

Studi Eksperimen Pengaruh Pola Injeksi Bahan Bakar Terhadap Kinerja dan Emisi Gas Buang Motor 4 Langkah 1 Silinder Menggunakan Bahan Bakar Etanol E100

Joko Sarsetiyanto, Dedy Z. Noor, Bambang sampurno, Giri Nugroho, M. Dimas Krisna

Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Keputih, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60117
Email : sarsetiyantojoko@gmail.com

Abstrak. Etanol merupakan *renewable energy* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada motor bakar torak. Hasil pengujian laboratorium diperoleh $LHV=26950$ kJ/k, massa jenis (ρ) = 794 kg/m³ dan angka oktan 109. Agar motor bakar torak dapat menggunakan bahan bakar ethanol, maka rasio kompresi dinaikkan dan laju injeksi bahan bakar serta saat penyalaannya disesuaikan. Rasio kompresi 1 unit motor 4 langkah 1 silinder (125cc) telah ditingkatkan menjadi 15:1 dan saat penyalaan 20° sebelum TMA. Motor tersebut diuji untuk mengetahui pengaruh variasi laju injeksi bahan bakar terhadap kinerja dan emisi gas buangnya. Pada proses pengujian motor tersebut menggunakan ECU yang telah diisi program mapping injeksi seperti terlihat pada gambar 1. Pengujian dilakukan menggunakan dynotest. Variasi injeksi bahan bakar yang digunakan adalah pola 1 sampai pola 5 dengan detail laju injeksi seperti terlihat pada table 1. Pada pola 1 campuran (udara-bahan bakar) miskin tetapi motor masih dapat di start dengan mudah, sedangkan pola 2 dan seterusnya sampai pola 5 campuran makin kaya. Dari semua pola tersebut dapat diperoleh kinerja terbaik dan emisis gas buang yang paling ramah lingkungan.

Dari hasil pengujian, kinerja yang paling baik adalah pola 2. Pada putaran jelajah (6500 rpm) kinerja yang dihasilkan adalah: Efisiensi = 48 %; Daya = 7,80 hp; Torsi = 8,6 Nm; SFC = 0,00026 kg/hp-jam; dan MEP = 880 kPa. Pada putaran tersebut gas buang mengandung CO = 4,5 % dan HC 202 ppm. Pengukuran kandungan gas buang pada putaran idle menghasilkan gas CO berurutan dari pola 1 sampai 5: 0,951 %; 3,05 %; 3,04 %; 3,03 % dan 3,06 %. Sedangkan HC = 120 ppm, 120 ppm, 153 ppm, 138 ppm dan 153 ppm, Mengacu pada peraturan menteri lingkungan hidup nomor 05 tahun 2006, maka komposisi gas buang tersebut (running dan idle) semua masih dibawah ambang batas, sehingga dapat dikategorikan ramah lingkungan.

Kata kunci: Etanol, kinerja, pola injeksi bahan bakar, gas buang.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Ethanol sebagai bahan bakar pada kendaraan bermotor memiliki beberapa keunggulan dibanding benin. Angka oktan ethanol sangat tinggi (109)^[5], sehingga motor dapat beroperasi pada rasio kompresi yang lebih tinggi (tanpa detonasi) dan efisiensi termal yang lebih baik. Selain itu ethanol sebagai bahan bakar juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bensin (tidak mengandung logam berat).

Beberapa perubahan yang dilakukan untuk dapat menggunakan ethanol E100 sebagai bahan bakar motor bakar torak adalah: meningkatkan rasio kompresi, memodifikasi menejemen bahan bakar, dan menyesuaikan saat penyalaan serta menyesuaikan celah katup. Ethanol memiliki nilai kalor sekitar 60% lebih rendah tetapi memiliki nilai oktan lebih tinggi dari bensin. Hal ini berarti memungkinkan desain motor dengan rasio kompresi yang lebih tinggi, tetapi memerlukan penyesuaian laju injeksi bahan bakar dan saat penyalaan. Dengan demikian motor tersebut, membutuhkan ECU (Electronic Control Unit) yang berbeda dengan ECU standar yang diprogram untuk bahan bakar bensin. Dalam penelitian ini telah dilakukan peningkatan rasio kompresi menjadi 15:1 pada motor 125 FI.

