

# Four-Stroke Motorcycle Exhaust Manifold Modification Using Variations in the Location of the TEC Inlet and Outlet Ducts

Sartono Putro<sup>1</sup> , Rizki Subagja<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

 [sp150@ums.ac.id](mailto:sp150@ums.ac.id)

## Abstract

*This research was conducted to determine the effect of exhaust manifold modifications on motorcycle performance using torque expansion chamber (TEC) variations in the location of the inlet and outlet ducts. The test was carried out by changing the position of the TEC inlet and outlet ducts in three variations. Testing using a dynotest and a Honda Supra X 125 motorcycle. The test results show that the highest results were obtained when using variation 2. The torque obtained was 9.69 Nm at an engine rotation of 4500 rpm, the power produced was 7.53 HP at an engine rotation of 6250 rpm, and the specific fuel consumption (sfc) produced was 0.153 kg/hour. HP at 6250 rpm.*

**Keywords:** Exhaust manifold; Torque; Power; Sfc; TEC

## Modifikasi Exhaust Manifold Sepeda Motor Empat Langkah Menggunakan Variasi Letak Saluran Inlet dan Outlet TEC

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh modifikasi exhaust manifold terhadap performa sepeda motor menggunakan torque expansion chamber (TEC) variasi letak saluran inlet dan outlet. Pengujian dilakukan dengan mengubah posisi saluran inlet dan outlet TEC dalam tiga variasi. Pengujian menggunakan dynotest dan sepeda motor Honda Supra X 125. Hasil pengujian menunjukkan hasil tertinggi didapatkan ketika menggunakan variasi 2. Torsi yang didapatkan sebesar 9,69 Nm pada putaran engine 4500 rpm, daya yang dihasilkan sebesar 7,53 HP pada putaran engine 6250 rpm, serta konsumsi bahan-bakar spesifik (kbbs) yang dihasilkan sebesar 0,153 kg/jam. HP pada putaran 6250 rpm.

**Kata kunci:** Exhaust manifold; Torsi; Daya; Kbbs; TEC

## 1. Pendahuluan

Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk meningkatkan performa sepeda motor. Penelitian modifikasi pada bagian *intake manifold* antara lain: penggunaan *fuel injection* yang dulunya menggunakan karburator; penggunaan *supercharger* atau *turbocharger*; penerapan *intake resonator*, penerapan *velocity stack*, penerapan *turbo cyclone* dan masih banyak lagi lainnya. Pada bagian *exhaust manifold* modifikasi dilakukan dengan menerapkan teknologi Super KIPS oleh Kawasaki, RC Valve oleh Honda, *megabomb* dan masih banyak lainnya. Adapun teknologi *torque expansion chamber* (TEC) milik Bajaj dapat meningkatkan meningkatkan torsi motor saat berada di putaran bawah [1].

*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. [2]

*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 [3].

Penelitian berjudul modifikasi exhaust manifold menggunakan TEC bersekat menunjukkan hasil bahwa terjadi kenaikan torsi dari kondisi standar 9,54 Nm pada 4500 rpm menjadi 9,74 Nm pada 5000 rpm, Daya dari kondisi standar 7,16 HP pada 6250 rpm menjadi 7,7 HP menjadi 6500 rpm, dan KBBS dari keadaan standar 0,182 Kg/jamHP menjadi 0,150 Kg/jamHP. Dengan spesifikasi TEC yang digunakan adalah TEC bersekat, berbentuk tabung, volume TEC 80 ml dengan toleransi 3 ml, penempatan TEC pada 50% header knalpot Panjang saluran 15 mm [4].

