

Comparative Study of Combustible Species for 4-stroke Otto Cycle Combustion Motor and 6-stroke MUB-2 Cycle Combustion Motor with Fuel Pertamax

Studi Komparasi Kadar *Combustible Species* Motor Bakar 4 tak Siklus Otto dan Motor Bakar 6 tak Siklus MUB-2 Berbahanbakar Pertamax

Dedi Nurdiansyah¹, Sudjito Soeparman², Eko Siswanto³
{dedymutiabondan@gmail.com¹, sudjitospn@ub.ac.id²,eko_s112@ub.ac.id³}

Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang^{1,2,3}

Abstract. *This paper describes the ratio of levels of combustible species (CO, HC, CO₂ and lambda) of a four-cycle otto motor with a six-stroke MUB-2 motor with additional combustion duration and two working steps. 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. The implementation of data retrieval with crankshaft rotation at intervals of 600 rpm from 2400 rpm to 7200 rpm. Using an analyser gas, the MUB-2 six-stroke engine showed 12.36% CO levels, 27.30% HC levels, 30.8 CO₂ levels % and 1.7% lower lambda than conventional four-stroke engines. This means that in the 6 stroke MUB-2 motor, the combustion process of the air and fuel mixture is more perfect than the conventional 4 stroke motor.*

Keywords - stroke; combustible species; combustion

Abstrak. *Makalah ini memaparkan tentang perbandingan kadar combustible species (CO,HC,CO₂ dan lambda) motor empat tak siklus otto dengan motor bakar enam tak siklus MUB-2 dengan tambahan durasi pembakaran dan dua langkah kerja. Peningkatan durasi pembakaran bertujuan untuk membakar kembali combustible species yang belum terbakar sempurna pada pembakaran pertama. Penelitian ini menggunakan motor 4 tak berkapasitas 125 cc kemudian dimodifikasi menjadi motor 6 tak dengan dua kali durasi pembakaran. Pengamatan kondisi atmosfer lokal pada kelembaban relatif sekitar 76% rH, dan suhu dan tekanan sekitar masing-masing sekitar 24 ° C dan 101.32kPa. Pelaksanaan pengambilan data dengan putaran poros engkol dengan interval 600 rpm dari putaran 2400 rpm sampai dengan 7200 rpm.menggunakan gas analyser, mesin enam tak MUB-2 menunjukkan kadar CO 12,36%, kadar HC 27,30%, kadar CO₂ 30,8% dan lambda 1,7% lebih rendah daripada mesin empat tak konvensional. Artinya, pada motor 6 tak MUB-2 proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar lebih sempurna daripada motor bakar 4 tak konvensional.*

Kata Kunci - langkah; combustible species; pembakaran

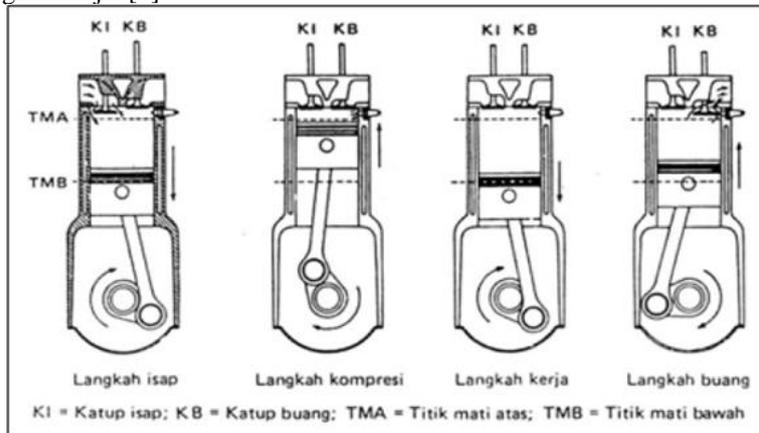
I. PENDAHULUAN

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, CO₂ dan lambda). Pada tahun 2019 telah diteliti tentang nilai combustible species dari motor bensin 4 tak berbahan bakar bakar pertamax. Dari hasil uji emisi gas buang dengan menggunakan *gas analyzer* mendapatkan kadar CO (karbon monoksida) sebesar 5,30% dan mendapatkan kadar HC (Hidro Karbon) sebesar 825,33 ppm. Kadar *combustible spesies* yang tinggi berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin, sehingga efisiensi dan dayanya akan menurun. [1]

