

Experimental Study of Exhaust Manifold Modification Using a Divided Tec on a Four-Stroke Motorcycle

Sartono Putro¹, Vicky Adiarto²

¹Department of Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

²Department of Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

✉ sp150@ums.ac.id

Abstract

This research was conducted to determine the effect of exhaust manifold modifications using TEC baffle one, baffle two, and baffle three, on the performance of the Honda Supra X 125. Testing was carried out using a Dynotest tool and a Honda Supra X 125 motorcycle. The results of exhaust manifold modification testing with variations in the number of TEC baffle on the performance of the Honda Supra X 125 show an increase in performance. The highest results were obtained in the modification of the exhaust manifold with TEC baffle two. The torque obtained is 9.74 Nm at an engine speed of 5000 rpm, the power produced is 7.7 HP at an engine speed of 6500 rpm, and the KBBS produced is 0.150 KG/hour. HP at a speed of 6000 rpm - 6250 rpm.

Keywords: 1; Spark Ignition Engine 2; Exhaust manifold 3 Torque Expansion Chamber

Studi Eksperimental Modifikasi Exhaust Manifold Menggunakan Tec Bersekat pada Sepeda Motor Empat Langkah

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh modifikasi *exhaust manifold* menggunakan TEC bersekat satu, sekat dua, dan sekat tiga, terhadap performa Honda Supra X 125. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Dynotest* dan sepeda motor Honda Supra X 125. Hasil pengujian modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi jumlah sekat TEC terhadap performa Honda Supra X 125 menunjukkan kenaikan performa. Hasil tertinggi didapatkan pada modifikasi *exhaust manifold* dengan TEC sekat dua. Torsi yang didapatkan sebesar 9,74 Nm pada putaran mesin 5000 rpm, Daya yang dihasilkan sebesar 7,7 HP pada putaran mesin 6500 rpm, serta KBBS yang dihasilkan sebesar 0,150 KG/jam. HP pada putaran 6000 rpm – 6250 rpm.

Kata kunci: Kata kunci 1; Motor SI 2; Exhaust manifold 3 Kbbs

1. Pendahuluan [Heading 1]

Perfoma atau unjuk kerja suatu *spark ignition engine* (motor SI) dapat dilihat dengan tiga indikator, yaitu: daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik. Daya adalah kemampuan *engine* untuk melakukan kerja per satuan waktu, semakin besar volume silinder maka daya yang dihasilkan akan semakin besar pula. Selanjutnya Torsi, adalah gaya yang dihasilkan karena adanya tekanan dari proses pembakaran yang diterima piston untuk diteruskan ke bagian penggerak akhir dan merupakan perkalian antara gaya dan panjang lengan. Konsumsi bahan bakar spesifik, merupakan banyaknya bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya engine. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efisiensi motor bakar. Efisiensi didapatkan dengan cara memperkecil kalor yang melalui *exhaust manifold*. Semakin kecil kalor yang keluar, maka kerja *netto* semakin besar, sehingga efisiensi yang didapat semakin besar pula.

Banyak cara atau penelitian yang sudah dilakukan untuk meningkatkan performa motor bakar, mulai dari melakukan perubahan pada bagian *intake manifold* saluran masuk campuran bahan bakar dan udara, seperti penggunaan teknologi *full njection* menggantikan

sistem karburator, penambahan tabung *intake resonator*, penambahan tabung induksi, dan juga pemasangan *turbo cyclone*. Modifikasi bagian *exhaust manifold* saluran gas hasil pembakaran antara lain dengan penambahan *wrap exhaust manifold*, pemasangan *magic ring* untuk memanfaatkan gas buang aktif dari hasil pembakaran untuk dimasukkan kembali ke dalam ruang bakar, *mega bomb* knalpot. Modifikasi lainnya adalah teknologi super KIPS Kawasaki, dan teknologi *torque expansion chamber* (TEC) yang diklaim oleh Bajaj dapat meningkatkan performa motor saat berada pada putaran bawah. Perubahan-perubahan juga dilakukan pada *timing* pembakaran karena sangat berpengaruh terhadap hasil pembakaran.

