

## STUDI KOMPARASI PERFORMA MOTOR BAKAR 4 TAK KARBURATOR DAN MOTOR BAKAR 6 TAK MUB-2 KARBURATOR BERBAHANBAKAR PERTAMAX

**Dedi Nurdiansyah**

Mahasiswa S2  
Universitas Brawijaya  
Jurusan Teknik Mesin  
dedymutiabondan@gmail.com

**Sudjito Soeparman**

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Brawijaya  
Jurusan Teknik Mesin  
sudjitospn@ub.ac.id

**Eko Siswanto**

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Brawijaya  
Jurusan Teknik Mesin  
eko\_s112@ub.ac.id

*This paper describes the comparison of the performance of a 4 stroke carburetor motorbike with the MUB-2 six-stroke engine with additional combustion duration and two working strokes. The increase in combustion duration aims to re-burn combustible species that have not been completely burned in the first combustion. This study used a 4 stroke motor with a capacity of 125 cc and then modified it into a 6 stroke motorbike with twice the duration of combustion. The observed local atmospheric conditions at a relative humidity of about 76% RH, and the ambient temperature and pressure were around 24 ° C and 101.32kPa, respectively. Implementation of data retrieval with crankshaft rotation at 600 rpm intervals from 2400 rpm to 7200 rpm, with a braking load of 5 - 10 kg. The 6 stroke MUB-2 motor shows 8% effective power, 7.8% torque, 1.4% combustion efficiency, 4.3% duty cycle, 2% thermal efficiency and 7% greater fuel efficiency than conventional 4 stroke engines. The fuel consumption rate of the MUB-2 6-stroke engine is 43.5% lower than that of the conventional 4-stroke engine. This means that the performance on the 6 stroke MUB-2 motorbike is higher than the conventional 4 stroke motorbike.*

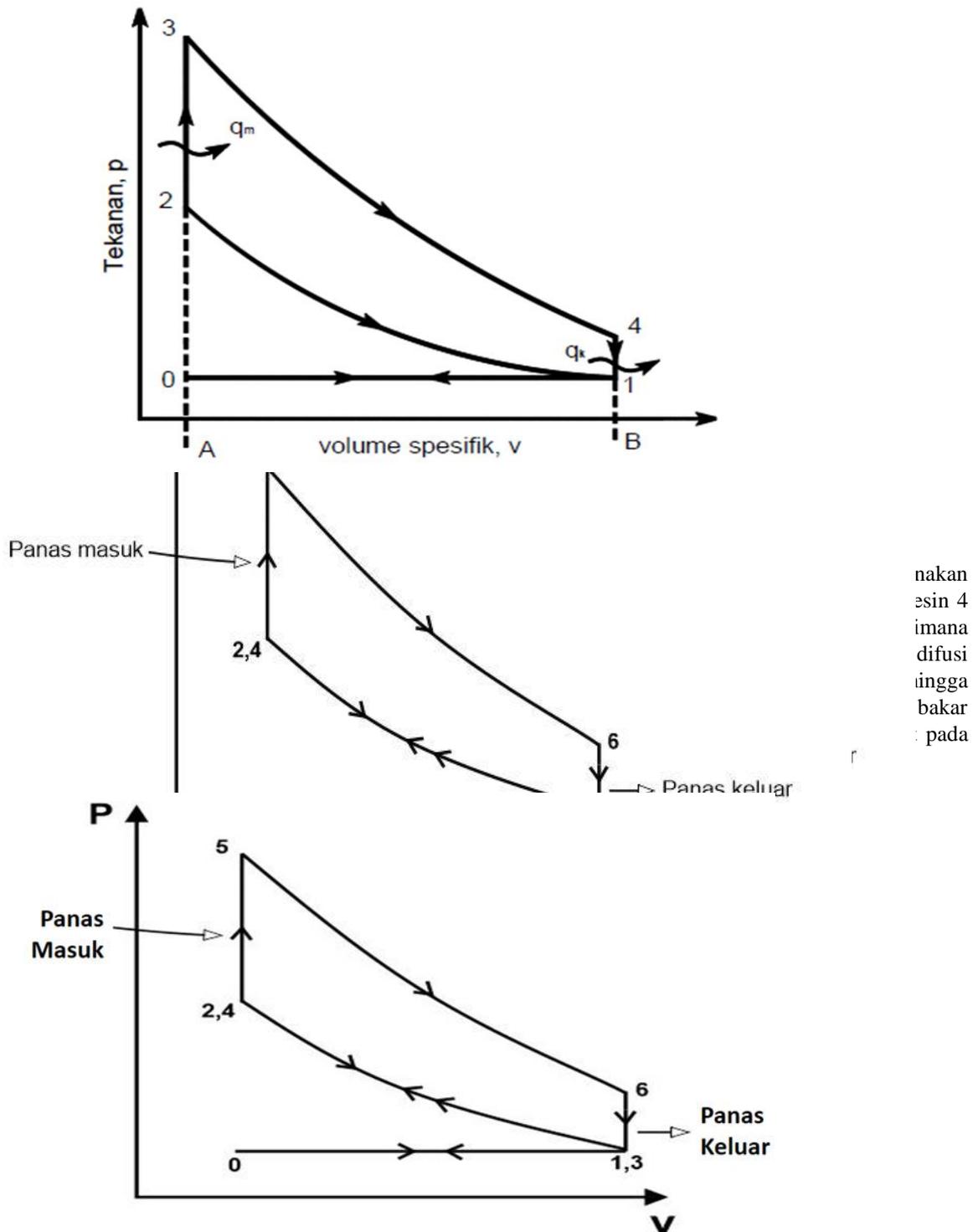
**Keywords:** Stroke, Combustible Species, Performance, Combustion, Fuel Consumption Rate.