Dalam penelitian lain yang dilakukan (Haryono, 2019) 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. [5]

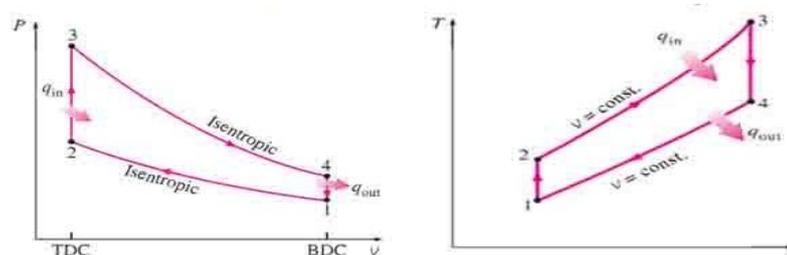
dalam menekan konsumsi bahan bakar. Bahan bakar jenis pertalite, mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 23,3% dari keadaan standar sebelum menggunakan *Magic Ring*. Pada bahan bakar jenis pertamax, mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 21,54%. Sedangkan bahan bakar pertamax turbo, mampu 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.

Dalam penelitian lain yang dilakukan (Anggit, 2022) memodifikasi *exhaust manifold* menggunakan 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 [6].

Berdasarkan uraian maka dari itu, dilakukannya penelitian mengenai pengaruh modifikasi *exhaust manifold* dengan TEC. Bajaj mengklaim TEC seperti resonator maka dilakukan modifikasi letak pemasangan saluran *inlet* dan *outlet*, mendapatkan aliran optimal dalam mengurangi *back pressure*.

## 2. Literatur Review

### 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 ( $\eta_{th}$ ), 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:

$\eta_{th}$  = Efisiensi Thermal

$W_{net}$  = Kerja *netto*

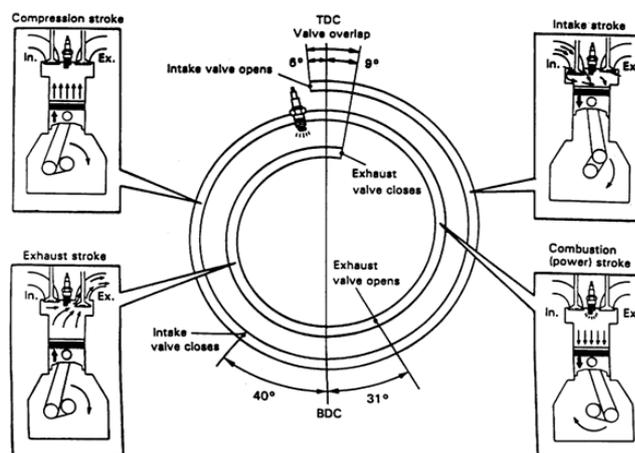
$Q_{in}$  = Kalor masuk

$Q_{out}$  = 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 [5]

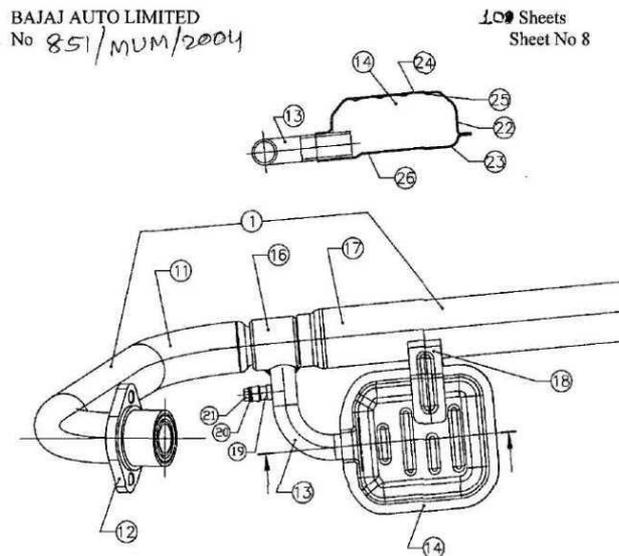
## 2.3. *Torque Expansion Chamber* (TEC)

*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. [1]



**Gambar 3.** Bentuk TEC paten oleh Baja Auto Limited [1]

#### 2.4. Prestasi Mesin

Performa engine ditentukan dari nilai torsi, daya dan kbbs

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

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)