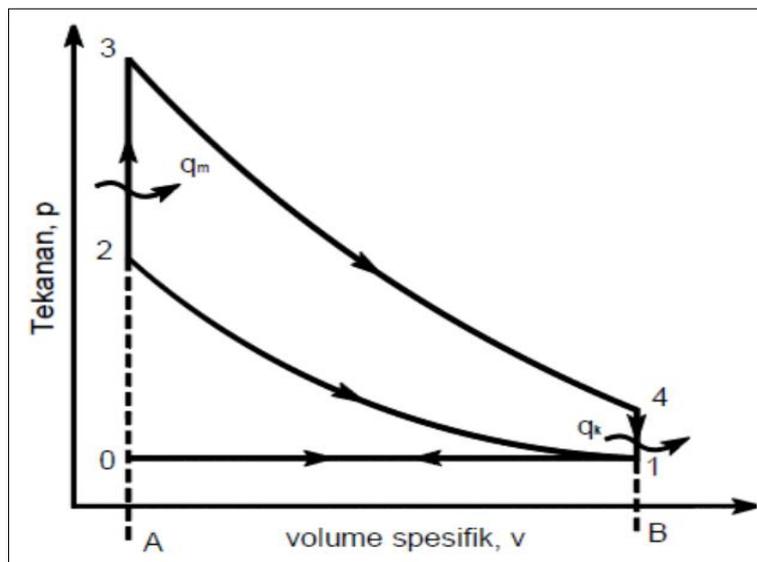
Siswanto at al (2017) melakukan penelitian motor bakar 6 tak dengan memodifikasi motor bakar 4 tak buatan Honda 125 cc dimana terdapat penambahan 2 langkah yaitu 1 langkah ekspansi dan 1 langkah kompresi, serta secara otomatis menambah 1 durasi langkah pembakaran, Pada langkah buang yang seharusnya katup 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 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 Siklus Otto

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. [3]



Gambar 1 Skema langkah kerja motor bensin 4 tak



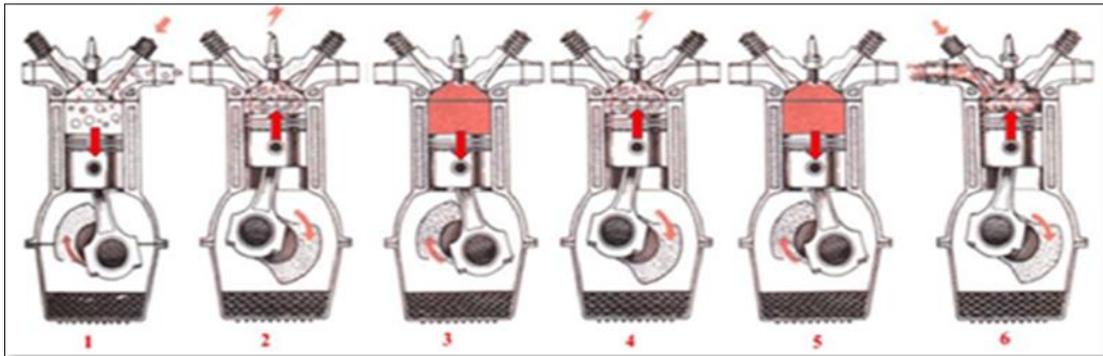
Gambar 2 Skema siklus otto ideal

1. Proses 0 – 1 : Langkah isap/pengisian secara isobaric (tekanan=konstan)
2. Proses 1 – 2 : Langkah kompresi/tekan secara isentropic (entropi=konstan)
3. Proses 2 – 3 : Proses pemasukan kalor secara isokhorik (volume=konstan)
4. Proses 3 – 4 : Langkah kerja/ekspansi secara isentropic (entropi=konstan)
5. Proses 4 – 1 : Proses pelepasan kalor secara isokhorik (volume=konstan)
6. Proses 1 – 0 : Langkah buang/ kompresi isobarik (tekanan=konstan)