1.2 Kajian Pustaka

Beberapa artikel yang ditelaah adalah:

Joko dkk, 2011. Campuran bioetanol-bensin, berdampak positif terhadap kinerja maupun emisi gas buang motor tipe 4 K 4 silinder dengan rasio kompresi 12:1, terutama pada putaran jelajah (2500-3000 rpm). Pada putaran 2500 rpm emisi gas buang paling baik pada campuran 25% etanol yaitu: CO =

1,21%, CO₂ = 12,20%, HC = 227 ppm, dan O₂ = 3,60% dan Daya = 44,4 hp, T=126,6 kg-m, SFC=0,23 kg/hp-jam, and η_{th}=35%. Sedangkan emisi gas buang terjelek terjadi pada penggunaan bahan bakar bensin tanpa etanol yaitu CO = 2, 20%, CO₂ = 11,70%, HC = 277 ppm, O₂ = 1,07% dengan kinerja motor Daya = 45,4 hp, T = 129,5 kg-m, SFC = 0,255 kg/hp-jam, and η_{th} = 30%.^[1]

Mega Nur Sasongko, 2016. Studi eksperimen pengaruh penambahan etanol terhadap kinerja motor dengan sistim penyalan busi. Motor yang digunakan motor empat langkah adalah silinder tunggal 124,8 cc; sistem injeksi tidak langsung, dan rasio kompresi 9,3:1. Pengujian dilakukan pada 8 kecepatan putaran motor mulai dari 1500 rpm sampai 5000 rpm, dengan 10 tipe campuran bensin dan etanol (E10 sampai E100). Hasilnya adalah daya efektif motor menurun dengan peningkatan etanol untuk semua variasi kecepatan putaran motor. Daya maksimum dicapai pada putaran motor 2500 sampai 3000 rpm.^[2]

M. Agus Shidiq, 2015. Melakukan perubahan rasio kompresi, melalui perubahan kepala piston dari standar 9:1 menjadi 13:1. Hasil pengujian menunjukkan perubahan tersebut berdampak positif pada tenaga dan konsumsi bahan bakar, karena semakin sempurnanya. Ketahanan motor tetap terjaga dikarenakan kekuatan komponen motor masih mampu menahan kenaikan tekanan dan temperatur. Suara motor yang sedikit lebih berisik dari standar disebabkan meningkatnya tekanan pembakaran dan juga berubahnya konsentrasi bobot piston modifikasi GM.1-54/50/13 akibat dari bentuk kepala piston yang berbeda dari kondisi standar.^[3]

1.3 Landasan Teori

Kinerja motor (*engine*) dapat dilihat dari beberapa parameter yaitu: Daya (N), Torsi (T), *Specific fuel consumption* (SFC), *Mean Effective Pressure* (MEP) dan *Thermal Efficiency* (η).^[4]

1. Daya (N)

$$N = \frac{(V_L \times n \times z \times a) \times \text{MEP}}{60 \times 0,736} \text{ (hp)} \quad (1)$$

V_L : volume langkah (m³)

MEP : *mean effective pressure* (kPa)

a : 1 (2 langkah), 1/2 (4 langkah)

z : jumlah silinder

n : putaran motor (rpm)

2. Torsi (T)

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{60 \times 0,736 \text{ N}}{2\pi n} \text{ (kN-m)} \quad (2)$$

3. *Mean Effective Pressure* (MEP)

$$\text{MEP} = \frac{0,736 \text{ N}}{V_L} \text{ (kPa)} \quad (3)$$

4. *Specific Fuel Consumption* (SFC)

$$\text{SFC} = \frac{\dot{m}_f}{N} \text{ (kg/hp-jam)} \quad (4)$$

m_f^{*} : *fuel consumption* (kg/jam)

5. *Thermal Efficiency* (η)

$$\eta = \frac{0,736 \times 3600 \text{ N}}{\dot{m}_f \times \text{LHV}} \text{ (%) } \quad (5)$$

LHV : *lower heating value* (kJ/kg)

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini masalah yang diangkat adalah:

1. Bagaimana mendapatkan kinerja terbaik dari motor yang telah dimodifikasi!
2. Bagaimana komposisi gas buang dari motor yang telah dimodifikasi!

Dalam mencari solusi permasalahan diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan pada motor 125 FI yang telah dimodifikasi dengan spesifikasi baru: motor 4 langkah 1 silinder, volume silinder 125 CC, dan *ratio* kompresi 15:1.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah etanol dengan angka oktan = 109 dan LHV = 26950 kJ/kg
3. Kondisi temperatur kerja engine 55°C.
4. Tekanan injeksi 5 bar.
5. Data uji *variable speed* diambil melalui pengujian pada dynojet.
6. Gas buang yang diukur hanya CO dan HC.