Exhaust manifold dapat meningkatkan daya mesin karena dapat memengaruhi proses pertukaran gas dalam beberapa aspek, seperti kinerja piston saat langkah buang, sirkulasi bahan bakar baru dari *intake* ke knalpot dan bahkan pengisian silinder. [1]

Back pressure atau tekanan balik merupakan efek yang tidak diinginkan karena ketika tekanan balik meningkat, begitu juga dengan jumlah gas yang tersisa di kepala silinder. Peningkatan berat residu akan mengurangi volume muatan segar, yang juga berimbas pada meningkatkan suhu awal kompresi. Beberapa percobaan menunjukkan bagaimana peningkatan *back pressure* mempengaruhi efisiensi termal untuk berbagai tekanan induksi manifold [2].

Penelitian lain yang berjudul “Pengaruh Pemasangan *Magic Ring* Pada Exhaust Manifold Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Yamaha Vega RR Tahun 2014 Dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar” menunjukkan bahwa setiap jenis bahan bakar memiliki efektifitas tersendiri dalam menekan konsumsi bahan bakar. Bahan bakar jenis pertalite, mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 23,3% dari keadaan standar sebelum menggunakan *Magic Ring*. Pada bahan bakar jenis pertamax, mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 21,54%. Sedangkan bahan bakar pertamax turbo, mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 19,36%. Dari ketiga jenis bahan bakar tersebut, maka jenis bahan bakar pertalite merupakan bahan bakar yang paling hemat konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan bahan bakar jenis pertamax dan pertamax turbo. [3].

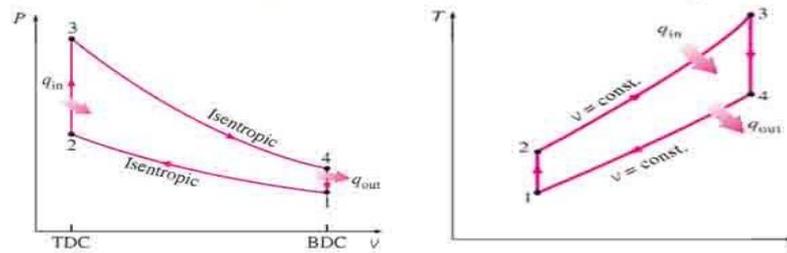
Penelitian memodifikasi *exhaust manifold* menggunakan *Torque Expansion Chamber* (TEC) Variasi Jumlah Saluran pada Honda Supra X 125cc menunjukkan hasil bahwa terjadi kenaikan torsi dari kondisi standar 7.95 Nm pada 5000 rpm menjadi 9,996 Nm pada 5250 rpm, Daya dari kondisi standar 6,1 HP pada 6250 rpm menjadi 8,267 HP menjadi 6500 rpm, dan KBBS dari keadaan standar 0,2523 Kg/jamHP menjadi 0,147 Kg/jamHP. Dengan spesifikasi TEC yang digunakan adalah TEC dua saluran, berbentuk tabung, volume TEC 80 ml dengan toleransi 3 ml, penempatan TEC pada 50% header knalpot Panjang saluran 15 mm. [4]

Motor bakar merupakan salah satu mesin yang digunakan sebagai penggerak mula alat transportasi. Kendaraan bermotor merupakan suatu alat transportasi yang memerlukan engine sebagai penggerak mulanya, baik roda dua maupun roda empat. Motor bakar merupakan salah satu engine yang digunakan sebagai penggerak mula tersebut, yang merupakan suatu mesin konversi energi yang merubah energi kalor menjadi energi mekanik. Dengan adanya energi kalor sebagai suatu penghasil tenaga maka sudah semestinya memerlukan bahan bakar dan sistem pembakaran yang terjadi sebagai sumber kalor tersebut [5].