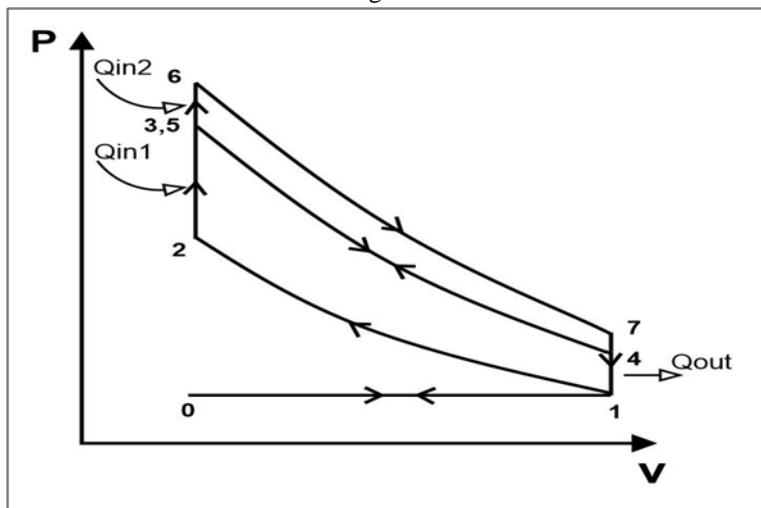
Motor Bakar 6 Tak Siklus MUB-2

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 camshaft dan poros cranksaft. Pada motor 4 tak, perbandingan putaran cranksaft dan camshaft 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. [4]



Gambar 3 Mekanisme langkah Motor bakar 6 tak MUB-2



Gambar 4 Skema Siklus idela Motor bakar 6 tak MUB-2

1. (0-1) = Langkah hisap (isobarik)
2. (1-2) = Langkah kompresi 1 (isentropik)
3. (2-3) = Pemasukan kalor I/Q_{in 1} (isokhorik)
4. (3-4) = Langkah ekspansi 1 (isentropik)
5. (4-5) = Langkah kompresi 2 (isentropik)
6. (5-6) = Pemasukan kalor 2/Q_{in 2} (isokhorik)
7. (6-7) = Langkah ekspansi 2 (isentropik)
8. (7-1) = Pelepasan kalor/Q_{out} (isokhorik)
9. (1-0) = Langkah buang (isobarik)

Karburator

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 vacum (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. [5]

Pertamax

Pertamax merupakan jenis bahan bakar dengan angka oktan 92. Pertamax 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. Pertamina diproduksi oleh Pertamina sesuai dengan keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 3674/K24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 tentang spesifikasi Bahan Bakar Minyak jenis bensin 92.[6]

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah polutan dan gas sisa dari proses oksidasi atau pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar yang dikeluarkan melalui sistem exhaust pada mesin, sedangkan definisi dari proses pembakaran adalah reaksi pembakaran atau oksidasi antara oksigen (O₂) 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 (CO₂), uap air (H₂O), Oksigen (O₂) dan Nitrogen (N₂). 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 (NO_x) dan partikulat.[7]

Negara Republik Indonesia memiliki aturan yang mengatur tentang pengendalian dan batas emisi gas buang pada kendaraan bermotor. Peraturan tersebut tercantum pada peraturan perundang undangan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.23 Tahun 2012 tentang Baku Mutu emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru kategori L3.[8]

Tabel 1 Batas Emisi Gasbuang Kendaraan Bermotor KepMen LH No 23 Th 2012

No	Kategori	Parameter	Nilai Ambang Batas (g/km)	Metode Uji
1.	L3 < 150 cm ³	CO	2,0	ECE R 40
		HC	0,8	UDC mode
		NO _x	0,15	(Cold start)
2.	L3 ≥ 150 cm ³	CO	2,0	ECE R 40
		HC	0,3	UDC mode
		NO _x	0,15	(Cold start)

Combustible Species

1. Hidrocarbon (HC)

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. [9].