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh perubahan pola injeksi bahan bakar terhadap kinerja motor 125 FI berbahan bakar etanol E100 hasil modifikasi (melalui uji dengan dynojet).
2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan pola injeksi bahan bakar terhadap gas buang motor 125 FI berbahan bakar etanol E100 hasil modifikasi (melalui uji gas buang).
3. Mengetahui kinerja terbaik dan emisi gas buang paling ramah lingkungan dari variasi yang dicoba.

1.4 Metodologi

1.4.1 Membuat program *mapping* pola injeksi bahan bakar.

Direncanakan 5 pola injeksi bahan bakar dengan ketentuan pola 1 sampai 5 campuran udara-bahan bakar makin kaya. Pola 1 campuran paling miskin dimana motor masih dapat distart dengan mudah. Nilai 0 berarti laju injeksi *idle*, nilai 100 berarti laju injeksi ditambah 100 % laju injeksi *idle*. Secara teoritis makin banyak bahan bakar yang masuk ruang bakar, maka makin tinggi daya yang dihasilkan. Tetapi proses pembakaran yang sangat kompleks (waktunya singkat, jumlah oksigen terbatas dan fluktuasi tegangan penyalaan), menyebabkan proses pembakaran tidak berjalan sempurna, sehingga belum tentu makin banyak bahan bakar selalu dapat menghasilkan daya yang makin tinggi. Detail nilai prosentase laju injeksi yang dicoba pola 1 s/d pola 5 dapat dilihat pada tabel 1). Nilai-nilai pada tabel 1 tersebut kemudian dimasukkan ke dalam program *mapping* injeksi pada ECU, lalu motor diuji dengan ECU tersebut. Gambar 1 adalah contoh program *mapping* pola injeksi bahan bakar yang telah dimasukkan pada ECU.

1.4.2 Melakukan pengujian *Variable Speed*

Kelima pola injeksi yang telah dimasukkan kedalam program *mapping* injeksi pada ECU tersebut, kemudian diuji untuk mengoperasikan motor. Parameter kinerja motor diukur dengan dynojet. Pengukuran dibatasi pada putaran 2500 s/d 8500 rpm.

1.4.3 Pengukuran emisi Gas Buang

Pengukuran gas buang dengan *gas analyzer* pada putaran *idle* (1500 rpm) beban kosong, dan juga pada putaran 2500 rpm sampai 8500 rpm (dengan beban dynojet).



Gambar 1: Program *Mapping* Injeksi Bahan Bakar pada ECU

Tabel 1: Pola Injeksi Bahan Bakar

Pola 1										Pola 2									
Putaran Motor (rpm)										Putaran Motor (rpm)									
	1500	2500	3500	4500	5500	6500	7500	8500			1500	2500	3500	4500	5500	6500	7500	8500	
Bukaan Throttle (%)	100	52	55	58	59	60	61	62	63	Bukaan Throttle (%)	100	57	60	63	64	65	66	67	68
	90	50	53	56	57	58	59	60	61		90	55	58	61	62	63	64	65	66
	80	48	51	54	55	56	57	58	59		80	53	56	59	60	61	62	63	64
	70	46	49	52	53	54	55	56	57		70	51	54	57	58	59	60	61	62
	60	44	47	50	51	52	53	54	55		60	49	52	55	56	57	58	59	60
	50	42	45	48	49	50	51	52	53		50	47	50	53	54	55	56	57	58
	40	40	43	46	47	48	49	50	51		40	45	48	51	52	53	54	55	56
	30	38	41	44	45	46	47	48	49		30	43	46	49	50	51	52	53	54
	20	36	39	42	43	44	45	46	47		20	41	44	47	48	49	50	51	52
	10	34	37	40	41	42	43	44	45		10	39	42	45	46	47	48	49	50
7	32	35	38	39	40	41	42	43	7	37	40	43	44	45	46	47	48		
4	30	33	36	37	38	39	40	41	4	35	38	41	42	43	44	45	46		
0	21	21	21	21	21	21	21	21	0	22	22	22	22	22	22	22	22		