### 1. PENDAHULUAN

Motor bakar bensin siklus otto 4 tak dengan berbagai macam kelebihan memiliki kekurangan, salah satunya adalah pada saat motor 4 tak disaat bekerja diatas 3000 rpm kesempatan mixing dan difusi antara bahan bakar dan udara adalah 0,01 detik, sehingga kesempatan mixing antara bahan bakar dan udara sangat minim mengakibatkan pembakaran di dalam ruang bakar tidak sempurna. Hal tersebut dapat dilihat dari tingginya nilai combustible spesies (HC, CO, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>). Pada tahun 2019 telah diteliti tentang nilai combustible spesies dari motor bensin 4 tak berbahan bakar bakar pertamax. Dari hasil uji emisi gas buang dengan menggunakan gas analyzer mendapatkan kadar karbon monoksida (CO) sebesar 5,30% dan mendapatkan kadar hidrokarbon (HC) sebesar 825,33 ppm. Kadar combustible spesies yang tinggi berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin, sehingga efisiensi dan dayanya akan menurun. [1]

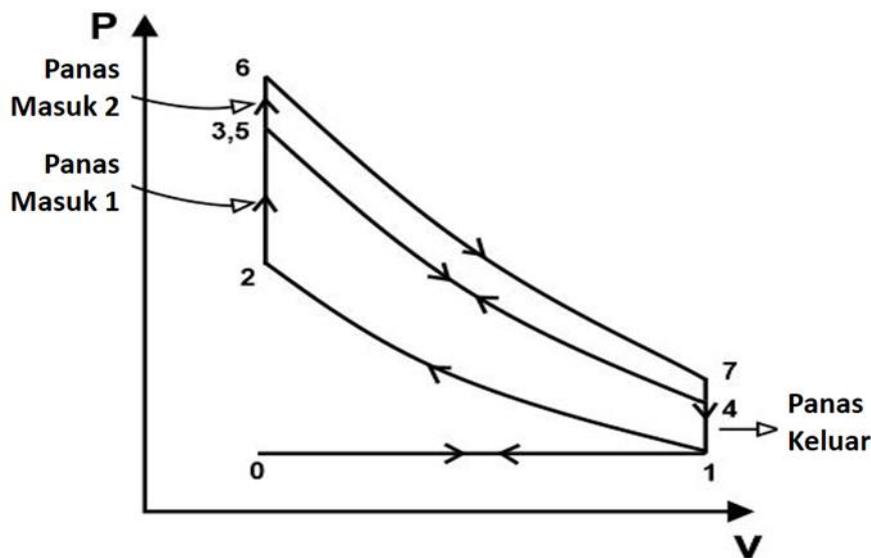
Motor 6 tak adalah salah satu solusi dari kekurangan dari motor 4 tak konvensional. Penelitian motor bakar 6 tak dengan memodifikasi motor bakar 4 tak buatan Honda 125 cc dimana terdapat penambahan 2 langkah yaitu 1 langkah ekspansi dan 1 langkah kompresi, serta secara otomatis menambah 1 durasi langkah pembakaran, Pada langkah buang yang seharusnya katup buang terbuka dan membuang sisa hasil pembakaran, pada motor 6 tak ini dikondisikan kedua katup tertutup, sehingga yang seharusnya langkah buang menjadi langkah kompresi mengkompresi sisa hasil pembakaran. Pada saat piston menuju titik mati atas (TMA) busi menyala dan membakar kembali sisa bahan bakar untuk dirubah menjadi langkah kerja yang bertujuan untuk meningkatkan performa mesin. Motor 6 tak yang dikembangkan di atas di kenal dengan motor 6 tak MUB-2. [2]

Motor bakar 4 tak otto atau yang sering disebut motor bensin adalah salah satu dari *internal combustion engine* dimana pada motor 4 tak piston akan bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), dimana setiap kali bergerak dari TMA ke TMB maupun dari TMB ke TMA terhitung satu kali langkah. Oleh karena itu pada motor bakar 4 tak setiap siklusnya terjadi empat kali gerakan torak dalam dua kali putaran poros engkol dan menghasilkan satu langkah kerja. Empat langkah pada motor bakar 4 tak siklus otto adalah langkah hisap, langkah kompresi, langkah ekspansi dan langkah buang. [3] Pada Gambar 1 diperlihatkan siklus otto 4 tak dengan pemasukan kalor volume konstan.