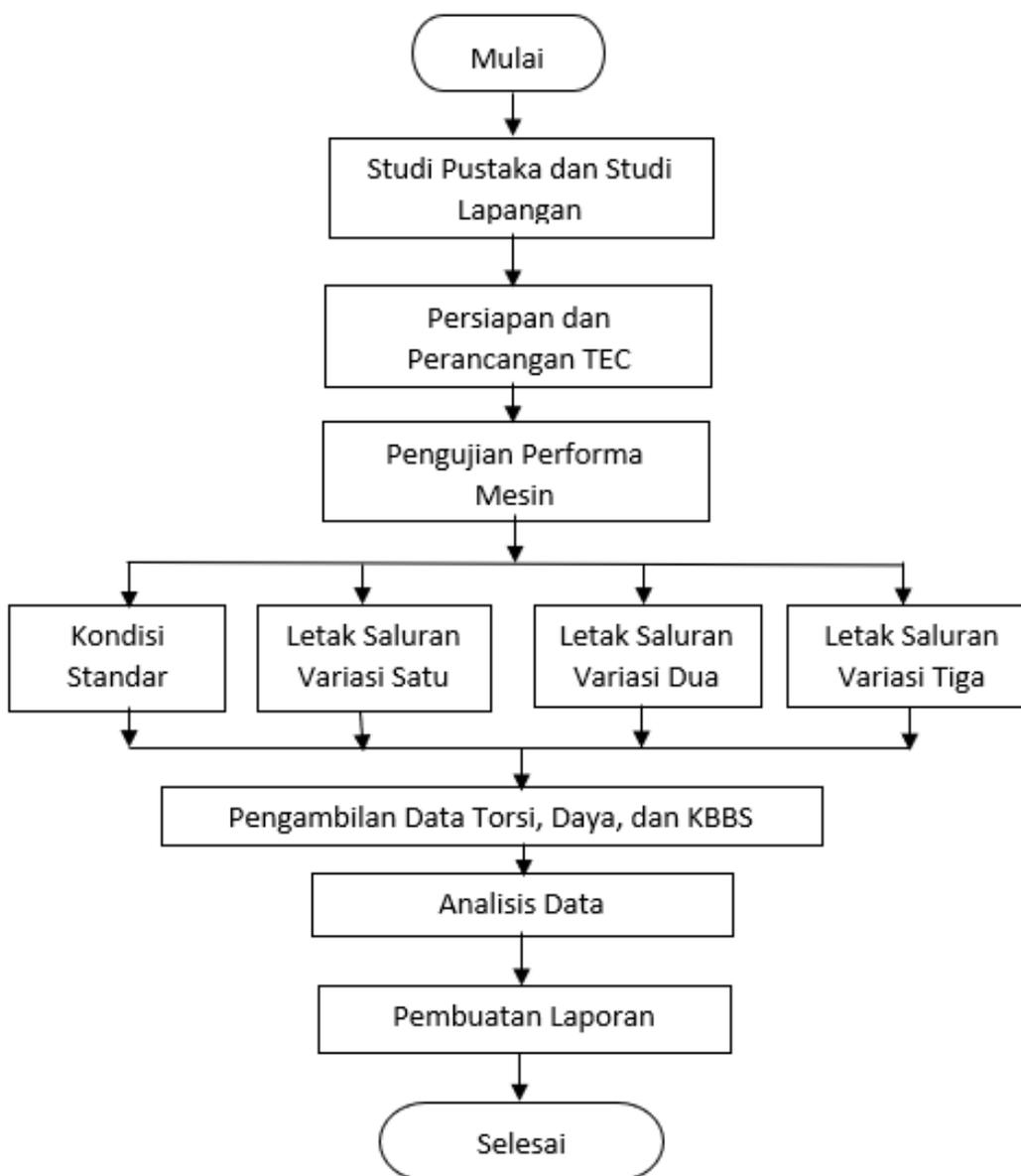
$P_{bb}$  = berat jenis (kg/l)