2. Karbonmonoksida (CO)

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, pengapian cenderung dimundurkan sehingga pembakaran terlambat yang menyebabkan sebagian unsur C dan O tidak berubah menjadi CO₂. Rendahnya temperatur pembakaran juga mempengaruhi terbentuknya gas CO, karena suhu yang dibutuhkan untuk membentuk CO₂ lebih besar dari pada pembentukan CO yang menyebabkan emisi mengandung kadar CO yang tinggi. [9]

3. Karbondioksida (CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) adalah jenis gas tidak berwarna dan tidak berbau terdiri dari atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan satu atom karbon. CO₂ berbentuk gas pada keadaan tertentu dan tekanan standar. Kandungan CO₂ di atmosfer bervariasi antara 0,03% (300 ppm) bergantung pada lokasi dimana gas CO₂ tersebut dihasilkan. Gas karbon dioksida hasil pembakaran ini adalah gas yang menjadi polutan yang menyebabkan pemanasan global di bumi [10]

4. Lambda (λ)

Lambda (λ) adalah persen udara berlebih, Hal tersebut dipengaruhi dari lingkungan maupun bentuk konstruksi dari sparepart pembakaran. Untuk mengantisipasi permasalahan ini dengan mendisplay udara berlebih, dari ini muncul istilah lain dari udara teoritis. Secara teoritis dapat diartikan bahwa nilai lambda jika lambda = 1 merupakan campuran ideal, pada kondisi actual sama dengan yang tersebut sesuai dengan teori stoikiometri. Lambda > 1, merupakan campuran kurus, disebabkan karena jumlah presentase udara lebih banyak daripada bahan bakar. Lambda < 1, merupakan campuran gemuk, disebabkan karena jumlah prosentase udara lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar. [10]

II. METODE

Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah putaran poros engkol dengan interval 600 rpm dari putaran 2400 rpm sampai dengan 7200 rpm.

Variabel Terikat

variabel yang terikat dalam penelitian ini adalah emisi gas buang.

Variabel Terkontrol

Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah :

1. Pengujian menggunakan karburator
2. Pengujian menggunakan sepeda motor 125 cc 4-tak dimodifikasi menjadi 6-tak.
3. Bahan bakar menggunakan pertamax .

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada periode Februari 2021 – selesai. Laboratorium Otomotif BBPMPV BOE(VEDC) Malang .

Alat dan Bahan Penelitian

1. Prototype Motor Bakar 6 tak
2. Tachometer jonnesway Timing Light Advance Digital
3. Fan
4. Gas analyzer Technotest Mode 488
5. Pertamax

III. Hasil dan Pembahasan

Pengujian yang dilaksanakan memiliki tujuan untuk membandingkan kadar *combustible species* pada motor bakar 4 tak siklus otto dan motor bakar 6 tak siklus MUB-2 sehingga dapat menyimpulkan mekanisme motor 6 tak MUB-2 dapat bekerja dengan efektif untuk merubah *combustible species* yang tidak terbakar sempurna menjadi tenaga untuk mengekspansi kembali piston.

Pengujian Combustible Species Motor 4 tak Siklus Otto

Tabel 2 Hasil uji *combustible species* motor 4 tak konvensional

No	RPM	CO (% vol)	HC (ppm vol)	CO2 (% vol)	λ
1.	2400	0.44	105	0.9	0.890
2.	3000	0.90	107	1.7	0.852
3.	3600	1.00	91	2.4	0.861
4.	4200	1.17	88	2.0	0.841
5.	4800	1.02	72	2.0	0.865
6.	5400	1.00	63	2.4	0.884
7.	6000	0.79	55	3.2	0.922
8.	6600	0.80	44	3.1	0.921
9.	7200	0.89	38	3.6	0.925