Berdasarkan uraian sebelumnya, penelitian mengenai ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh modifikasi *exhaust manifold* menggunakan TEC terhadap performa *engine* meliputi: torsi, daya, dan kbbs. Bajaj mengklaim TEC seperti *resonator*, penelitian menganalisis penambahan sekat pada tabung TEC dengan variasi sekat satu, sekat dua dan sekat tiga. Diharapkan TEC bersekat sekat berfungsi untuk mengurangi *back pressure*.

2. Literatur Review (jika ada)

2.1 Siklus Otto



Gambar 1. Diagram P-v dan T-S Siklus Otto

Proses siklus otto sebagai berikut :

- Proses 1-2 : proses kompresi *isentropic* (adiabatic reversible) dimana piston bergerak menuju TMA mengkompresikan udara sampai volume *clearance* sehingga tekanan dan temperatur udara naik.
- Proses 2-3 : pemasukan kalor konstan, piston sesaat pada TMA bersamaan kalor suplai dari sekelilingnya serta tekanan dan temperatur meningkat hingga nilai maksimum dalam siklus.
- Proses 3-4 : proses *isentropic* udara panas dengan tekanan tinggi mendorong piston turun menuju TMB, energi dilepaskan disekeliling berupa internal energi.
- Proses 4-1 : proses pelepasan kalor pada volume konstan piston sesaat pada TMB dengan mentransfer kalor ke sekeliling dan kembali mlangkah pada titik awal.

Kerja net pada siklus motor bakar empat langkah (W_{net}) dapat ditentukan dari efisiensi thermal pada siklusnya (η_{th}), ditunjukkan oleh rumus berikut ini:

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \quad (1)$$

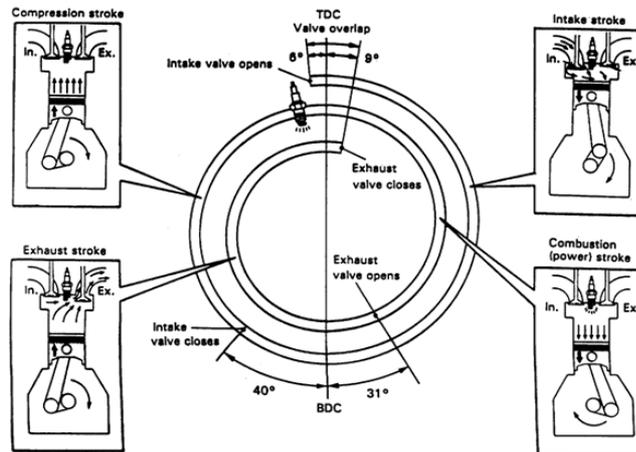
Keterangan:

- η_{th} = Efisiensi Thermal
 W_{net} = Kerja *netto*
 Q_{in} = Kalor masuk
 Q_{out} = Kalor keluar

2.2. *Overlapping* Katup

Selama langkah pembuangan dan pemasukan, terdapat sudut *overlapping* pada katup pemasukan dan katup pembuangan yang keduanya terbuka. Sudut *overlapping valve timing* untuk membantu pembuangan sisa gas keluar ketika campuran gas baru masuk kedalam ruang pembakaran. Proses ini membantu pembuangan secara lengkap dan pemasukan gas baru (bahan bakar dan udara) yang efektif dan juga untuk menghasilkan tenaga yang baik.

Penyetelan katup juga mempunyai pengaruh terhadap sudut *overlapping* katup, bila celah terlalu rapat maka sudut *overlapping* katup yang dibentuk semakin besar, bila celah katup terlalu renggang maka sudut *overlapping* terlalu kecil sehingga proses pemasukan bahan bakar, pengeluaran gas sisa pembakaran dan proses pembilasan tidak optimal.