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

$P$  = daya (kW)

### 3. Metode

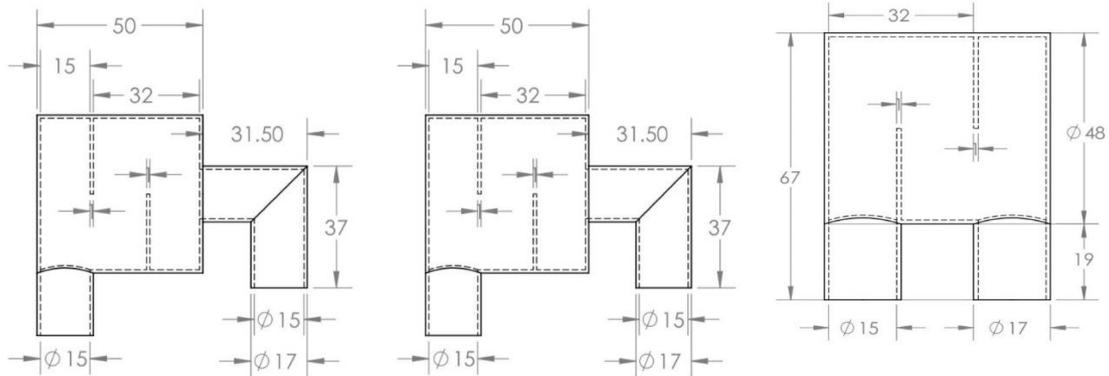
#### 3.1. Diagram Alir



Gambar 4. 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)*

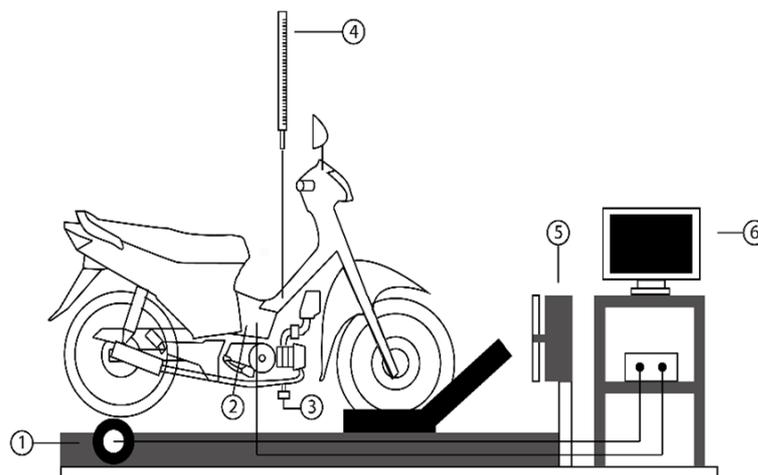


**Gambar 5.** Skema TEC variasi satu, variasi dua, variasi tiga



**Gambar 6.** Desain TEC, dan pemasangan pada Leher knalpot

### 3.3. Tahapan Pengujian



**Gambar 7.** Instalasi Pengujian

Keterangan:

