

VARIASI WAKTU PENGAPIAN TERHADAP PERFORMA DAN EMISI MESIN 1 SILINDER DENGAN PEMANAS

Hennu Pradipta Endrantoro

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: h3nnu@gmail.com

Indra Herlamba Siregar

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: indra_adsite2006@yahoo.com

Abstrak

Kendaraan bermotor merupakan salah satu alat transportasi yang memerlukan *engine* sebagai penggerak mulanya, baik roda dua maupun roda empat. Berkaitan dengan kenaikan jumlah kendaraan yang sebagian besar menggunakan bahan bakar minyak sehingga memicu jumlah kenaikan permintaan serta penggunaan bahan bakar yang semakin meningkat. Penggunaan variasi waktu pengapian *manifold* standar dan modifikasi (pemanas) sebagai alat pada mesin pembakaran agar dapat meningkatkan kinerja mesin dan menurunkan emisi. Jenis penelitian ini adalah eksperimen, obyek penelitian adalah sepeda motor Suzuki Shogun 110 cc tahun 2003 dan variasi waktu pengapian menggunakan *manifold* standar dan modifikasi. Menggunakan putaran mesin 3000 rpm-8500 rpm dengan jarak interval 500 rpm. Penelitian ini menggunakan metode pengujian rpm berubah pada beban penuh (*Full Open Throttle Valve*) dengan posisi transmisi *top gear* yang berpedoman pada *standart ISO 1585-1992* dan *SNI 19 – 71118. 3 – 2005*. Variasi waktu pengapian menggunakan pemanas yaitu 10°, 15° (standar) dan 20° sebelum TMA. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi waktu pengapian *manifold* standar dan modifikasi menaikkan torsi dan daya. Torsi tertinggi 8,2% pada 5000 rpm 20° sebelum TMA *manifold* modifikasi. Daya tertinggi 47,1% pada 3000 rpm 10° sebelum TMA *manifold* standar. Penurunan tertinggi (*fuel consumption*) 39,0% pada 4500 rpm 10° sebelum TMA *manifold* modifikasi. Penurunan HC tertinggi sebesar 95,8% pada 3000 rpm 15° sebelum TMA *manifold* modifikasi. CO₂ meningkat 35,0% pada 8000 rpm 10° sebelum TMA *manifold* modifikasi. HC menurun sebesar 62,7% pada 6500 rpm 10° sebelum TMA *manifold* modifikasi. O₂ meningkat 619,6% pada 8500 rpm 15° sebelum TMA *manifold* modifikasi.

Kata kunci: Waktu pengapian, pemanas campuran udara dan bahan bakar, performa, emisi gas buang

Abstrack

Motor vehicle is one of the means of transportation that requires engine as the first mover, either two-wheel or four wheel. In connection with the increase in the number of vehicles using the most fuel, triggering a rise in demand and the amount of fuel use increases. Using standard manifold ignition timing variations and modification (heating) as a tool in the combustion engine in order to improve engine performance and reduce emissions. This type of research is experimental, object of research is Suzuki Shogun motorcycle 110 cc in 2003 and ignition timing variation using standard and modified manifold. Using the engine speed 3000 rpm-8500 rpm at 500 rpm intervals. This research uses the methods of testing at full load rpm change (*Full Open Throttle Valve*) with top transmission gear position based on the standard *ISO 1585-1992* and *ISO 19-71118. 3-2005*. Variations ignition timing using the heater 10°, 15° (standard) and 20° before TDC. The analysis technique used is descriptive analysis. The results showed that the variation in ignition timing standard and modified manifold increase torque and power. Torque increased 8,2% at 5000 rpm 20° before TDC manifold modifications. Power increased 47,1% at 3000 rpm 10 ° before TDC standard manifold. Highest decrease (fuel consumption) 39,0% at 4500 rpm 10 ° before TDC manifold modifications. HC decline high of 95,8% at 3000 rpm 15° before TDC manifold modifications. CO₂ increased 35,0% at 8000 rpm 10 ° before TDC manifold modifications. HC decreased by 62,7% at 6500 rpm 10° before TDC manifold modifications. O₂ increased 619,6% at 8500 rpm 15° before TDC manifold modifications.

Keywords: ignition timing, heating the mixture of air and fuel, performance, emissions

PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan salah satu 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, yaitu merupakan suatu mesin konversi energi yang merubah energi kalor menjadi mekanik. Dengan adanya energi kalor sebagai suatu penghasil tenaga maka sudah semestinya memerlukan bahan bakar dan sistem pembakaran yang terjadi sebagai sumber kalor tersebut. Dalam hal ini bahan bakar yang sering digunakan dalam kendaraan adalah bensin dan solar. Berkaitan dengan kenaikan jumlah kendaraan yang sebagian besar menggunakan bahan bakar minyak sehingga memicu jumlah kenaikan permintaan serta penggunaan bahan bakar yang semakin meningkat, hal ini bertolak belakang dengan ketersediaan minyak di dalam perut bumi yang semakin menipis. Oleh karena itu perlu adanya pemikiran dalam mendisain suatu *engine* dengan efisiensi yang tinggi.