Gambar 2: Siklus 6 tak MUB-1

Motor 6 tak MUB-2 ini adalah motor bakar hasil modifikasi dari motor 4 tak bensin, dengan menambah 2 langkah kompresi dan kerja disertai dengan pembakaran kembali sisa-sisa bahan bakar yang belum terbakar sempurna untuk dirubah menjadi tenaga. Pada proses ini katup buang pada saat langkah buang yang seharusnya terbuka dikondisikan tertutup sehingga sisa-sisa bahan bakar terkompresi kembali. Pada saat piston bergerak sebelum akhir langkah kompresi busi membakar sisa-sisa pembakaran kembali dan merubahnya menjadi energy mekanik untuk melakukan ekspansi langkah kerja. Proses 4 langkah dirubah menjadi 6 langkah perlu beberapa modifikasi, yaitu mengubah *timing* perbandingan putaran poros *cranksaft* dan poros *comesaft*. Pada motor 4 tak, perbandingan putaran *cranksaft* dan *comesaft* adalah 2:1 dimana dua kali putaran poros *cranksaft* satu kali putaran poros *comesaft*. Pada motor 6 tak perbandingan putaran *cranksaft* dan *comesaft* adalah 3:1 dimana tiga kali putaran poros *cranksaft* satu kali putaran poros *comesaft*. [5]. Untuk lebih jelasnya tentang siklus 6 tak MUB-2 dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3:** Siklus 6 Tak MUB-2

Karburator adalah spare part pada motor bakar yang berfungsi untuk membuat campuran udara dan bahan bakar pada perbandingan campuran yang tepat ke ruang pembakaran. Pada Gambar 2.13 dijelaskan tentang prinsip dari penyemburan. Sebagai akibat dari derasnya tiupan angin di (a), suatu kondisi vakum (tekanan dibawah atmosfer) terjadi di (b). Perbedaan tekanan antara vacum dan atmosfer udara di (c) mengakibatkan semburan terjadi pada gasoline (b). Berdasarkan proses ini, maka semakin cepat aliran udara (a) mengakibatkan semakin besar vacum yang terjadi pada (b), dan semakin banyak gasoline yang disemprotkan / disemburkan [6].

Pertamax merupakan jenis bahan bakar bensin dengan angka oktan 92, memiliki rumus kimia  $C_{10}H_{24}$ . [7] Dimana pertamax ini dianjurkan digunakan untuk kendaraan bahan bakar bensin yang mempunyai perbandingan kompresi tinggi (9,1:1 sampai 10,0:1). Bensin dengan bilangan oktana tinggi mempunyai periode penundaan yang panjang Pertamax adalah bahan bakar yang memiliki angka oktan (RON) minimal 92,0 diperuntukkan untuk mesin kendaraan yang mempunyai rasio kompresi antara 9:1 s.d. 10:1. [8]

*Combustible species* adalah polutan dan gas sisa dari proses oksidasi atau pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar yang dikeluarkan melalui sistem ekshoust pada mesin, sedangkan definisi dari proses pembakaran adalah reaksi pembakaran atau oksidasi antara oksigen ( $O_2$ ) di udara dengan senyawa hidrokarbon (HC) yang terkandung pada bahan bakar untuk menghasilkan tenaga. Dalam reaksi pembakaran yang sempurna, sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbondioksida ( $CO_2$ ), uap air ( $H_2O$ ), Oksigen ( $O_2$ ) dan Nitrogen ( $N_2$ ). Secara aktual, proses pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa gas-gas polutan seperti karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogenoksida (NOx) dan partikulat [9].

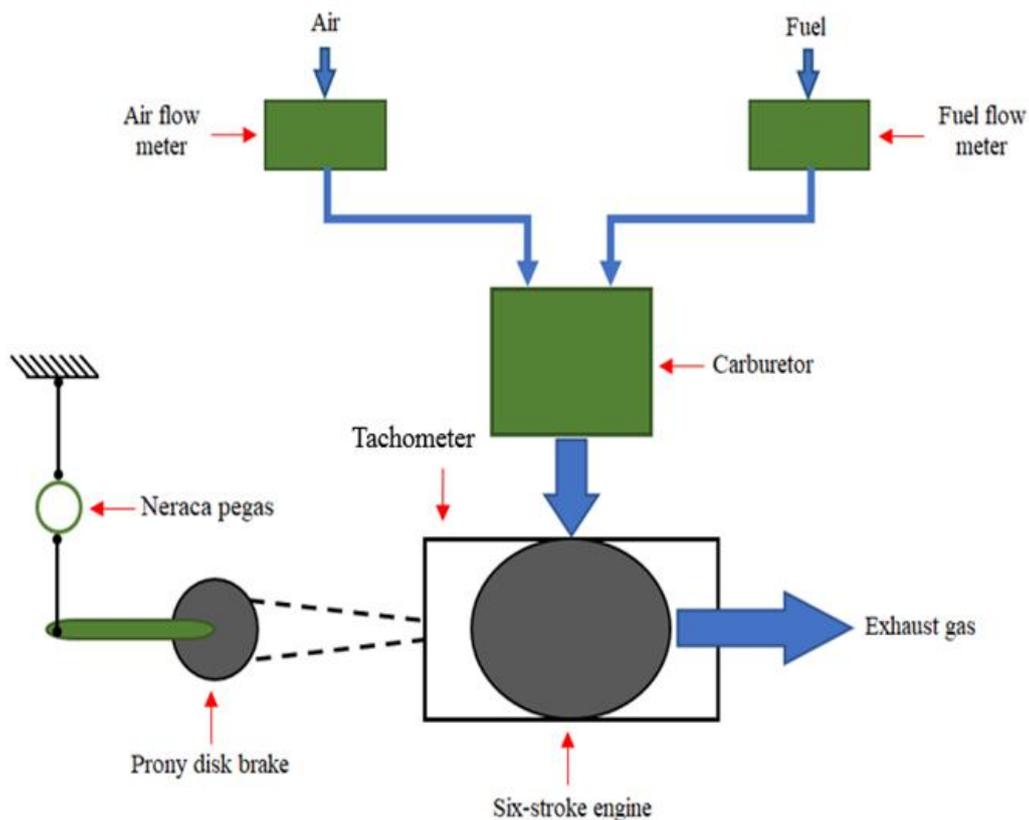
Kadar hidrokarbon yang tinggi pada emisi gas buang disebabkan campuran yang kaya, biasanya