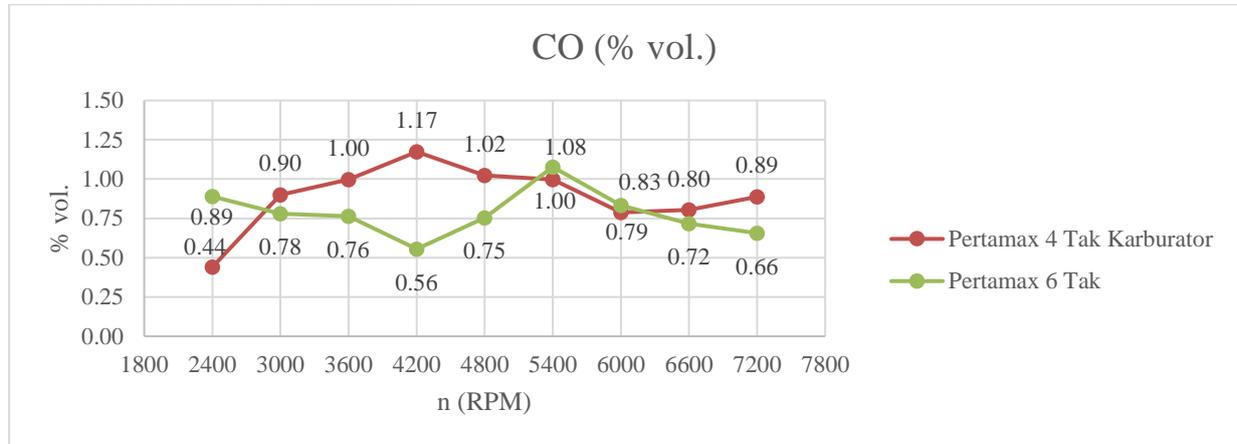
Pengujian Combustible Species Motor 6 tak Siklus MUB-2

Tabel 3 Hasil uji *combustible species* motor 6 tak MUB-2

No	RPM	CO (% vol)	HC (ppm vol)	CO2 (%vol)	λ
1.	2400	0.89	91	1.5	0.853
2.	3000	0.87	83	1.8	0.860
3.	3600	0.76	67	1.5	0.862
4.	4200	0.56	56	0.5	0.828
5.	4800	0.75	49	1.8	0.899
6.	5400	1.08	41	1.4	0.821
7.	6000	0.83	39	1.9	0.916
8.	6600	0.72	30	2.1	0.902