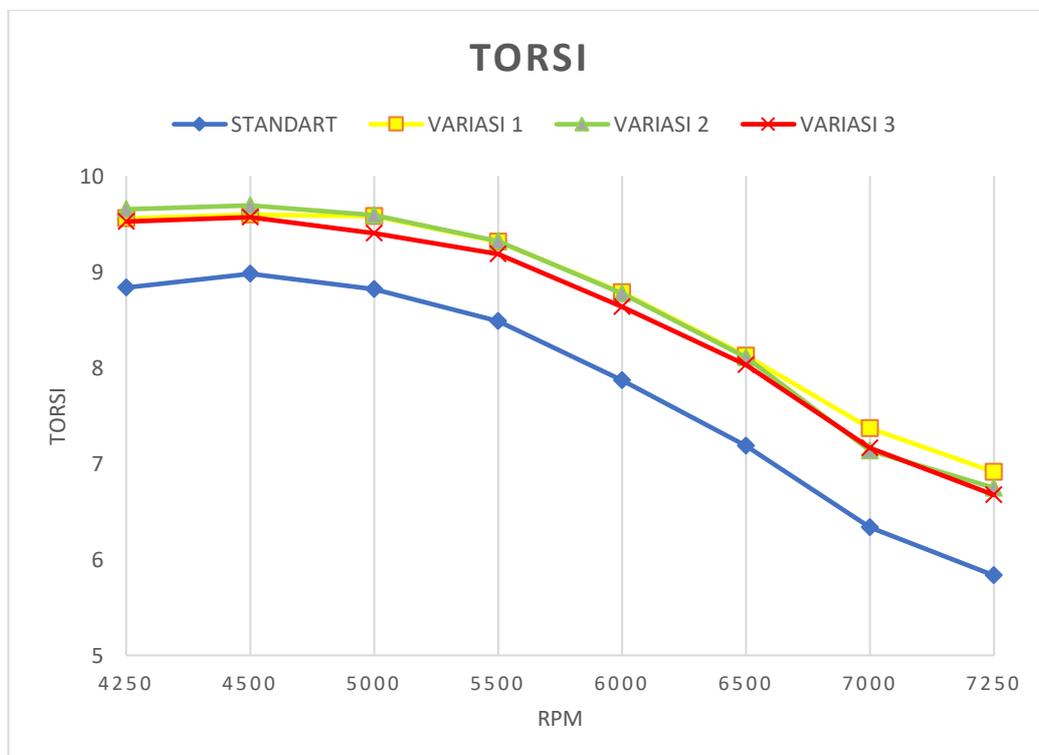
1. *Roller* diputar roda motor, dan dihubungkan dengan sensor yang diteruskan ke *display* untuk menampilkan data torsi yang dihasilkan.
2. Kabel busi dihubungkan dengan sensor untuk membaca putaran *engine*.
3. TEC.