terjadi pada rpm rendah. Pada rpm rendah, saat pengapian akan cenderung dimundurkan sehingga pembakaran terlambat menyebabkan ada sebagian bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna. Bentuk ruang bakar yang begitu rumit akan sulit dijangkau oleh api dari busi, menyebabkan sulitnya proses pembakaran. Bahan bakar yang tidak terbakar akan keluar bersama gas buang sehingga konsentrasi HC menjadi tinggi. Pembakaran tidak sempurna akan melepas HC yang tidak terbakar dan menghasilkan CO yang berbahaya bagi kesehatan. Kadar CO yang tinggi pada emisi gas buang disebabkan oleh campuran kaya, yang terjadi pada rpm rendah, karena pada rpm rendah [10]. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah jenis gas tidak berwarna dan tidak berbau terdiri dari atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan satu atom karbon. CO<sub>2</sub> berbentuk gas pada keadaan tertentu dan tekanan standar. Kadar karbondioksida yang tinggi menandakan hasil pembakaran yang sempurna [11].

## 2. METODE DAN BAHAN

Penelitian ini menggunakan sepeda motor jenis 4 tak karburator yang dimodifikasi menjadi sepeda motor 6 tak MUB-2 sistem karburator. Pengaturan modifikasi pada penelitian ini adalah dengan merubah perbandingan gigi *crankshaft* dan *camshaft* dimana pada motor 4 tak perbandingannya adalah 2:1 dimana 2 kali putaran *crankshaft* 1 kali putaran *camshaft*. Untuk motor 6 tak perbandingannya dirubah menjadi 3:1.

### 2.1 Instalasi Penelitian



**Gambar 4:** Instalasi penelitian

Pada Gambar 4 dipaparkan tentang instalasi dari penelitian ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental langsung. Dimana pengujian dilaksanakan dengan menggunakan dua variable bebas yaitu beban pengereman 5 – 10 kg pada neraca pegas dan putaran poros engkol dengan interval 600 rpm dari 2400 rpm – 7200 rpm dengan menggunakan tachometer. Untuk mengetahui laju konsumsi bahan bakar penelitian ini menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*, dimana menghitung waktu pada konsumsi bahan bakar setiap 10 ml. Untuk menguji kadar *combustible species* penelitian ini menggunakan *gas analyser*. Dari variable diatas maka penelitian ini menentukan variable terikat berupa torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, kerja siklus, efisiensi bahan bakar dan efisiensi pembakaran. Untuk spesifikasi motor bakar yang digunakan adalah menggunakan motor bakar 4 tak konvensional yang dimodifikasi menjadi motor bakar 6 tak MUB-2 seperti terlihat pada pada Gambar 5.



Spesifikasi Motor bakar 6 tak  
 Silinder : 1  
 Cc : 125  
 Bore (mm) : 56  
 r : 9,3

Gambar 5: Motor bakar 6 tak MUB-2

### 2.2 Perhitungan Torsi, Daya dan Konsumsi Bahan Bakar

Untuk menghitung besarnya torsi dan daya efektif maka yang diperlukan adalah torsi dari poros engkol dimana torsi poros engkol di dapatkan dari besarnya daya efektif ( $N_e$ ) dimana persamaan daya efektif dapat dicari dengan menggunakan persamaan (1).

$$N_e = \frac{W \cdot L \cdot g \cdot 2\pi \cdot rpm}{60.000} \quad (1)$$

Dimana  $W$  adalah beban pengereman (kg),  $L$  adalah panjang lengan beban torsi (m),  $g$  adalah percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ),  $rpm$  adalah putaran mesin.[12] Untuk mencari besarnya torsi maka menggunakan persamaan (2).

$$\tau = \frac{N_e \cdot 60.000}{2\pi \cdot rpm} \quad (2)$$

Dimana  $\tau$  adalah torsi (Nm),  $N_e$  adalah daya efektif (HP), dan  $rpm$  adalah putaran poros engkol. [12] Laju konsumsi bahan bakar didapatkan dari pengukuran volume bahan bakar dengan kapasitas 10 ml dengan waktu konsumsinya., seperti pada persamaan (3).

$$FC = \left(\frac{b}{t}\right) \cdot \rho \cdot 3600 \quad (3)$$

Dimana  $FC$  adalah konsumsi bahan bakar (kg/jam),  $b$  adalah volume bahan bakar (ml),  $t$  adalah waktu konsumsi bahan bakar (s) dan  $\rho$  adalah massa jenis bahan bakar ( $\text{kg/m}^3$ ) dimana massa jenis bahan bakar pertamax adalah  $0,745 \times 10^{-3} \text{ kg/ml}$ . [13]