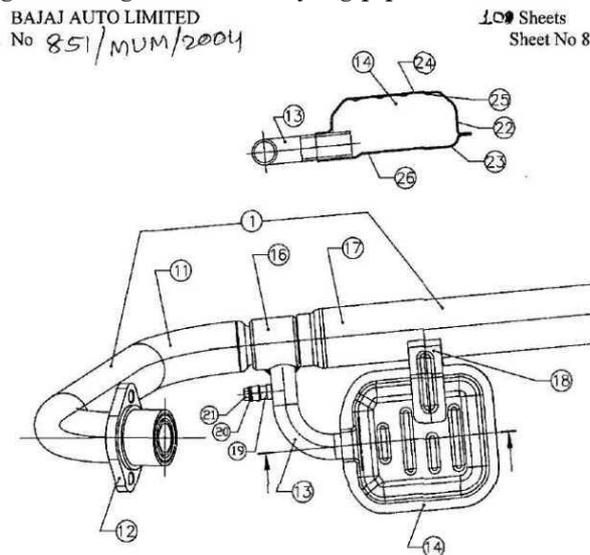
Gambar 2. Diagram Katup

2.3. Torque Expansion Chamber (TEC)

Torque Expansion Chamber (TEC) merupakan sebuah ruang berupa tabung dengan letak dan ukuran tertentu pada *Exhaust Manifold* atau leher knalpot. Pada tahun 2009 Teknologi ini dipatenkan oleh Bajaj, dan sekarang teknologi ini telah diaplikasikan pada knalpot *racing* dengan nama *powerbomb* atau *megabomb*. Teknologi ini mampu meningkatkan torsi putaran bawah pada kendaraan bermotor.

Mekanisme dari teknologi *TEC* ini yaitu menghubungkan pipa *header* dengan suatu ruang atau berupa tabung kecil dengan volume dan jarak yang sudah ditentukan, jarak yang biasa dipakai yaitu 40-60% dari header, baik secara langsung maupun melalui pipa penghubung, tanpa mengorbankan *ground clearance*.

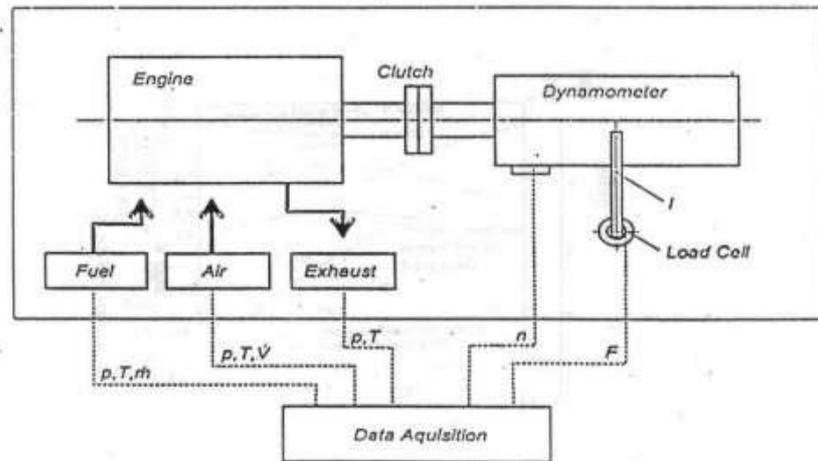
Dalam hak paten itu juga disebutkan bahwa salah satu torsi puncak terjadi pada putaran mesin antara 4500 rpm hingga 6000 rpm. Kedua puncak torsi dihasilkan oleh kombinasi pantulan gelombang tekanan di ujung pipa *header* dan di mulut ruang. [6]



Gambar 1. Bentuk TEC paten oleh Baja Auto Limited

2.4. Prestasi Mesin

Pengujian prestasi mesin menggunakan *dynamometer* model elektrik yang dapat mengeluarkan hasil torsi dan daya secara langsung, cukup dengan cara menjalankan kendaraan pada mesin *dyno*. Cara kerjanya adalah sebagai berikut, roda bergerak memutar roll alat uji pada putaran tertentu akan terukur gaya pengereman, selanjutnya data akan diolah dan akan dikonversikan pada layar monitor dengan parameter torsi, daya dan konsumsi bahan bakarnya.