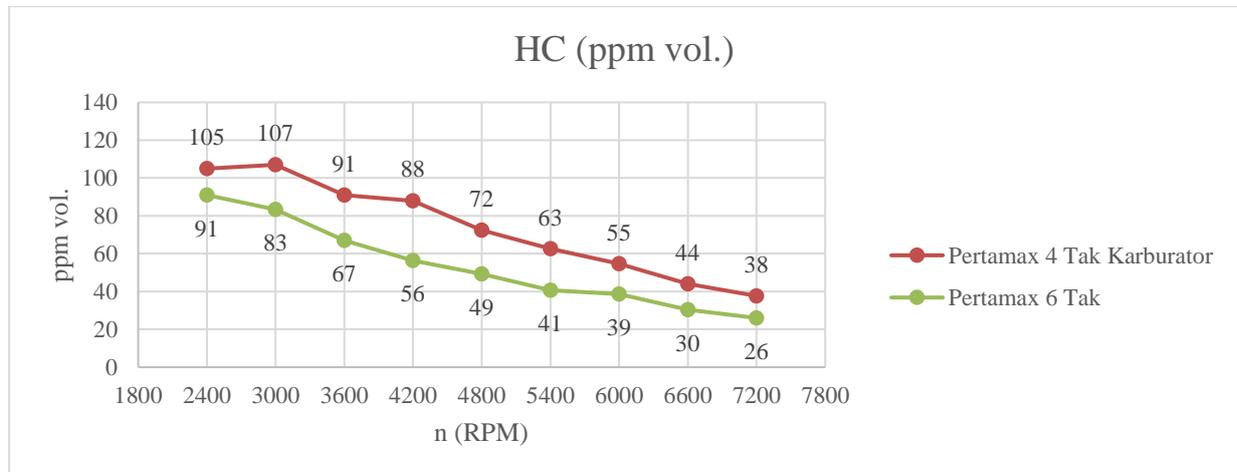
9. 7200 0.66 26 2.3 0.924

Dari data hasil pengujian di atas maka dibuat grafik perbandingan kadar combustible species pada motor 4 tak konvensional dan motor 6 tak MUB-2.



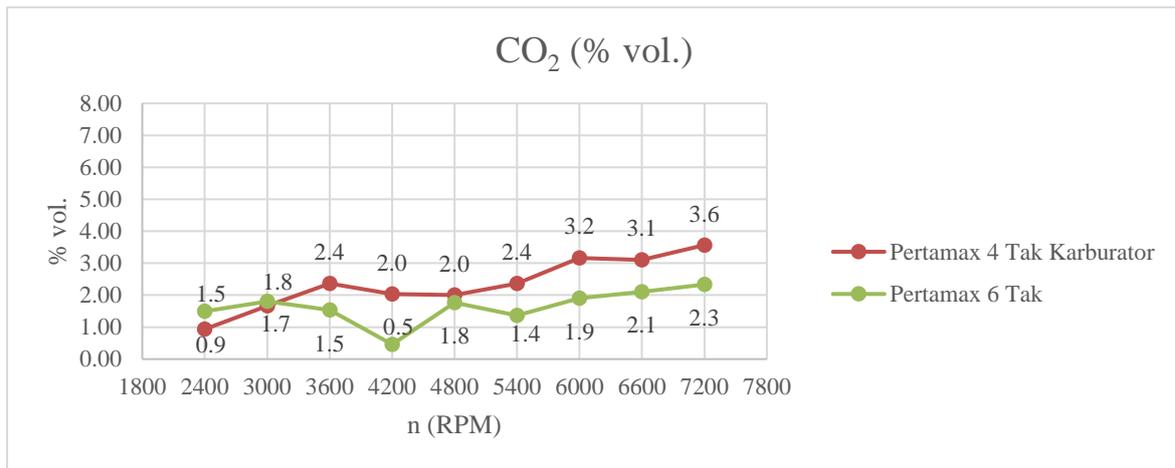
Gambar 5 Grafik kadar karbon monoksida dan putaran

Dari hasil pengujian menggunakan gas analyser, kadar karbon monoksida terendah yang dicapai oleh motor 6 tak MUB-2 adalah pada rpm 4200 sebesar 0,56 % vol sedangkan pada motor 4 tak konvensional 1,17 %vol. Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 5 diatas dapat disimpulkan bahwa motor 6 tak menghasilkan kadar karbonmonoksida lebih rendah dibandingkan dengan motor 4 tak konvensional. Dalam hal ini terjadi penurunan kadar karbon monoksida sebesar 12,36%. Halini terjadi karena karbonmonoksida hasil pembakaran motor 4 tak konvensional dibakar kembali oleh motor 6 tak MUB-2 untuk dirubah menjadi energi untuk langkah ekspansi yang kedua.