### 2.3 Perhitungan Kerja Siklus, Efisiensi Thermal, Efisiensi Pembakaran dan Efisiensi Bahan Bakar

Untuk menghitung besarnya kerja siklus, efisiensi thermal, efisiensi pembakaran dan efisiensi bahan bakar maka pertama tama kita harus mencari rerata *combustible species* hasil pengujian dengan *gas analyser* yang dicantumkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pengujian untuk mencari perbandingan performa motor bakar 4 tak karburator dan motor bakar 6 tak MUB-2 menggunakan beberapa kondisi awal dan beberapa asumsi yang dicantumkan pada Tabel 3.

Tabel 1: Rerata *combustible species*

Motor Bakar	CO (% vol)	HC (ppm vol)	H2 (% vol)
4 tak karburator	0,89	73,67 = 0,01 (%vol)	0,39
6 tak karburator	0,7	52 = 0,0072 (%vol)	0,35

**Tabel 2 :** Besarnya heating value QHV

Senyawa	QHV
CO	282802 kJ/kmol
HC	572023 kJ/kmol
H <sub>2</sub>	240000 kJ/kmol
C <sub>10</sub> H <sub>24</sub>	44791 kJ/kg = 6450327 kJ/kmol

**Tabel 3:** Kondisi awal operasi

Tekanan Awal, P <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	101,3
Temperatur awal , T <sub>0</sub> (K)	300
<i>Specific gas constan</i> , R (kJ/kg K)	0,284
<i>Specific heat</i> volume konstan,cv (kJ/kg K)	0,946
<i>Specific heat</i> tekanan konstan,cp (kJ/kg K)	1,23
Rasio kalor spesifik, γ	1,3
Rerata masa udara persiklus, m <sub>a</sub>	0,0001471 kg = 0,000000068 kmol
Rerata masa bahan bakar persiklus, m <sub>f</sub> (kg)	0,00000961 kg = 0,000000066 kmol
<i>Air Fuel Ratio</i> (AFR)	15,3

Untuk menghitung kerja siklus dan efisiensi maka perlu ana termodinamika siklus otto dan siklus MUB-2 dapat dilihat pada persamaan (4).

$$W_{net} = Q_{in} - Q_{out} \tag{4}$$

Dimana W<sub>net</sub> adalah kerja siklus (kJ), Q<sub>in</sub> adalah panas yang masuk system (kJ) dan Q<sub>out</sub> adalah panas yang keluar system. [14] Untuk menghitung besarnya efisiensi thermal diperlukan rumus seperti pada persamaan (5).

$$\eta_t = \left[ \frac{Q_{out} - Q_{in}}{Q_{in}} \right] \times 100\% \tag{5}$$

Dimana η<sub>t</sub> adalah efisiensi thermal.[15]Untuk mengetahui besarnya efisiensi pembakaran yang terjadi pada siklus motor bakar maka perlu perhitungan dengan menggunakan persamaan (6).

$$\eta_c = \frac{Q_{in}}{m \cdot QHV} \tag{6}$$

Dimana η<sub>c</sub> adalah efisiensi pembakaran, m adalah masa dari bahan bakar (kg) dan QHV adalah *heating value* pada bahan bakar (kJ/kg). [16] Untuk mengetahui seberapa efisiensi penggunaan bahan bakar maka harus menghitung efisiensi bahan bakar yang dapat dilihat pada persamaan (7).

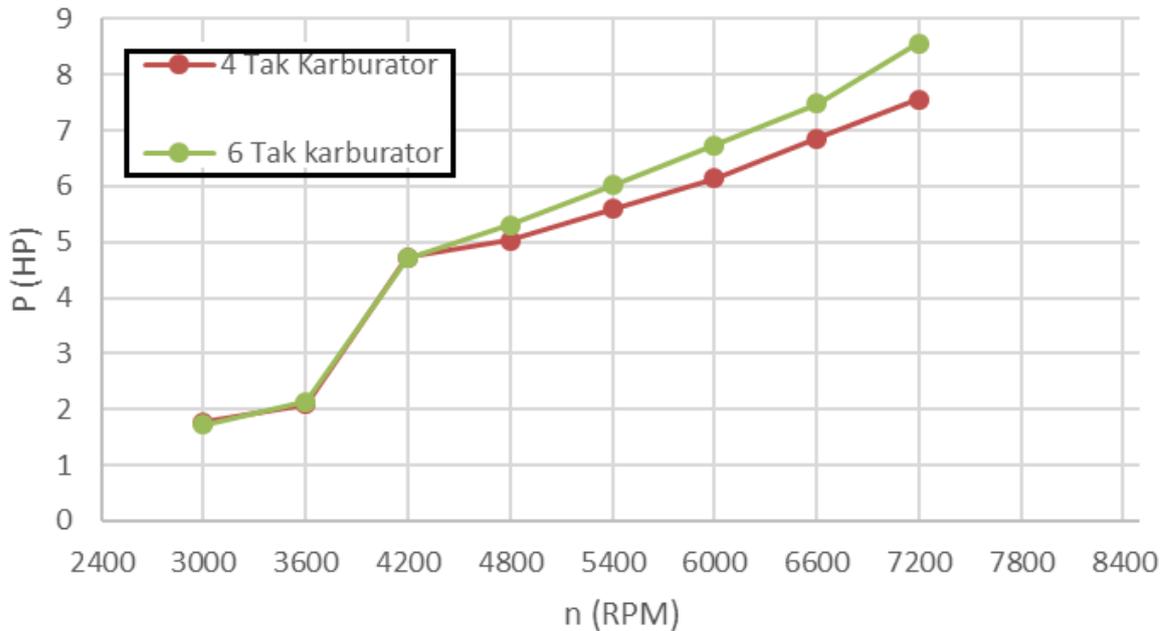
$$\eta_f = \frac{W_{net}}{m \cdot QHV} \tag{7}$$