Gambar 4. Skematik *Electric Dynamometer*

$$T = Fxl \text{ (N. m)} \quad (2)$$

Keterangan:

T = Torsi (N.m)

F = gaya pengereman yang bekerja (F)

l = jarak benda ke pusat rotasi (m)

Apabila torsi sudah diketahui, maka besarnya daya poros dapat ditentukan menggunakan rumus,

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000} \text{ (kW)} \quad (3)$$

Keterangan:

P = daya poros (kW)

T = torsi (N.m)

n = putaran mesin (rpm)

1hp = 0,7455 KW dan 1KW = 1,34 hp

Konsumsi bahan bakar didapatkan dengan menggunakan rumus di bawah ini,

$$M_{bb} = \frac{b}{t} \times \frac{3600}{1000} \times p_{bb} \text{ (kg/h)} \quad (4)$$

Keterangan:

b = konsumsi bahan bakar (ml)

t = waktu (s)

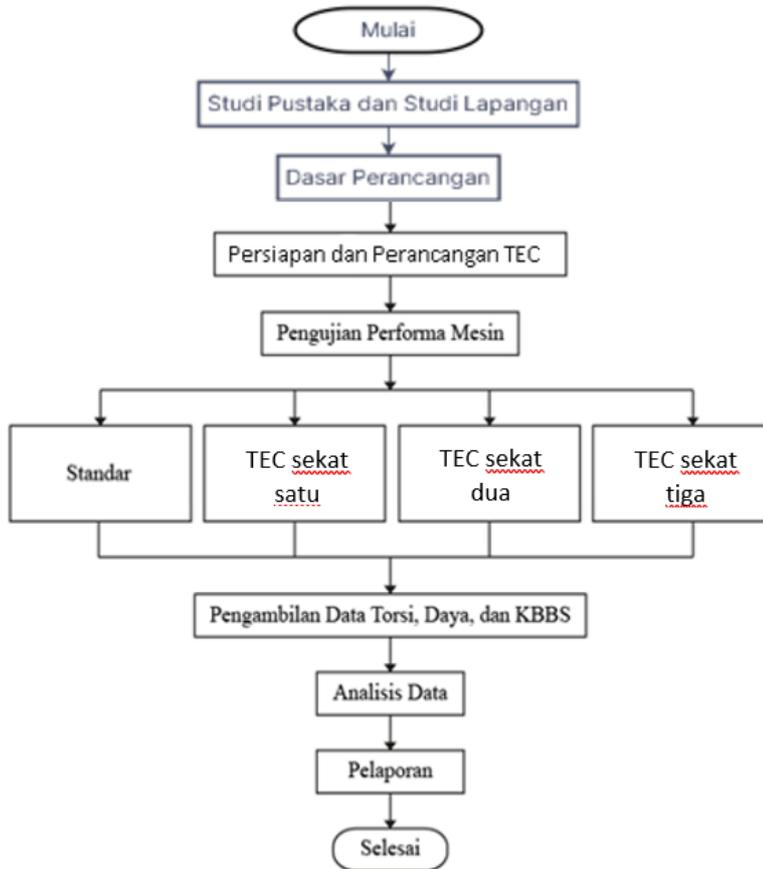
p_{bb} = berat jenis (kg/l)

$$KBBS = \frac{M_{bb}}{p} \text{ (kg/ kWh)} \quad (5)$$

P = daya (HP)