Untuk meningkatkan performa mesin dan juga menurunkan emisi gas buang dalam motor pembakaran dalam dapat dilakukan dalam tiga tahap, yaitu sebelum proses pembakaran, di dalam proses pembakaran, dan sesudah proses pembakaran. Berhubungan dengan hal tersebut di atas peneliti akan mencoba melakukan eksperimen melalui tahap yang pertama dan kedua, yaitu dengan cara menambah pemanas campuran udara dan bahan bakar dengan memanfaatkan panas dari knalpot. Penambahan pemanas tersebut dipasang antara karburator dan ruang bakar, yaitu pada intake manifold. Yang kedua yaitu dengan memvariasi waktu pengapian dengan cara menggeser posisi

pulser dan mencari waktu yang menghasilkan performa yang tinggi dan emisi yang rendah. Waktu pengapian (*ignition timing*) merupakan waktu dimana busi mulai menyalakan bunga api, pengapian campuran udara dan bahan bakar mencapai sempurna membutuhkan waktu kurang dari 2 milidetik. Bunga api pengapian harus dilepaskan lebih awal.

Dengan demikian, tekanan ledakan mencapai puncak setelah beberapa derajat setelah titik mati atas pada poros engkol dan pembakaran berlangsung tanpa detonasi (Daryanto, 2000:15).

Penelitian melihat bagaimana pengaruh variasi waktu pengapian terhadap performa mesin 1 silinder dengan menggunakan pemanas campuran udara dan bahan bakar dan bagaimana pengaruh variasi waktu pengapian terhadap emisi gas buang mesin 1 silinder dengan menggunakan pemanas campuran udara dan bahan bakar.

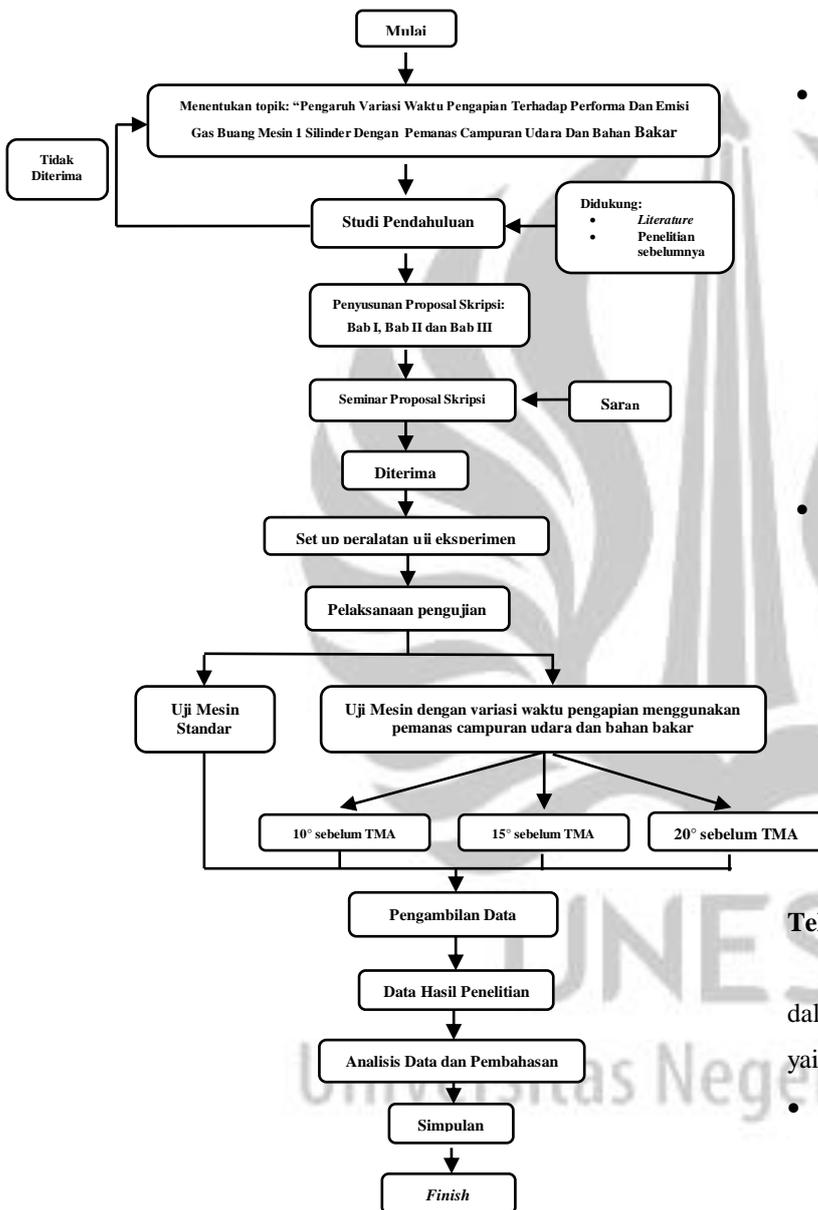
Tujuan utama dari kegiatan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pengapian terhadap performa mesin 1 silinder dengan menggunakan pemanas campuran udara dan bahan bakar dan mengetahui pengaruh variasi waktu pengapian terhadap emisi gas buang mesin 1 silinder dengan menggunakan pemanas campuran udara dan bahan bakar.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai acuan dalam pengembangan teknologi otomotif khususnya modifikasi mesin, setelah didapat sudut pengapian yang optimal maka dapat diaplikasikan pada motor bakar khususnya sepeda motor 4 langkah, menambah wawasan bagi mahasiswa dan masyarakat umum tentang pengaruh variasi waktu pengapian terhadap performa dan emisi gas