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

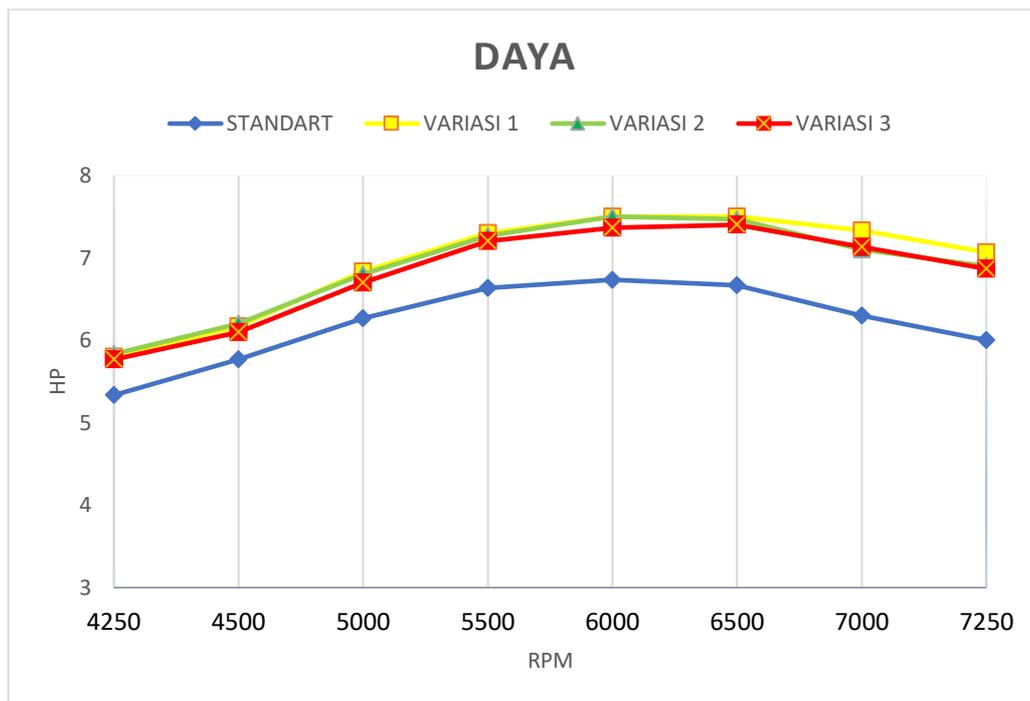
### 4.1. Hasil Pengujian Torsi



**Gambar 8.** Pengujian Torsi

Dari hasil pengujian diatas, sepeda motor yang menggunakan modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC letak saluran variasi satu, TEC letak saluran variasi dua dan TEC letak saluran variasi tiga menghasilkan torsi lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi standar. Peningkatan torsi setelah menggunakan variasi TEC letak saluran variasi satu, TEC letak saluran variasi dua dan variasi TEC letak saluran variasi tiga terjadi pada putaran mesin antara 4250-4500 rpm, peristiwa ini diduga disebabkan oleh distribusi *back pressure* berlebihan yang terjadi di saluran gas buang dialirkan ke dalam tabung, sehingga aliran gas buang menjadi lebih leluasa mengalir ke luar.