3. Metode

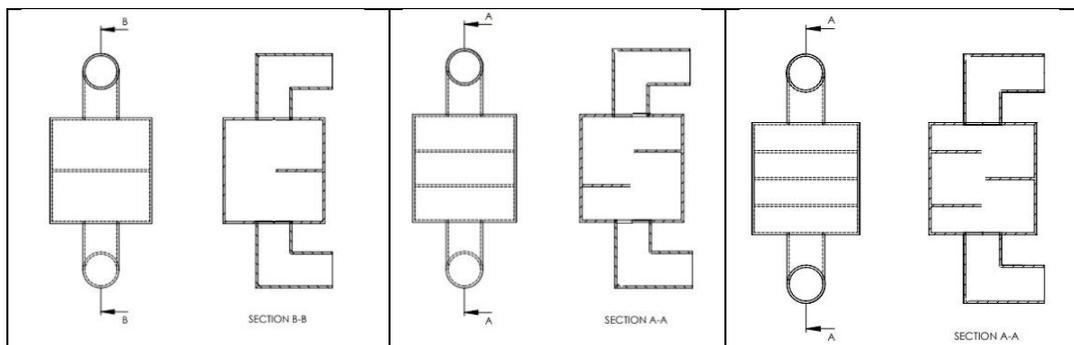
3.1. Diagram Alir



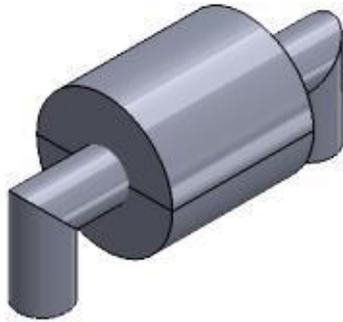
Gambar 5. Diagram alir

3.2. Alat dan Bahan

- a. *Dyno test*
- b. Honda Supra X 125 karburator
- c. *Tool set*
- d. *Dyno test*
- e. *Stopwatch*
- f. *Torque Expansion Chamber (TEC)*

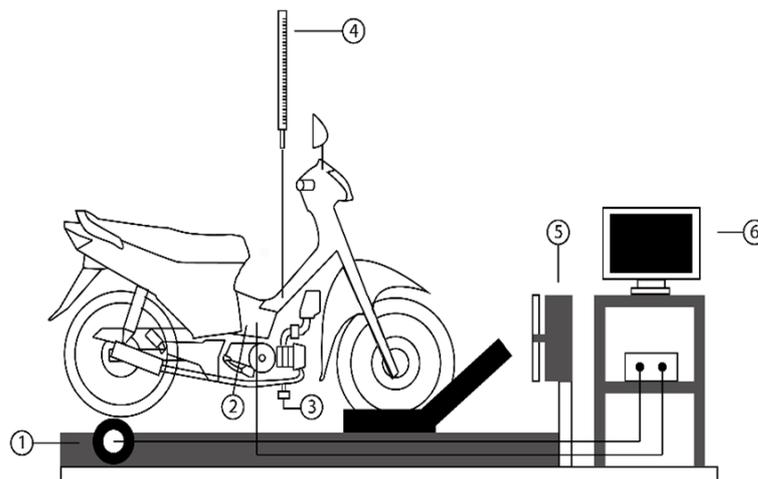


Gambar 6. Skema TEC sekat satu, sekat dua, sekat tiga



Gambar 7. Desain TEC, dan pemasangan pada Leher knalpot

3.3. Tahapan Pengujian



Gambar 8. Instalasi Pengujian

Keterangan:

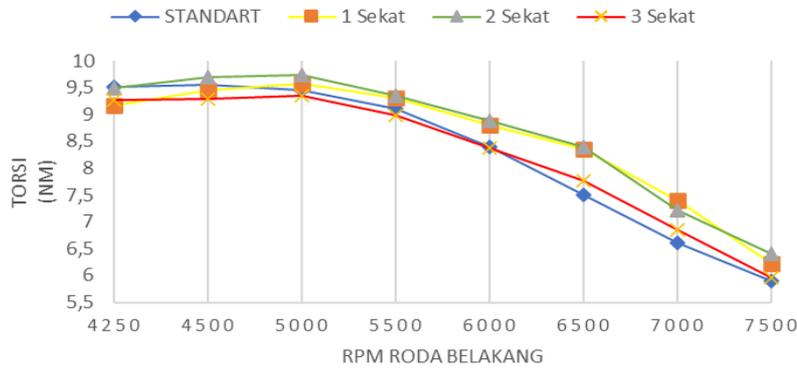
1. *Roller* diputar roda motor, dan dihubungkan dengan sensor yang diteruskan ke *display* untuk menampilkan data torsi yang dihasilkan.
2. Kabel busi dihubungkan dengan sensor untuk membaca putaran *engine*.
3. TEC.