buang mesin 1 silinder dengan pemanas campuran udara dan bahan bakar dan sebagai salah satu cara untuk mengurangi pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran udara.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

• Variabel bebas

Variabel bebas dapat disebut penyebab atau *independent variable*.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

- Variasi waktu pengapian 10°, 15° (standar) dan 20° sebelum TMA.
- Pemanas campuran udara dan bahan bakar pada *intake manifold*.

• Variabel terikat

Variabel terikat adalah suatu variabel yang menjadi akibat atau tergantung (Suharsimi A, 1998:101). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

- Torsi
- Daya efektif
- Konsumsi bahan bakar
- Emisi gas buang

• Variabel kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah:

- Putaran mesin 3000 rpm – 8500 rpm dengan range putaran 500 rpm.
- Temperatur ruangan 25° - 40°C.
- Temperatur oli mesin 60°.
- Kelembaman udara (*humidity*) 25% - 60%.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu:

• Metode literatur

Kajian teori dalam buku sebagai penunjang dalam melaksanakan penelitian. Literatur yang digunakan adalah yang berhubungan dengan sistem pengapian, sistem bahan bakar dan alat pemindah panas.

• Metode eksperimen

Teknik pengumpulan pada penelitian ini juga menggunakan metode eksperimen,

yaitu mengukur atau menguji obyek yang diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan tersebut adalah torsi, daya, konsumsi bahan bakar, emisi gas buang yang dikeluarkan oleh knalpot baik dalam kondisi mesin standar maupun dengan menggunakan variasi waktu pengapian 10°, 15° (standar) dan 20° (standar) sebelum TMA yang menggunakan pemanas campuran udara dan bahan bakar.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah metode deskriptif. Hal ini dilaksanakan untuk memberikan gambaran terhadap fenomena yang terjadi setelah dilakukan beberapa perubahan waktu pengapian dari 10°, 15° (standar) dan 20° sebelum TMA dengan menggunakan pemanas campuran udara dan bahan bakar. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan data dalam tabel dan grafik tersebut menjadi kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya mencari jawaban atas permasalahan yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Torsi (T)

Tabel 1. Hasil data pengujian torsi

Putaran (rpm)	Torsi (T)						
	Kelompok Standar (kgf.m)	Kelompok Eksperimen (kgf.m)					
		15° sebelum TMA dengan Manifold standar	Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Standar		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Modifikasi		
			10° sebelum TMA	20° sebelum TMA	10° sebelum TMA	15° sebelum TMA	20° sebelum TMA
3000	0,54	0,46	0,52	0,44	0,35	0,44	
3500	0,89	0,78	0,88	0,72	0,79	0,87	
4000	0,80	0,74	0,85	0,72	0,77	0,84	
4500	0,78	0,74	0,81	0,73	0,77	0,80	
5000	0,73	0,71	0,77	0,72	0,76	0,79	
5500	0,72	0,73	0,77	0,71	0,75	0,76	
6000	0,74	0,75	0,79	0,75	0,76	0,78	
6500	0,74	0,76	0,78	0,73	0,76	0,77	
7000	0,73	0,76	0,76	0,71	0,76	0,75	
7500	0,72	0,75	0,73	0,70	0,73	0,74	
8000	0,66	0,70	0,68	0,64	0,68	0,64	
8500	0,64	0,65	0,60	0,62	0,65	0,59	

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi pengapian menggunakan manifold standar dan manifold modifikasi mempengaruhi torsi yang dihasilkan, torsi yang dihasilkan meningkat dari standar. Torsi yang dihasilkan dengan menggunakan manifold standar tertinggi sebesar 6,9% yaitu 0,77 kgf.m dengan didapatkan pada putaran 5500 rpm dengan waktu pengapian 20° sebelum TMA. Untuk manifold modifikasi torsi tertinggi sebesar 8,2% yaitu 0,79 kgf.m pada putaran 5000 rpm dengan waktu pengapian 20° sebelum TMA.