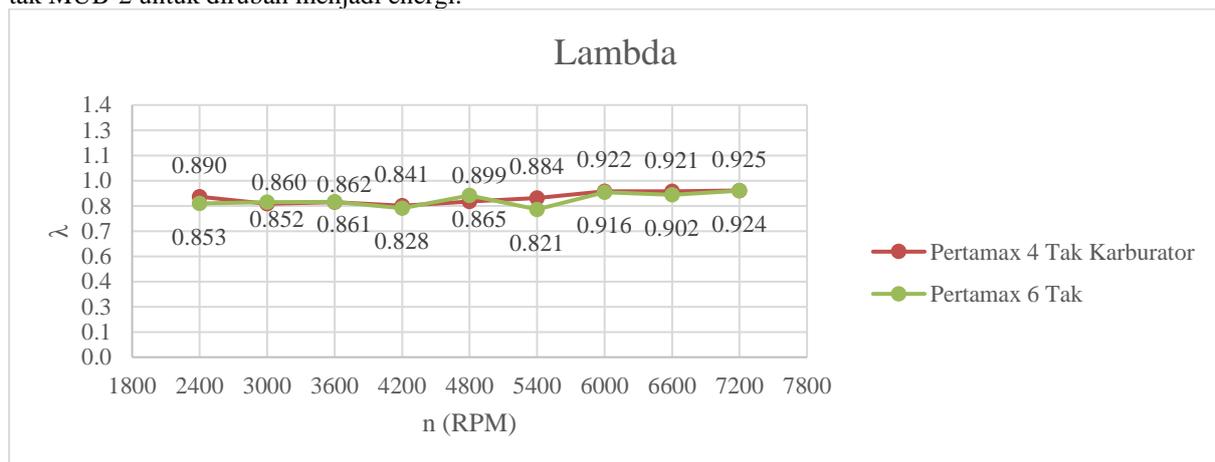
Gambar 6 Grafik kadar Hidrokarbon dan putaran

Dari hasil pengujian menggunakan gas analyser, kadar karbon monoksida terendah yang dicapai oleh motor 6 tak MUB-2 adalah pada rpm 7200 sebesar 26 ppm vol sedangkan pada motor 4 tak konvensional 38 ppm vol. Dari grafik pada gambar 6 dapat disimpulkan bahwa motor 6 tak menghasilkan kadar hidrokarbon lebih rendah dibandingkan dengan motor 4 tak konvensional. Hal ini ditunjukkan dengan adanya penurunan kadar Hidrokarbon pada motor 6 tak MUB-2 sebesar 27,30%. Hal ini dipengaruhi oleh mekanisme motor 6 tak MUB-2 dengan dua kali durasi pembakaran dimana senyawa hidrokarbon yang belum terbakar sempurna pada motor 4 tak konvensional dibakar kembali oleh motor 6 tak MUB-2 untuk dirubah menjadi energi. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin rendah nilai hidrokarbon.



Gambar 7 Grafik kadar Karbondioksida dan putaran

Dari hasil pengujian menggunakan gas analyser, kadar karbondioksida terendah yang dicapai oleh motor 6 tak MUB-2 adalah pada rpm 4200 sebesar 0,5 %vol sedangkan pada motor 4 tak konvensional 2,0 %vol. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa motor 6 tak menghasilkan kadar karbondioksida lebih rendah dibandingkan dengan motor 4 tak konvensional. Terjadi penurunan kadar karbondioksida pada motor 6 tak MUB-2 sebesar 30,8%. Kadar karbondioksida yang rendah disebabkan karena sisa pembakaran pada motor 4 tak dibakar kembali pada motor 6 tak MUB-2 untuk dirubah menjadi energi.