Cara pengujian:

- a. Menghidupkan *dyno test*, motor dipacu seperti saat digunakan di Jalan, dengan gigi persneling pada posisi 4.
- b. Melakukan pengukuran *dynotest* dari putaran 4250-7500 RPM.
- c. Mengakhiri pengukuran saat putaran mesin sudah mencapai 7500 RPM.
- d. Mencatat konsumsi bahan bakar selama pengukuran.
- e. Mengulangi penelitian tiga kali setiap variasi sehingga didapatkan hasil yang akurat.

4. Hasil dan Pembahasan

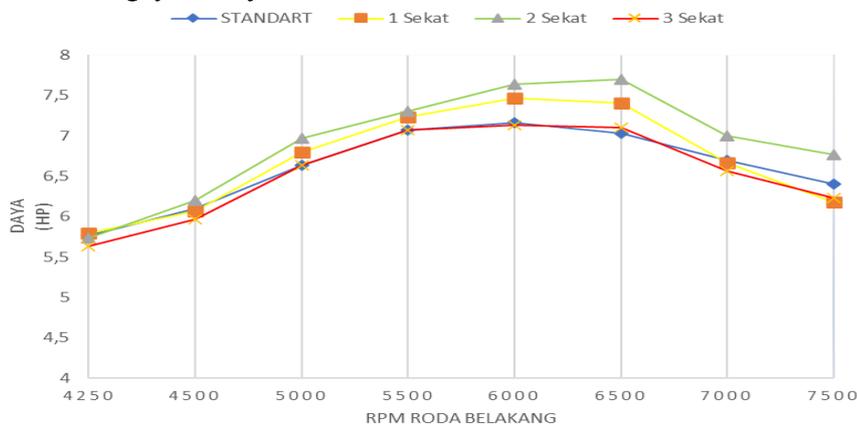
4.1. Hasil Pengujian Torsi



Gambar 9. Pengujian Torsi

Hasil pengujian menunjukkan, modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC sekat satu dan TEC sekat dua menghasilkan torsi lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi standar. Peningkatan torsi setelah menggunakan variasi TEC terjadi pada putaran mesin antara 4250-5000 rpm, peristiwa ini diduga disebabkan oleh distribusi *back pressure* berlebihan yang terjadi di saluran gas buang dialirkan ke dalam tabung, sehingga seolah-olah aliran gas hasil pembakaran menjadi lebih leluasa masuk ke ruang bakar. Sementara penggunaan TEC sekat tiga tidak menghasilkan torsi yang lebih besar dari *standart*, hal ini dikarenakan TEC sekat tiga kurang mampu menyerap *back pressure*.