Pada putaran 5000 rpm semua variasi pengapian yang menggunakan manifold standar meningkat disebabkan temperatur campuran udara dan bahan bakar yang tercapai pada masing-masing waktu pengapian ideal pada putaran 5000 rpm sehingga torsi yang dihasilkan maksimal. Karena pemanas campuran udara dan bahan bakar berpengaruh terhadap kinerja mesin. Pemanas dapat menaikkan temperatur temperatur campuran udara dan bahan bakar pada intake manifold, sehingga campuran udara dan bahan bakar dapat berubah menjadi gas agar bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar menjadi optimal dan menghasilkan daya ledak yang tinggi. Penyalaan busi yang baik bergantung pada kecepatan perambatan nyala, temperatur campuran udara bahan bakar yang ideal (60°) dan kecepatan putar poros engkol. Terjadi perbedaan tekanan dalam masing-masing posisi penyalaan busi, dipengaruhi oleh waktu penyalaan busi itu sendiri, baik pada putaran rendah ataupun pada putaran tinggi.

Daya Efektif (P)

Tabel 2. Hasil data pengujian daya

Putaran (rpm)	Daya Efektif (P)					
	Kelompok Standar (PS)	Kelompok Eksperimen (PS)				
		Variasi Waktu Pengapian		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Modifikasi		
		15° sebelum TMA dengan Manifold standar	10° sebelum TMA	20° sebelum TMA	10° sebelum TMA	15° sebelum TMA
3000	2,23	3,28	2,20	1,86	1,52	1,86
3500	4,33	3,82	4,29	3,55	3,89	4,43
4000	4,46	4,16	4,80	4,02	4,26	4,77
4500	4,93	4,63	5,14	4,60	4,83	5,04
5000	5,17	5,00	5,37	5,07	5,31	5,51
5500	5,61	5,58	5,92	5,48	5,78	5,58
6000	6,25	6,35	6,62	6,22	6,42	6,52
6500	6,79	7,00	7,10	6,66	6,96	6,96
7000	7,20	7,44	7,47	7,17	7,47	7,37
7500	7,50	7,91	7,71	7,40	7,67	7,54
8000	7,40	7,88	7,44	7,37	7,64	7,23
8500	7,30	7,74	7,23	7,33	7,64	7,10

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi pengapian menggunakan manifold standar dan manifold modifikasi mempengaruhi torsi yang dihasilkan, torsi yang dihasilkan meningkat dari standar. Torsi yang dihasilkan dengan menggunakan manifold standar tertinggi sebesar 7,6% yaitu 4,80 PS dengan didapatkan pada putaran 4000 rpm dengan waktu pengapian 20° sebelum TMA. Untuk manifold modifikasi torsi tertinggi 7,0% yaitu pada putaran 4000 rpm dengan waktu pengapian 20° sebelum TMA.

Variasi waktu pengapian yang baik adalah 20° sebelum TMA karena nilai oktan premium yang kecil sehingga perlu lebih awal untuk busi memercikkan bunga api agar ketika piston mencapai TMA campuran udara dan bahan bakar dapat terbakar habis. Sebaliknya pada variasi waktu pengapian dengan menggunakan pemanas yang bagus adalah 15° sebelum TMA (standar) dikarenakan campuran udara dan bahan bakar sudah dipanaskan di intake manifold menjadi siap dibakar, sehingga daya yang dihasilkan optimal. Karena jika menggunakan 10° sebelum TMA pembakaran

terlalu lambat, sama halnya pada 20° sebelum TMA pembakaran terlalu awal sehingga daya yang dihasilkan menjadi menurun.

Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 3. Hasil data pengujian konsumsi bahan bakar (fc)

Putaran (rpm)	Konsumsi Bahan Bakar (fc)					
	Kelompok Standar (Kg/jam)	Kelompok Eksperimen (Kg/jam)				
		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Standar		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Modifikasi		
		15° sebelum TMA dengan Manifold standar	10° sebelum TMA	20° sebelum TMA	10° sebelum TMA	15° sebelum TMA
3000	0,41	0,48	0,45	0,27	0,26	0,34
3500	0,50	0,51	0,52	0,35	0,38	0,36
4000	0,68	0,52	0,80	0,42	0,62	0,73
4500	0,82	0,58	0,88	0,50	0,81	0,85
5000	0,89	0,66	0,91	0,55	0,86	0,93
5500	0,95	0,75	0,98	0,93	0,89	1,00
6000	0,99	1,03	1,02	1,05	0,95	1,09
6500	1,13	1,15	1,14	1,12	1,05	1,18
7000	1,21	1,23	1,22	1,13	1,08	1,29
7500	1,31	1,21	1,39	1,22	1,35	1,32
8000	1,43	1,40	1,54	1,25	1,35	1,42
8500	1,58	1,43	1,64	1,42	1,45	1,56

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan manifold modifikasi (pemanas campuran udara dan bahan bakar) pada sepeda motor Suzuki Shogun 110 cc tahun 2003 dapat menurunkan konsumsi bahan bakar. Penurunan konsumsi bahan bakar tertinggi adalah 0,27 kg/jam sebesar 36,6% pada putaran 3000 rpm dengan variasi pengapian 15° sebelum TMA.

Konsumsi bahan bakar pada variasi pengapian menggunakan manifold standar yaitu 20° dan 10° sebelum TMA mengalami kenaikan ini disebabkan percikan bunga api terjadi terlalu dini, tekanan dalam piston akan meningkat dengan cepat, hal ini ditandai dengan terjadinya efek pengereman yang kuat oleh mesin tersebut. Ketika percikan bunga api pada busi terlalu lambat, maka pembakaran hanya terawali ketika torak turun kembali. Pada kedua kondisi tersebut, daya yang dihasilkan mesin menjadi

kecil dan konsumsi bahan bakar yang relatif meningkat.

Konsentrasi Emisi Karbonmonoksida (CO)

Tabel 4. Hasil data pengujian emisi karbonmonoksida (CO).

Putaran (rpm)	Karbonmonoksida (CO)						
	Kelompok Standar (%vol)	Kelompok Eksperimen (%vol)					
		15° sebelum TMA dengan Manifold standar	Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Standar		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Modifikasi		
			10° sebelum TMA	20° sebelum TMA	10° sebelum TMA	15° sebelum TMA	20° sebelum TMA
3000	3,738	1,701	0,376	2,345	0,158	0,305	
3500	1,210	0,216	0,149	1,274	0,153	0,251	
4000	1,048	0,168	0,184	1,995	0,145	0,184	
4500	0,319	0,163	0,199	1,545	0,133	0,145	
5000	0,887	0,286	0,962	0,153	0,323	0,201	
5500	0,920	0,353	0,985	0,173	0,476	0,467	
6000	2,633	0,587	2,675	0,261	0,610	0,891	
6500	2,826	1,116	3,267	0,352	1,204	1,735	
7000	5,879	2,054	4,516	0,437	1,799	3,182	
7500	6,425	3,517	6,270	1,167	2,196	4,722	
8000	7,926	4,022	7,760	3,419	4,612	6,523	
8500	8,715	7,321	8,698	7,601	7,063	7,775	

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi pengapian dengan menggunakan manifold standar dan manifold modifikasi pada knalpot Suzuki Shogun 110 cc tahun 2003 dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida (CO). Penurunan emisi CO tertinggi antara standar dengan variasi waktu pengapian dengan manifold standar dan manifold modifikasi sebesar 95,8% yaitu 0,158% vol pada lambda 1,248 didapatkan pada putaran 3000 rpm dengan menggunakan variasi waktu pengapian 15° sebelum TMA menggunakan manifold modifikasi.

Pada putaran mesin rendah (3500-4500 rpm), pada variasi waktu pengapian 10° sebelum TMA dengan manifold modifikasi emisi CO meningkat ini disebabkan temperatur dalam manifold belum mencapai suhu kerja yang optimal sehingga terdapat bahan bakar yang belum terbakar.

Variasi waktu pengapian dengan manifold standar dan manifold modifikasi kadar konsentrasi emisi CO menurun ini disebabkan

dengan adanya pemanas campuran udara dan bahan bakar yang terletak dalam intake manifold. Sehingga temperatur campuran udara dan bahan bakar menjadi baik menyebabkan campuran udara dan bahan bakar menjadi gas, maka campuran udara dan bahan bakar tersebut menjadi siap dan mudah untuk dibakar di ruang bakar, pembakaran menjadi sempurna dan tidak banyak mengandung emisi CO yang berbahaya bagi kita.

Konsentrasi Emisi Karbondioksida (CO₂)

Tabel 5. Hasil data pengujian emisi karbondioksida (CO₂).

