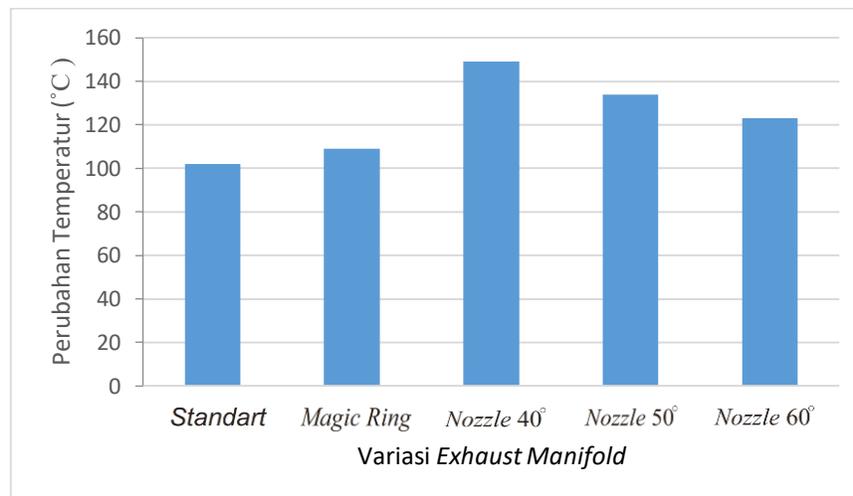
Grafik perbandingan perubahan *temperature* pada ruang bakar dengan sepeda motor kondisi standar, menggunakan *magic ring*, dan *nozzle* ditunjukkan oleh **Gambar 8**, Berdasarkan data hasil pengujian temperatur ruang bakar sepeda motor menggunakan modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi *nozzle* terhadap sepeda motor dalam kondisi Standar dan terpasang *magic ring* yang

terdapat pada gambar 4.4, menunjukkan bahwa pada kondisi *standart* nilai perubahan temperatur yang tertahan dalam ruang bakar sebesar 102°C . Kemudian saat dipasangkan *magic ring*, perubahan temperatur yang terjadi naik bila dibandingkan dengan kondisi standart yaitu 109°C . Artinya pemasangan *magic ring* mampu menaikkan perubahan *temperature* ruang bakar. Dimana suhu tinggi tersebut membantu preoses pembakaran pada ruang bakar.

Pada saat menggunakan *nozzle* 40° , *nozzle* 50° dan *nozzle* 60° , berturut turut menghasilkan perubahan *temperature* ruang bakar pada akhir langkah kerja sebesar 149°C , 134°C dan 123°C . Dibandingkan dengan kondisi standart dan pada saat menggunakan *magic ring*, penggunaan *nozzle* mampu menahan gas buang lebih baik.. Dikarenakan pada *nozzle*, luas penampang aliran lebih kecil dibandingkan *magic ring*. Dimana *magic ring* sendiri memiliki lubang *orifice* di tengah serta lubang kecil sejumlah 10 pada tepiannya

Berdasarkan data hasil pengujian temperatur ruang bakar pada sepeda motor menggunakan modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi *nozzle* terhadap sepeda motor dalam kondisi Standar dan terpasang *magic ring* yang terdapat pada **Gambar 8**, menunjukkan pada saat menggunakan *nozzle* 40° , *nozzle* 50° dan *nozzle* 60° , berturut turut menghasilkan perubahan *temperature* ruang bakar sebesar 149°C , 134°C dan 123°C .

Pada saat menggunakan *nozzle* 40° , didapatkan perubahan *temperature* tertinggi dibandingkan dengan variasi lain. Peningkatan ini terjadi karena kerapatan *nozzle*. Semakin kecil sudut pada *nozzle*, semakin besar pula kemampuan menahan terhadap gas buang pada *exhaust manifold*. Sehingga ketika semakin menahan maka semakin besar pula perubahan *temperature* yang terjadi pada ruang bakar sebagai akibat dari tekanan balik menuju ruang bakar.



Gambar 8. Pengujian Temperatur Gas Buang

KESIMPULAN

Berdasarkan dari analisis hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan yaitu Pemasangan *magic ring* mampu meningkatkan performa motor *standart* terutama pada putaran kurang dari 8000 RPM yaitu berupa torsi puncak sebesar 10,77 Nm (1,22 %) pada putaran 7188 RPM, dan KBBS 0,2709 Kg/Jam.HP (-3,63 %) pada putaran 8117 RPM. Namun dapat menurunkan daya puncak yang