Dimana η<sub>f</sub> adalah efisiensi bahan bakar dan W<sub>net</sub> adalah kerja siklus (kJ) [16].

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Hubungan Putaran Mesin dengan Daya Efektif

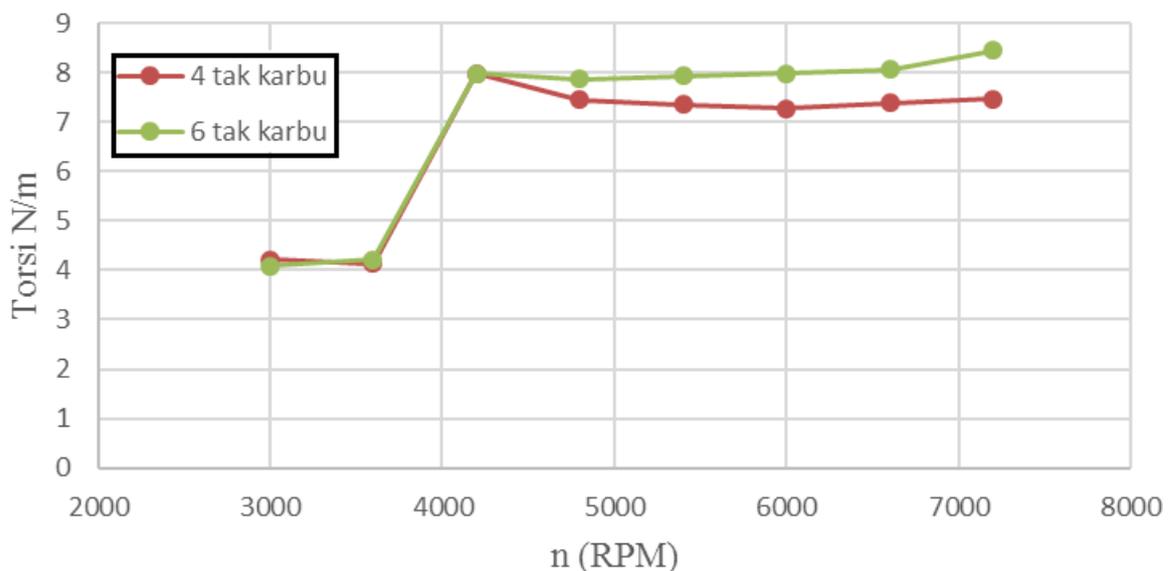
Gambar 6 menunjukkan hubungan antara putaran poros engkol dengan daya efektif. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin tinggi daya yang dihasilkan. Hal ini di sebabkan karena faktor rpm, dimana semakin tinggi rpm maka daya yang dihasilkan semakin tinggi. Dari hasil analisa grafik pada Gambar 6 dapat dianalisa bahwa daya efektif dari motor bakar 4 tak karburator dan motor bakar 6 tak MUB-2 memperlihatkan ada peningkatan daya efektif pada motor bakar 6 tak MUB-2 sebesar 8%. Hal ini di sebabkan karena pada motor bakar 6 tak MUB-2 memiliki langkah yang lebih daripada motor 4 tak.



Gambar 6 : Grafik hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif

### 3.2 Hubungan Putaran Mesin dengan Torsi

Pada Gambar 7 terlihat bahwa grafik hubungan antara putaran mesin dengan torsi, dimana semakin tinggi putaran poros engkol maka torsi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh daya efektif pada mesin, semakin tinggi daya yang dihasilkan, torsi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Dari hasil perhitungan torsi yang dipaparkan pada gambar 5.2 dapat dilihat bahwa pada perbandingan torsi pada motor bakar 4 tak karburator dengan motor bakar 6 tak MUB-2 menunjukkan motor bakar 6 tak MUB-2 memiliki torsi 7,3% lebih besar daripada motor bakar 4 tak karburator.