Putaran (rpm)	Karbondioksida (CO ₂)						
	Kelompok Standar (%vol)	Kelompok Eksperimen (%vol)					
		15° sebelum TMA dengan Manifold standar	Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Standar		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Modifikasi		
			10° sebelum TMA	20° sebelum TMA	10° sebelum TMA	15° sebelum TMA	20° sebelum TMA
3000	11,31	12,48	11,45	11,34	11,10	11,19	
3500	12,69	12,38	12,26	11,99	12,53	12,42	
4000	12,81	13,01	12,67	11,82	11,77	11,96	
4500	13,14	12,87	12,99	12,20	12,78	12,77	
5000	13,19	13,33	13,67	12,43	12,76	13,42	
5500	13,25	13,49	13,29	12,92	13,40	13,15	
6000	12,47	13,39	12,59	13,40	13,20	12,48	
6500	12,25	13,59	12,28	13,66	13,54	12,20	
7000	10,39	13,01	11,24	13,77	13,06	10,70	
7500	10,09	12,00	9,96	13,61	12,81	10,04	
8000	9,06	11,86	9,24	12,23	11,21	9,52	
8500	8,46	9,71	8,44	9,28	9,69	8,61	

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi pengapian dengan menggunakan manifold standar dan manifold modifikasi pada knalpot Suzuki Shogun 110 cc tahun 2003 dapat menaikkan kadar emisi CO₂. Peningkatan emisi CO₂ tertinggi antara standar dengan variasi waktu pengapian dengan manifold standar dan manifold modifikasi sebesar 35,0% yaitu 12,23% vol pada lambda 0,932 didapatkan pada putaran 8000 rpm dengan menggunakan variasi waktu pengapian 10° sebelum TMA menggunakan manifold modifikasi.

Dari data di atas dapat diketahui cenderung mengalami peningkatan emisi karbondioksida (CO₂) pada variasi waktu

pengapian dengan manifold standar maupun manifold modifikasi (pemanas campuran udara dan bahan bakar). Kenaikan putaran mesin mempercepat proses pembakaran sehingga bahan bakar yang terbakar relatif lebih banyak dan konsentrasi emisi CO₂ cenderung semakin besar. Hal tersebut dikarenakan adanya pemanas campuran udara dan bahan bakar yang diletakkan pada *intake manifold* berupa kabel tembaga dengan diameter 6 mm dengan cara mengambil panas dari knalpot (konduktor). Sehingga temperatur pada *intake manifold* menjadi naik menyebabkan campuran udara dan bahan bakar yang berada di dalamnya ikut naik temperaturnya. Mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar cenderung menjadi gas sehingga ketika masuk ke ruang bakar campuran udara dan bahan bakar menjadi siap dan mudah untuk dibakar.

Konsentrasi Emisi Hidrokarbon (HC)

Table 6. Hasil data pengujian emisi hidrokarbon (HC)

Putaran (rpm)	Hidrokarbon (HC)					
	Kelompok Standar (ppm vol)	Kelompok Eksperimen (ppm vol)				
		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Standar		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Modifikasi		
15° sebelum TMA dengan Manifold standar	10° sebelum TMA	20° sebelum TMA	10° sebelum TMA	15° sebelum TMA	20° sebelum TMA	
3000	527	589	339	488	342	341
3500	448	383	251	475	260	247
4000	455	377	200	300	235	231
4500	252	195	148	286	125	144
5000	213	193	147	122	85	132
5500	143	135	132	120	73	121
6000	167	145	124	78	76	119
6500	170	146	128	63	93	105
7000	190	178	156	75	114	145
7500	187	172	169	99	117	173
8000	225	173	179	151	141	182
8500	243	205	202	161	161	193

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan adanya variasi waktu pengapian dengan manifold standar dan manifold modifikasi pada Suzuki Shogun 110 cc tahun 2003 dapat menurunkan kadar emisi

hidrokarbon (HC). Rata-rata penurunan tertinggi emisi HC sebesar 62,7% yaitu 63 ppm vol didapatkan pada 6500 rpm 10° sebelum TMA dengan manifold modifikasi.

Pada putaran rendah ke atas (3000-8500 rpm), emisi HC mengalami penurunan yang signifikan. Penurunan tertinggi sebesar 62,7% pada lambda 1,031 pada putaran 6500 rpm dengan menggunakan variasi pengapian 10° sebelum TMA menggunakan manifold modifikasi. Penurunan yang signifikan ini disebabkan karena campuran udara dan bahan bakar mendekati *stoichiometric* dengan adanya manifold modifikasi yang terpasang pada *intake manifold*. Karena dengan adanya pemanas ini bahan bakar menjadi berubah fasenya menjadi gas sehingga mudah dan siap untuk dibakar di ruang bakar. Pada putaran tersebut 6500 rpm diperoleh lambda 1,031 atau mendekati lambda (λ) 1. Hal tersebut menunjukkan pembakaran di ruang bakar mendekati sempurna.