Gambar 8 Grafik nilai lambda dan putaran

Dari hasil pengujian menggunakan gas analyser nilai lambda dari motor 6 tak MUB-2 dan motor 4 tak hampir sama. Pada rpm 5400 nilai lambda pada motor 6 tak MUB-2 mengalami penurunan dengan nilai lambda sebesar 0,821 dan pada motor 4 tak konvensional sebesar 0,884. Ada penurunan nilai lambda pada motor bakar 6 tak-MUB-2 sebesar 1,7%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengambilan data menggunakan metode eksperimental, hasil penelitian dan analisa Perbandingan kadar *combustible species* pada motor bakar 4 tak konvensional dan motor bakar 6 tak MUB-2 dengan menggunakan bahan bakar pertamax, secara umum dapat disimpulkan bahwa, jika dilihat dari kadar *combustible species* pada motor bakar 6 tak MUB-2 lebih rendah daripada motor bakar 4 tak konvensional. Kandungan CO terendah terendah pada putaran 4200 rpm sebesar 0,56 %vol, kadar hidrokarbon terendah pada putaran 7200 rpm sebesar 26 ppm vol, kadar karbondioksida pada putaran 4200 rpm sebesar 0,5 %vol dan nilai lambda yang relatif sama dengan motor 4 tak konvensional. Dengan dua kali durasi pembakaran pada mekanisme motor bakar 6 tak MUB-2 terjadi penurunan kadar karbonmonoksida sebesar 12,36%, kadar hidrokarbon sebesar 27,30%, kadar karbondioksida sebesar 30,8% dan nilai lambda sebesar 1,7%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Ir. Sudjito S, Ph. D. yang telah membimbing untuk menyusun tesis
2. Dr. Eng. Eko Siswanto, S.T., M.T. yang telah membimbing penyusunan tesis saya serta meminjamkan alat penelitian hak patennya berupa motor bakar 6 tak MUB-2
3. Kepala Kaboratorium Otomotif BBPPMPV BOE (VEDC).Malang beserta staf.
4. Bapak saya yang telah memberikan suport serta merestui saya .
5. Istri dan anak saya yang selalu mendoakan saya dan mendukung saya dalam melkasanakan perkuliahan dan pengerjaan tesis
6. Komandan Poltekad beserta Seluruh keluarga besar Poltekad Kodiklatad yang memberikan suport moril kepada saya dalam melaksnakan penelitian.
7. Mardiyono, S.T. selaku mekanik yang telah membantu saya merakit motor bakar 6 tak MUB-2
8. Syah Hadi Adios Dewonoto selaku mekanik yang telah membantu saya dalam mendesain Camshaft untuk motor bakar 6 tak MUB-2
9. Teman – teman yang sudah meluangkan waktunya untuk membantu saya pada saat penelitian dan pengambilan data.

REFERENSI

- [1] Lili, Mulyatna., Yonik, Meilawati Yustiani., Ahmad, M. Sidik.” Uji Efektivitas Ionizer Bbm Terhadap Penurunan Emisi Gas Karbon Monoksida Dan Hidrokarbon Pada Mobil Dengan Sistem Karburator”. Bandung : Universita Pasundan.2019
- [2] Siswanto, Eko, D. Widhiyanuriyawan, A. S. Widodo, N. Hamidi, D. B. Darmadi and Sudjito. “*On The Performance Of Six-Stroke Single-Power Combustion Engine*”. *Journal of Heat and Mass Transfer* 14:201-218.2017.
- [3] Arismunandar, Wiranto. “Penggerak Mula Motor Bakar Torak”. Penerbit ITB.Bandung 2005
- [4] Razi, Misru., Siswanto, Eko., wijayanti, widya,. Pengaruh Derajat Pengapian Terhadap Kinerja Motor Bakar 6 Langkah Berbahan Bakar Etanol. Malang: JRM UB. eISSN 2477-6041 artikel 10, pp. 299-308, 2019
- [5] Modul pengembangan keprofesian berkelanjutan PPPPTK BOE ,2018. Kode MDL-OTO.SM02.007.01
- [6] Tri Susilo Wirawan, Ikram Anugrah, Suryanto, Musrady Mulyadi. “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
- [7] Kurnia Dwi Artika, Rudiansyah.”Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium Danpertalite Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder 108 cc”. Jurnal Elemen Volume 4 Nomor 2, Desember 2017. ISSN 2581-2661. 2017
- [8] Peraturan Menteri negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 23 Tahun 2012 tentang Baku Mutu emisi gas buang kendaraan bermotor tepe baru kategori L3
- [9] Devianti .Muziansyah, Rahayu. Sulistyorini, Syukur. Sebayang. “Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Koita Bandar)” .JRSD, Edisi Maret 2015, Vol. 3, No. 1, Hal:57 - 70 (ISSN:2303-0011) 2015
- [10] Wardana, I. N. G. Bahan Bakar&Teknologi Pembakaran. Malang: PT. Dinar Wijaya-Brawijaya University Press -2008