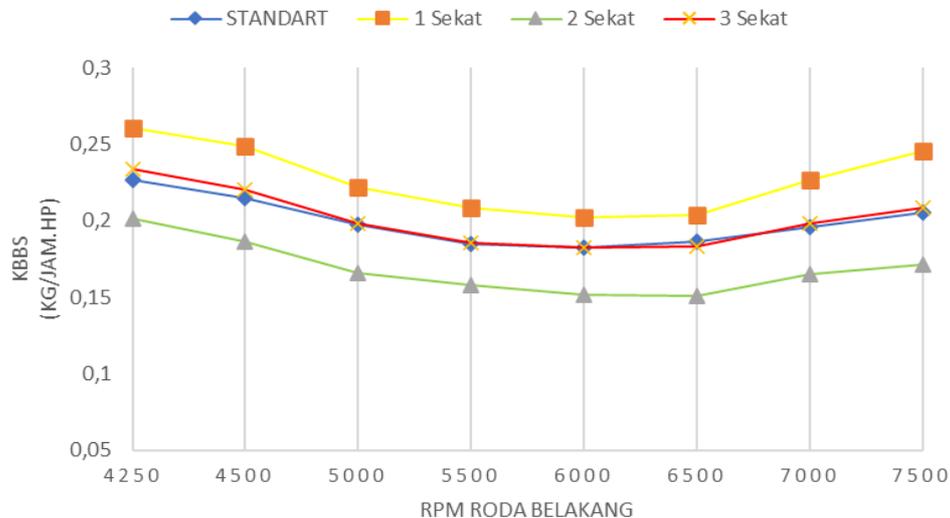
4.2. Hasil Pengujian Daya



Gambar 10. Pengujian Daya

Modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC sekat satu, dan sekat dua menghasilkan daya lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi standar. Peningkatan daya terjadi pada putaran *engine* antara 4250-7500 rpm. Kondisi ini berarti kalor yang dilepaskan melalui *exhaust manifold* dapat dikurangi. Namun pada putaran *engine* 6500-7500 rpm, TEC bersekat tiga mengalami penurunan daya dibanding *standart* yang berarti kalor yang dilepaskan melalui *exhaust manifold* lebih besar dari kondisi *standart*.

4.1. Hasil Pengujian Kbbs



Gambar 11. Pengujian Kbbbs

Hasil pengujian kbbbs menunjukkan bahwa modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC sekat dua paling unggul pada putaran *engine* antara 4250-7500 rpm. Hal ini menginformasikan bahwa proses pembakaran yang terjadi pada modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC sekat dua paling sempurna. Pengurangan *back pressure* dan pelepasan kalaor melalui *exhaust manifold* paling optimal, sehingga kerja *netto engine* paling unggul.

5. Kesimpulan

1. Modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC sekat satu dan sekat dua menghasilkan torsi lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi standar pada putaran *engine* 4250-5000 rpm. Sementara penggunaan TEC sekat tiga tidak menghasilkan torsi yang lebih besar dari *standart*, hal ini berarti TEC sekat tiga kurang mampu menyerap *back pressure*.
2. Modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC sekat satu, dan sekat dua menghasilkan daya lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi standar. Namun pada putaran *engine* 6500-7500 rpm, TEC bersekat tiga mengalami penurunan daya dibanding *standart* yang berarti kalor yang dilepaskan melalui *exhaust manifold* lebih besar dari kondisi *standart*.
3. Modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC sekat dua paling unggul pada putaran *engine* antara 4250-7500 rpm. Pengurangan *back pressure* dan pelepasan kalaor melalui *exhaust manifold* paling optimal, sehingga kerja *netto engine* paling unggul.

Referensi

- [1] Umesh, K. S., Pravin, V. K., & Rajagopal, K. (2014). *Experimental Investigation and CFD Analysis of Multi-Cylinder Four Stroke SI Engine Exhaust Manifold for Optimal Geometry to Reduce Back Pressure and to Improve Fuel Efficiency*. *International Journal of Automobile Engineering Research and Development*, 4, 13, 20.
- [2] Bajpai, K., Chandrakar, A., Agrawal, A., & Shekhar, S. (2017). *CFD analysis of exhaust manifold of SI engine and comparison of back pressure using alternative fuels*. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 14(1), 23-29.
- [3] Haryono, 2019. *Pengaruh Pemasangan Magic Ring Pada Exhaust Manifold Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Yamaha Vega RR Tahun 2014 Dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar*. Skripsi, Fak. KIP. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [4] Prasetya, Dita Anggit, 2022 "Studi Eksperimental Performa Honda Supra X 125 Modifikasi *Exhaust Manifold* Menggunakan *Torque Expansion Chamber (TEC)* Satu Tabung dan Dua Tabung Variasi Jumlah Saluran"
- [5] Putra, 2013. *Pengaruh Variasi Durasi Camshaft Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah*. Rotor [Vol 6 No 2](#)

- [6] Abraham, Joseph (2009). *An Exhaust System For Improving Torque Charateristic Of A Single Cylinder Four Stroke Spark Ignition Engine*. Indian Patent 231498.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