Konsentrasi Emisi Oksigen (O₂)

Table 7. Hasil data pengujian emisi oksigen (O₂)

Putaran (rpm)	Oksigen (O ₂)					
	Kelompok Standar (%vol)	Kelompok Eksperimen (%vol)				
		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Standar		Variasi Waktu Pengapian dengan Manifold Modifikasi		
15° sebelum TMA dengan Manifold standar	10° sebelum TMA	20° sebelum TMA	10° sebelum TMA	15° sebelum TMA	20° sebelum TMA	
3000	2,18	3,16	4,88	2,91	4,41	4,83
3500	1,28	1,53	3,75	2,70	3,02	2,81
4000	1,79	2,47	2,72	2,40	4,21	2,79
4500	1,60	4,83	2,20	3,13	2,59	2,14
5000	1,20	1,67	0,71	3,26	3,07	1,09
5500	1,09	1,55	1,16	2,53	1,93	1,44
6000	0,70	1,01	0,49	1,76	1,92	0,27
6500	0,89	1,12	0,79	1,67	1,23	1,14
7000	1,73	0,66	0,70	0,98	0,63	0,69
7500	0,92	0,86	0,56	0,88	0,60	0,57
8000	0,56	0,55	1,21	0,87	4,03	1,72
8500	0,49	0,51	1,92	0,82	0,90	1,66

Kadar konsentrasi emisi O₂ yang tertinggi diperoleh pada putaran 8500 rpm sebesar 294,5% yaitu 1,92% vol dengan variasi

pengapian 20° sebelum TMA menggunakan *manifold* standar. Sedangkan penurunan kadar konsentrasi emisi O₂ terendah diperoleh pada putaran 6500 rpm sebesar 76,5% yaitu 0,79% vol dengan variasi waktu pengapian 20° sebelum TMA menggunakan *manifold* standar.

Variasi waktu pengapian dengan *manifold* standar dan *manifold* modifikasi (pemanas campuran udara dan bahan bakar) mengalami peningkatan O₂ yang signifikan. Ini dikarenakan lambda pada variasi waktu pengapian *manifold* standar dan *manifold* modifikasi mencapai 1,2-0,8 sedangkan pada sepeda motor standar antara 1,1-0,7. Sedangkan secara teori campuran udara dan bahan bakar yang ideal adalah 14,7:1 atau $\lambda=1$, dimana bahan bakar akan terbakar habis dan menghasilkan oksigen yang kecil. Jika nilai lambda kurang dari 1 maka bahan bakar tersebut kurus atau kelebihan udara sehingga ketika dibakar di dalam ruang bakar tidak terbakar habis.

KUTIPAN DAN ACUAN

Torsi

Torsi adalah gaya putar. Ketika torak bergerak ke bawah pada langkah usaha, akan menerapkan torsi pada poros engkol mesin (melalui batang torak). Dorongan yang lebih besar pada torak, torsi yang lebih besar diterapkan. Oleh karena itu, tekanan pembakaran yang lebih tinggi, akan menghasilkan jumlah torsi yang lebih besar. Dynamometer biasanya digunakan untuk mengukur torsi mesin. Torsi dapat diukur pada saat yang sama dengan daya dynamometer (Warju: 2009:49).

Waktu Pengapian (*Ignition Timing*)

Waktu pengapian (*ignition timing*) merupakan waktu dimana busi mulai menyalakan bunga api, pengapian campuran udara dan bahan bakar mencapai sempurna membutuhkan waktu kurang dari 2 milidetik. Bunga api pengapian harus dilepaskan lebih awal.

Dengan demikian, tekanan ledakan mencapai puncak setelah beberapa derajat setelah titik mati atas pada poros engkol dan pembakaran berlangsung tanpa detonasi (Daryanto, 2000:15).

Bahan Bakar Bensin

Bensin adalah salah satu bahan bakar yang digunakan mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*). Sifat utama dari bensin adalah harus mampu menghasilkan pembakaran yang tepat. Bensin didapatkan dari hasil penyulingan tanah yang kotor dengan berat jenis 0,68 sampai 0,72, menguap seluruhnya antara 0° sampai 120° . Sedangkan bensin untuk motor adalah campuran dari hasil-hasil penyulingan yang ringan dan yang paling berat jenis $\pm 0,73$ dan titik mendidih terakhir dari $\pm 190^\circ$ C (Daryanto 2002:32).

Sistem Pengapian

Sistem pengapian pada automobile berfungsi untuk menaikkan tegangan baterai menjadi 10 kV (10.000 Volt) atau lebih, dengan menggunakan ignition coil (Toyota Astra Motor, 1995: 1-12).