## 4.2. Hasil Pengujian Daya

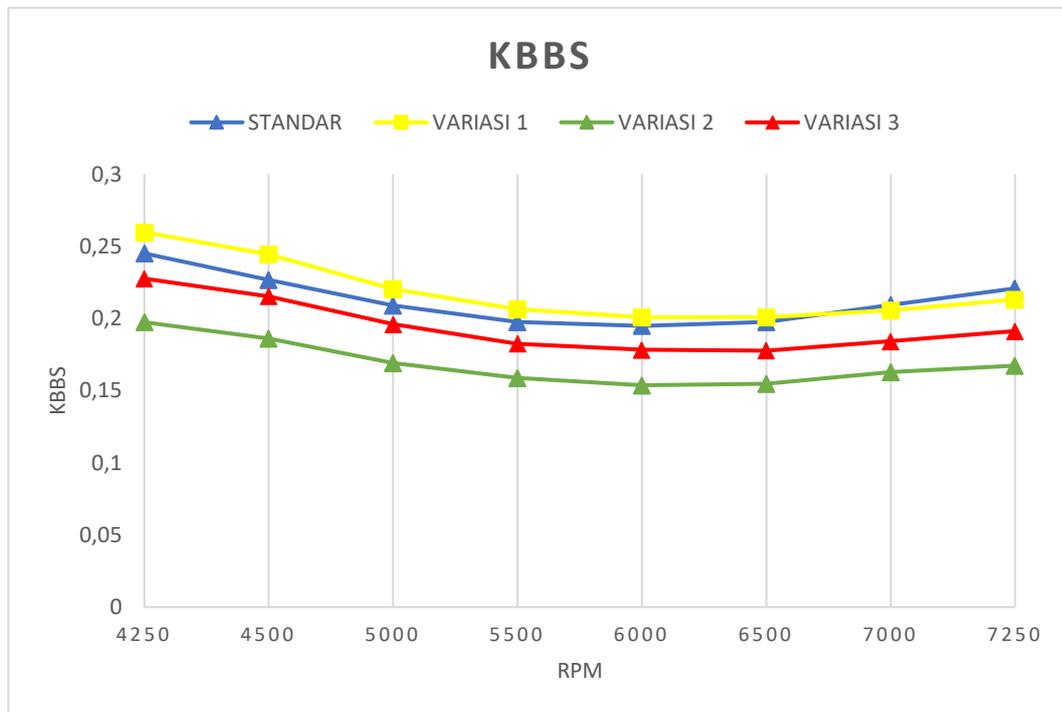


**Gambar 9.** Pengujian Daya

Dari hasil pengujian diatas, sepeda motor yang menggunakan modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi TEC letak saluran inlet dan outlet variasi satu, TEC letak saluran variasi dua dan TEC letak saluran variasi tiga menghasilkan daya lebih tinggi jika dibandingkan pada kondisi standar. Peningkatan daya setelah menggunakan variasi TEC letak saluran variasi satu, TEC letak saluran variasi dua dan TEC letak saluran variasi tiga terjadi pada putaran mesin antara 4250-7250 rpm. Namun pada putaran mesin 6500-7250 rpm, baik sepeda motor kondisi standar maupun setelah dipasang TEC mengalami penurunan daya. Peristiwa ini disebabkan oleh putaran mesin tinggi akan menyebabkan terlalu singkatnya waktu terbukanya katup masuk, sehingga campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar akan berkurang. Berkurangnya campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar juga akan mengakibatkan tekanan hasil pembakaran menurun karena proses pembakaran yang terjadi menjadi tidak sempurna sehingga torsi dan daya sepeda motor akan ikut menurun.

## 4.3. Hasil Pengujian Kbbs

Berdasarkan grafik hasil pengujian kbbs, baik sepeda motor kondisi standar maupun setelah dipasang variasi TEC letak saluran inlet dan outlet variasi satu, variasi dua dan variasi tiga menghasilkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik terendah pada putaran mesin antara 5500-6500 rpm. Ini berarti terjadi optimalisasi efisiensi volumetris dan pembakaran. Sedangkan penggunaan TEC variasi satu, dua dan tiga untuk performa torsi dan daya hampir berimpit, namun pada hasil kbbs menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan. Kbbs paling optimal dihasilkan oleh penggunaan TEC variasi 2, ini berarti TEC variasi 2 mampu menghambat kalor yang keluar, sehingga efisiensi termis meningkat.



Gambar 10. Pengujian Kbbbs

## 5. Kesimpulan

1. Penggunaan *Torque Expansion Chamber* pada sepeda motor supra x 125 dapat membuat torsi meningkat dari kondisi standar. Sebelumnya pada sepeda motor kondisi standar memiliki nilai torsi tertinggi sebesar 8,98 Nm pada 4500 rpm. Setelah menggunakan TEC nilai torsi teringginya 9,69 Nm pada 4500 rpm.
2. Performa daya mesin sepeda motor supra x 125 menunjukkan bahwa penggunaan *Torque Expansion Chamber* akan membuat daya yang dihasilkan meningkat. Sebelumnya pada sepeda motor kondisi standar memiliki nilai daya tertinggi sebesar 6,73 HP pada 6000 rpm. Setelah menggunakan TEC nilai daya teringginya 7,53 HP pada 6250 rpm.
3. Konsumsi bahan bakar spesifik pada sepeda motor supra x 125 menggunakan *Torque Expansion Chamber* lebih rendah (lebih baik) daripada kondisi standar. Sebelumnya pada sepeda motor kondisi standar memiliki nilai konsumsi bahan bakar spesifik terendah sebesar 0,194 KG/jam.HP pada putaran 6000 rpm. Setelah menggunakan TEC nilai konsumsi bahan bakar spesifik terendah adalah 0,153 KG/jam.HP pada putaran 6250 rpm.

## Referensi

- [1] Abraham, Joseph (2009). *An Exhaust System For Improving Torque Charateristic Of A Single Cylinder Four Stroke Spark Ignition Engine*. Indian Patent 231498.
- [2] 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.
- [3] 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

- [4] Sartono P and Vicky A (2023). *Experimental Study of Exhaust Manifold Modification Using Divided TEC on A Four-Stroke Motorcycle*. The 18<sup>th</sup> University Research Colloquium 2023 Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto.
- [5] 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.
- [6] Dita Anggit P., (2022) *Studi Eksperimental Performa Honda Supra X 125 Modifikasi Exhaust Manifold Menggunakan Torque Expansion Chamber (TEC) Satu Tabung dan Dua Tabung Variasi Jumlah Saluran*. Tugas Akhir Teknik Mesin UMS, Surakarta.



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

---