dihasilkan sebesar 11,7 HP (-0,85 %) pada putaran 8117 RPM. Performa motor bakar saat menggunakan *nozzle* dapat mempengaruhi torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar spesifik. Semakin kecil sudut pada *nozzle* akan semakin kecil pula *peak* torsi dan *peak* daya pada sebuah motor bakar. Namun akan menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik sehingga efisiensinya lebih meningkat. Temperatur ruang bakar kondisi *standart* adalah 102 ° C, Sedangkan pada kondisi *magic ring* sebesar 109 ° C, dan pada kondisi modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi diameter *nozzle* 40°, 50°, dan 60° mm berturut-turut sebesar 149 ° C, 134 ° C, dan 123 ° C. Semakin kecil sudut *nozzle* maka perubahan temperatur ruang bakar yang dihasilkan semakin tinggi. Semakin tinggi perubahan temperature ruang bakar maka akan menurunkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik sehingga akan meningkatkan efisiensinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. V. Gunawan and M. Effendy, "Engine performance and exhaust gas emission of a gasoline engine using ethanol-gasoline blended from bioethanol of duriozibethinus seed and salacczalacca," *Engine Perform. Exhaust Gas Emiss. a Gasol. Engine using Ethanol-Gasoline Blended from Bioethanol DurioZibethinus Seed SalaccaZalacca*, vol. 8, no. 4, pp. 1129–1134, 2020, doi: 10.30534/ijeter/2020/29842020.
- [2] Rosid, "Analisis Proses Pembakaran Sistem Injection Pada Sepeda Motor Dengan Menggunakan Bahan Bakar Premium dan Pertamina," vol. 7, no. 2, 2015.
- [3] G. Decan, T. Lucchini, G. D'Errico, and S. Verhelst, "A novel technique for detailed and time-efficient combustion modeling of fumigated dual-fuel internal combustion engines," *A Nov. Tech. Detail. time-efficient Combust. Model. fumigated dual-fuel Intern. Combust. engines*, vol. 174, no. March, p. 115224, 2020, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115224.
- [4] F. Majedi and I. Puspitasari, "Optimasi Daya dan Torsi pada Motor 4 Tak dengan Modifikasi Crankshaft dan Porting pada Cylinder Head," *Optimasi Daya dan Torsi pada Mot. 4 Tak dengan Modif. Crankshaft dan Porting pada Cyлинд. Head*, vol. 5, no. 1, p. 82, 2017, doi: 10.32487/jtt.v5i1.216.
- [5] J. Galindo, J. M. Luján, J. R. Serrano, V. Dolz, and S. Guilain, "Design of an exhaust manifold to improve transient performance of a high-speed turbocharged diesel engine," *Des. an exhaust manifold to Improv. transient Perform. a high-speed turbocharged diesel engine*, vol. 28, no. 8, pp. 863–875, 2004, doi: 10.1016/j.expthermflusci.2004.01.003.
- [6] O. A. Ozsoysal, "Heat loss as a percentage of fuel's energy in air standard Otto and Diesel cycles," *Heat loss as a Percent. fuel's energy air Stand. Otto Diesel cycles*, vol. 47, no. 7–8, pp. 1051–1062, 2006, doi: 10.1016/j.enconman.2005.06.020.
- [7] S. D. W. Saputro, "Pengaruh Perubahan Celah Katup Hisap Dan Katup Buang Terhadap Performance Motor Jupiter Z 2004 Menggunakan Bahan Bakar Biopremium E10," pp. 9–20.
- [8] M. Ahmadi, A. Faghih Khorasani, M. Arbab Iqbal, A. Date, and A. Akbarzadeh, "Experimental investigation of nozzle geometry effect on two-phase nozzle performance through Trilateral Flash Cycle," *Exp. Investig. nozzle Geom. Eff. two-phase nozzle Perform. through Trilateral Flash Cycle Mahdi*, p. 100676, 2020, doi: 10.1016/j.tsep.2020.100676.
- [9] İ. Altın, A. Bilgin, and İ. Sezer, "Theoretical investigation on combustion characteristics of ethanol-fueled dual-plug SI engine," *Fuel*, vol. 257, no. April, 2019, doi: 10.1016/j.fuel.2019.116068.
- [10] R. Balz, B. von Rotz, and D. Sedarsky, "In-nozzle flow and spray characteristics of large two-stroke marine diesel fuel injectors," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 180, p. 115809, 2020, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115809.
- [11] E. Dokumaci, "Prediction of source characteristics of engine exhaust manifolds," *J. Sound Vib.*, vol.

- 280, no. 3–5, pp. 925–943, 2005, doi: 10.1016/j.jsv.2003.12.052.
- [12] Y. Ge, L. Chen, and X. Qin, “Effect of specific heat variations on irreversible Otto cycle performance,” *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 122, pp. 403–409, 2018, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.01.132.
- [13] Y. Ge, L. Chen, F. Sun, and C. Wu, “Thermodynamic simulation of performance of an Otto cycle with heat transfer and variable specific heats of working fluid,” *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 44, no. 5, pp. 506–511, 2005, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2004.10.001.
- [14] A. Hynninen, H. Isomoisio, and J. Tanttari, “IC-engine acoustic source characterization in-situ with capsule tube method,” *Appl. Acoust.*, vol. 126, pp. 1–18, 2017, doi: 10.1016/j.apacoust.2017.05.006.
- [15] A. I. Kodal and A. Kodal, “Comparative performance evaluations of various optimization functions for irreversible Otto cycles,” *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 15, no. January 2019, p. 100452, 2020, doi: 10.1016/j.tsep.2019.100452.
- [16] F. Leach, G. Kalghatgi, R. Stone, and P. Miles, “The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines,” *Transp. Eng.*, vol. 1, p. 100005, 2020, doi: 10.1016/j.treng.2020.100005.
- [17] J. C. Lin and S. S. Hou, “Effects of heat loss as percentage of fuel’s energy, friction and variable specific heats of working fluid on performance of air standard Otto cycle,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 49, no. 5, pp. 1218–1227, 2008, doi: 10.1016/j.enconman.2007.09.002.
- [18] M. Mikulski, P. R. Balakrishnan, and J. Hunicz, “Natural gas-diesel reactivity controlled compression ignition with negative valve overlap and in-cylinder fuel reforming,” *Appl. Energy*, vol. 254, no. July, p. 113638, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113638.
- [19] U. Kultsum, “Studi Eksperimental Performa Yamaha Vixion 150 Menggunakan Magic Ring dan Modifikasi Exhaust Manifold Dengan Variasi Perbandingan Diameter Outlet Diffuser Terhadap Diameter Inlet Diffuser 1,25; 1,40; dan 1,60,” 2019.