Konstruksi sistem pengapian beraneka ragam, tergantung pada tipe penyimpanan energi pada daya guna pengapian yang diperlukan oleh mesin tersebut. Sistem pengapian biasanya terdiri dari baterai, ignition coil, kabel tegangan tinggi dan busi.

Pembangkit Pulsa

Kumparan pada pembangkit pulsa (pulser) terletak pada roda gaya magnet, diberi semacam contact point sebagai pemutus dan penghubung kembali induksi elektromagnetik. Pada saat medan magnet yang terdekat (pick-up pulser) bertemu dengan pembangkit fixed pulser maka akan terjadi persinggungan antar medan magnet yang mengakibatkan terbentuk garis-garis medan magnet, sehingga terbentuk arus listrik dalam kumparan pembangkit pulsa (pulser) (Supriyanto, 2000:53).

Proses pembakaran pada motor pembakaran dalam

Secara umum pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia atau reaksi persenyawaan bahan bakar dengan oksigen dengan diikuti oleh sinar dan panas. Mekanisme pembakaran sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran dimana atom-atom dari komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan produk berupa gas. (Step 2, Toyota-Astra, 1998).

PENUTUP

Simpulan

Dari serangkaian penelitian, perhitungan, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi waktu pengapian dengan *manifold* standar dan variasi waktu pengapian dengan *manifold* modifikasi (pemanas campuran udara dan bahan bakar) berpengaruh terhadap performa dan emisi gas buang Suzuki Shogun 110 cc tahun 2003.

- Penggunaan variasi waktu pengapian dengan *manifold* modifikasi dan *manifold* standar pada sepeda motor Suzuki Shogun 110 cc menaikkan torsi dan daya. Peningkatan torsi terbesar terjadi pada putaran 5000 rpm

dengan variasi waktu pengapian 10° sebelum TMA dengan menggunakan *manifold* modifikasi sebesar 8,2%. Penurunan konsumsi bahan bakar tertinggi (*fuel consumption*) diperoleh pada variasi 10° sebelum TMA menggunakan *manifold* modifikasi didapatkan pada putaran 4500 rpm yaitu sebesar 39,0%

- Penggunaan variasi waktu pengapian dengan *manifold* modifikasi dan *manifold* standar pada sepeda motor Suzuki Shogun 110 cc menurunkan kadar emisi CO dan HC untuk CO₂ dan O₂ mengalami kenaikan. Penurunan CO tertinggi sebesar 95,5% di putaran 3000 rpm pada 15° sebelum TMA (standar) dengan manifold modifikasi. Penurunan HC tertinggi sebesar 62,7% di putaran 6500 rpm pada 10° sebelum TMA dengan *manifold* modifikasi. Peningkatan CO₂ tertinggi sebesar 35,0% di putaran 8000 rpm pada 10° sebelum TMA dengan *manifold* modifikasi. Peningkatan O₂ tertinggi sebesar 294,5% di putaran 8500 rpm pada 20° sebelum TMA dengan *manifold* standar
- Dari hasil pengujian di atas yang paling optimal adalah 20° sebelum TMA dengan *manifold* standar. Dikarenakan torsi, daya dan CO₂ yang dihasilkan baik.

Saran

Dari serangkaian pengujian, perhitungan, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Bagi pengguna kendaraan sepeda motor didalam perkotaan. Yang maksimal adalah 20° sebelum TMA dengan menggunakan *manifold* modifikasi, karena torsi, daya, dan emisi yang dihasilkan rendah pada putaran 5000 rpm.

- Diharapkan agar menciptakan alat untuk menjaga temperatur udara dan bahan bakar dapat terjaga pada suhu 60°.
- Untuk penelitian selanjutnya penerapan *manifold* modifikasi disarankan menggunakan sepeda motor merk lain, transmisi otomatis (matic).
- Penelitian lanjutan disarankan untuk bervariasi jumlah lekukan pada desain *manifold* modifikasi dan memvariasi diameter kabel tembaga yang dijadikan konduktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Daryanto. 2000. *Sistem Pengapian Mobil*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Daryanto. 2002. *Teknik Otomotif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Daryanto. 2005. *Teknik Reparasi dan Perawatan Sepeda Motor*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Supadi. 2010. *Paduan Penulisan Skripsi Program S1*, Surabaya: Teknik Mesin UNESA.
- Supriyanto, Agus. 2000. *Pengaruh Kerenggangan Pembangkit Pulsa (Pulser) Dengan Roda Gaya Magnet Terhadap Putaran Dan Daya Mesin Sepeda Motor Honda Astrea Grand*. Skripsi yang tidak dipublikasikan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FT Unesa.
- Toyota Astra Motor. 1988. *Training Manual New Step 1*. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.
- Toyota Astra Motor. 1995. *Training Manual New Step 2*. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.
- Warju. 2009. *Pengujian Peforma Mesin Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.