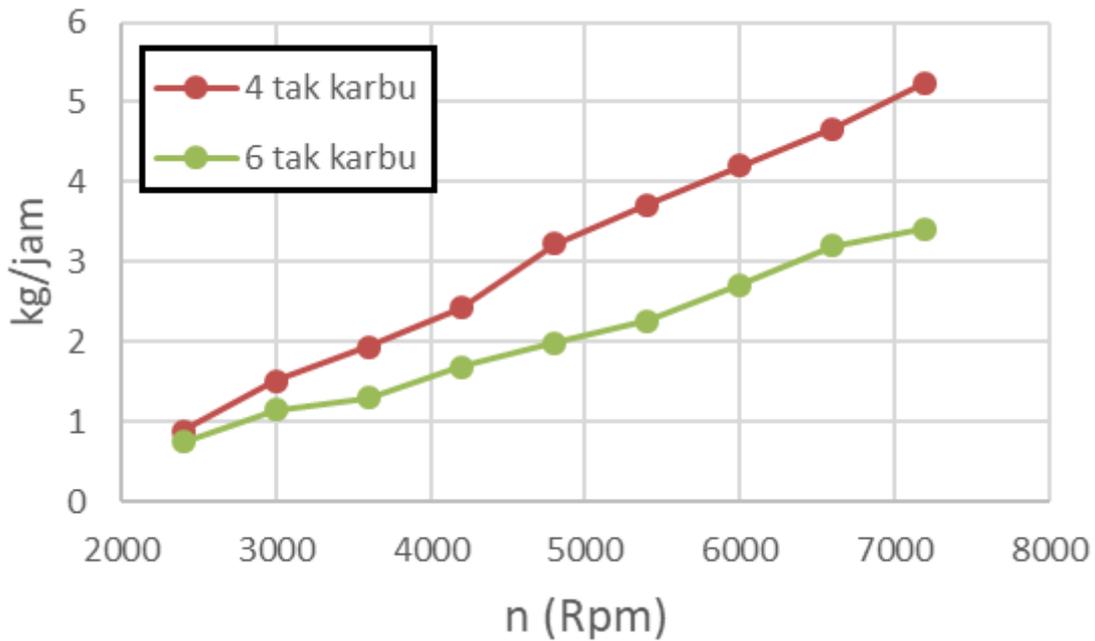


Gambar 7: Grafik hubungan antara putaran mesin dengan torsi.

### 3.3 Hubungan Antara Putaran Mesin dan Konsumsi Bahan Bakar

Pada Gambar 8 terlihat grafik hubungan putaran poros engkol dengan laju konsumsi bahan bakar, terlihat bahwa pada putaran tinggi laju konsumsi bahan bakar semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan karena pada sistem konvensional atau karburator pada saat bukaan trotoel semakin besar karena tarikan dari gas, maka bahan bakar yang digunakan akan semakin banyak. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa perbandingan antara laju konsumsi bahan bakar motor bakar 4 tak karburator dengan motor bakar 6 tak MUB-2 bahwa laju

konsumsi bahan bakar motor bakar 6 tak MUB-2 lebih kecil 43,5% dibanding dengan motor bakar 4 tak karburator. Pada motor bakar 6 tak MUB-2 di saat pembakaran yang kedua menggunakan sisa combustible species yang belum terbakar sempurna untuk dirubah menjadi energi kembali untuk mengekspansi piston.



Gambar 8: Grafik hubungan antara putaran mesin dengan laju konsumsi bahan bakar.

### 3.4 Hasil Perhitungan Kerja Siklus, Efisiensi Thermal, Efisiensi Pembakaran dan Efisiensi Bahan Bakar

Dari hasil perhitungan siklus termodinamika dengan menggunakan persamaan (4), persamaan (5), persamaan (6) dan persamaan (7) diperoleh hasil seperti yang dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel 4 di atas dapat dilihat bahwa motor bakar 6 tak MUB-2 memiliki nilai kerja dan efisiensi yang lebih daripada motor bakar bensin 4 tak karburator. Untuk besarnya efisiensi pembakaran motor bakar 6 tak MUB-2 lebih besar 3 % daripada motor bakar 4 tak karburator. Hal tersebut diakibatkan karena nilai *combustible species* (CO, HC dan H<sub>2</sub>) dari motor bakar 6 tak MUB-2 jauh lebih kecil daripada motor bakar 4 tak karburator. Semakin rendah kadar *combustible species* (CO, HC dan H<sub>2</sub>) maka semakin besar efisiensi pembakaran yang terjadi pada siklus. Besarnya kerja siklus pada motor bakar 6 tak MUB-2 lebih besar 5,5% dibanding dengan motor bakar 4 tak karburator. Hal tersebut terjadi karena ada penambahan luasan atau area pada siklus, dengan penambahan langkah kerja sekaligus penambahan durasi pembakaran maka luasan area pada motor bakar 6 tak lebih besar dari pada motor bakar 4 tak.

Tabel 4: Hasil perhitungan

Parameter	Motor bakar 4 tak karburator	Motor bakar 6 tak MUB-2
$\eta_c$	0,9	0,93
Wnet	0,21 kJ	0,222 kJ
$\eta_{th}$	0,48	0,49
$\eta_f$	0,438	0,474

Untuk besaran dari efisiensi thermal, besaran nilai dari motor bakar 6 tak MUB-2 dan motor bakar 4 tak karburator tidak jauh berbeda, hanya pada motor bakar 6 tak MUB-2 lebih besar 2% diatas motor bakar 4 tak karburator. Besarnya efisiensi bahan bakar, motor bakar 6 tak MUB-2 jauh lebih besar daripada motor bakar 4 tak karburator. Motor bakar 6 tak MUB-2 memiliki efisiensi bahan bakar 7,6% lebih besar daripada motor bakar 4 tak karburator. Hal tersebut terjadi karena efisiensi bahan bakar sangat terpengaruh oleh besarnya kerja siklus, semakin besar kerja siklusnya maka akan semakin besar efisiensi bahan bakarnya.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan, studi komparasi performa motor bakar 4 tak karburator dan motor bakar 6 tak MUB-2 karburator berbahan bakar pertmax dapat disimpulkan bahwa performa motor bakar 6 tak MUB-2 lebih besar daripada motor bakar 4 tak karburator. Hal ini dapat dilihat dari besarnya daya efektif mengalami peningkatan sebanyak 8%, untuk besarnya torsi mengalami peningkatan sebesar 7,8%. Untuk besarnya laju konsumsi bahan bakar mengalami penurunan sebesar 43,5% , besarnya efisiesnsi pembakaran motor bakar 6 tak MUB-2 mengalami kenaikan 3%, kerja siklus 5,5% , efisieansi thermal 2 % dan efisiensi bahan bakar sebesar 7,6%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] MULYATNA., YONIK, L., YUSTIANI, M., AHMAD, M., SIDIK, M., "Uji efektivitas ionizer bbm terhadap penurunan emisi gas karbon monoksida dan hidrokarbon pada mobil dengan sistem karburator", *Infomatek*, v. 21, n. 1 , pp. 61 – 68, Juni 2019
- [2] SISWANTO, E., WIDHIYANURIYAWAN, D., WIDODO, A.S., HAMIDI, N., DARMADI, D.B., SUDJITO, S. "On the performance of six-stroke single-power combustion engine". *Journal of Heat and Mass Transfer* 14:201-218.2017.
- [3] KURNIAWAN, R., "Analisis pengaruh penggunaan injector terhadap unjuk kerja honda Beat FT", *Jurnal Teknik Mesin*, v. 5, n. 2, 2018
- [4] SISWANTO, E. SISWANTO, A. WIDODO, N. HAMIDY, D. NURIYAWAN, F.. RAUSAN, G. FIKRI. "Effect of venturi diameter of carburetor on performance of six-stroke 125 cc combustion engine", *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology* , v. 3, n. 02, pp. 16-22, July 2016
- [5] MISRU, R., SISWANTO, E., WIJAYANTI, W., "Pengaruh derajat pengapian terhadap kinerja motor bakar 6 langkah berbahan bakar etanol", *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 10, n. 3, pp. 299-308, 2019
- [6] Modul pengembangan keprofesian berkelanjutan PPPPTK BOE ,2018. Kode MDL-OTO.SM02.007.01
- [7] REYNALDY. "Studi experimental pengaruh variasi penggunaan jenis bahan bakar pada emisi gas buang generator dengan beban 500, 1050, 2000 Watt", *Jurnal Teknik Mesin*, v.3, n. 2, 2016
- [8] WIRAWAN, T. SUSILO. ANUGRAH, IKRAM. SURYANTO, MULYADI, MUSARDY, "Analisis bahan bakar bensin terhadap performansi dan nilai ekonomi motor bensin Cm 11", *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2018* (pp.12-17) 978-602-60766-4-9
- [9] ARTIKA, D., RUDIANSYAH, K., "Pengaruh penggunaan bahan bakar premium danpertilite terhadap emisi gas buang sepeda motor empat tak satu silinder 108 cc", *Jurnal Elemen*, v. 4, n. 2, Desember 2017
- [10] MUZIANSYAH, D., SULISTYORINI, R., SYUKUR, S., "Model emisi gas buangan kendaraan bermotor akibat aktivitas transportasi (Studi kasus: Terminal pasar bawah ramayana kota Bandar)", *JRSDD*, v. 3, n. 1, pp. 57 – 70, 2016
- [11] ISMAIL, YUNITA. D NURWIDYAWATI, ANGGI. D RAHAYU, ATIKA. "Estimation of vehicles carbondioxide (CO<sub>2</sub>) cmission", *Journal of Industrial Engineering, Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*, v. 4, n.2, pp. 94-99, 2019
- [12] AKBAR, K., RUSLAN, F., LESMANA, W.E., I GEDE. "Analisis performa mesin menggunakan bahan bakar pertamax, pertamax turbo, shell super, dan shell v-power terhadap daya dan torsi pada Yamaha Nmax 155cc" Seminar Nasional Pakar ke 2 Tahun 2019 Buku 1 : Sains dan Teknologi. ISSN (P) : 2615 - 2584
- [13] GUNAWAN, C., SISWANTO, E., YULIATI, L., "Pengaruh penambahan langkah kerja terhadap unjuk kerja motor bakar", *Rekayasa Mesin*, v. 10, n. 3, pp. 209-216, 2019.
- [14] HE, D., ZHIPENG, D., YAN, L., WANG, C., HE, B., "Discussions of gas power cycle performance analysis method in the course of engineering thermodynamics" *See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/335713737>*. All content following this page was uploaded by Di He on 17 September 2019.
- [15] FERGUSON, R., COLLIN, T., KIRKPATRICK, A. "Internal Combustion Engines Applied Thermosciences". Mechanical Engineering Department. Colorado State University, USA. 2016
- [16] KRISTANTO, P., Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya), Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2015