Pola 3										Pola 4									
Putaran Motor (rpm)										Putaran Motor (rpm)									
	1500	2500	3500	4500	5500	6500	7500	8500			1500	2500	3500	4500	5500	6500	7500	8500	
Bukaan Throttle (%)	100	62	65	68	69	70	71	72	73	Bukaan Throttle (%)	100	67	70	73	74	75	76	77	78
	90	60	63	66	67	68	69	70	71		90	65	68	71	72	73	74	75	76
	80	58	61	64	65	66	67	68	69		80	63	66	69	70	71	72	73	74
	70	56	59	62	63	64	65	66	67		70	61	64	67	68	69	70	71	72
	60	54	57	60	61	62	63	64	65		60	59	62	65	66	67	68	69	70
	50	52	55	58	59	60	61	62	63		50	57	60	63	64	65	66	67	68
	40	50	53	56	57	58	59	60	61		40	55	58	61	62	63	64	65	66
	30	48	51	54	55	56	57	58	59		30	53	56	59	60	61	62	63	64
	20	46	49	52	53	54	55	56	57		20	51	54	57	58	59	60	61	62
	10	44	47	50	51	52	53	54	55		10	49	52	55	56	57	58	59	60
7	42	45	48	49	50	51	52	53	7	47	50	53	54	55	56	57	58		
4	40	43	46	47	48	49	50	51	4	45	48	51	52	53	54	55	56		
0	23	23	23	23	23	23	23	23	0	24	24	24	24	24	24	24	24		

Pola 5									
Putaran Motor (rpm)									
	1500	2500	3500	4500	5500	6500	7500	8500	
Bukaan Throttle (%)	100	72	75	78	79	80	81	82	83
	90	70	73	76	77	78	79	80	81
	80	68	71	74	75	76	77	78	79
	70	66	69	72	73	74	75	76	77
	60	64	67	70	71	72	73	74	75
	50	62	65	68	69	70	71	72	73
	40	60	63	66	67	68	69	70	71
	30	58	61	64	65	66	67	68	69
	20	56	59	62	63	64	65	66	67
	10	54	57	60	61	62	63	64	65
7	52	55	58	59	60	61	62	63	
4	50	53	56	57	58	59	60	61	
0	25	25	25	25	25	25	25	25	

Spesifikasi dan komposisi penyetelan motor:

Volume langkah = 125 cc
 Rasio kompresi = 15:1
 Saat penyalaan = 20° BTDC
 Tegangan penyalaan = 12 Volt
 Putaran idle = 1500 rpm

Celah katup hisap = 0,10 mm (toleransi 0,02 mm)
 Celah katup buang = 0,17 mm (toleransi 0,02 mm)
 Bahan bakar = ethanol E100
 Laju injeksi idle = 90 cc/min
 Busi = busi standar (celah 0,8 mm)

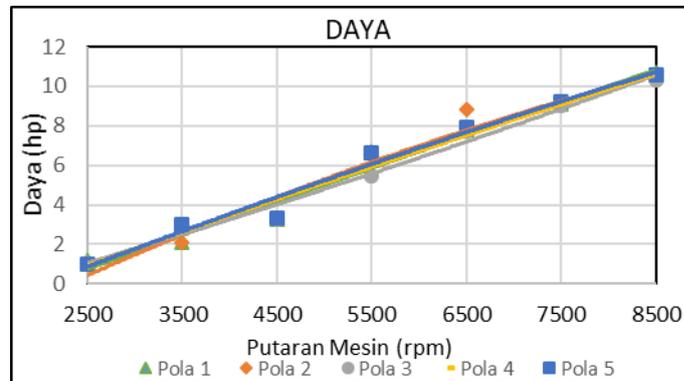


Gambar 6: Pengukuran Kinerja dengan Dynojet

2. Pembahasan

2.1 Daya Motor

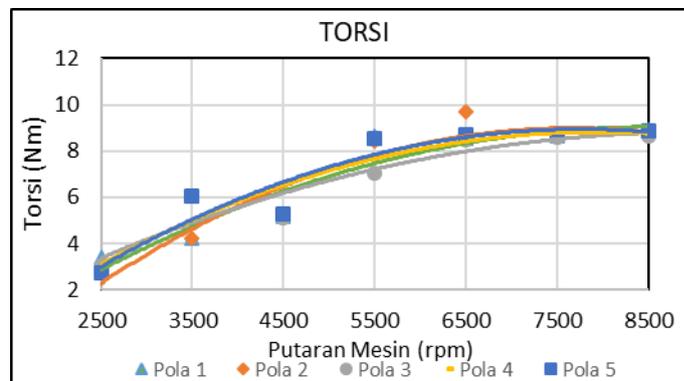
Daya motor pada putaran jelajah (6500 rpm) berurutan dari pola 1 sampai 5 adalah: 7,70 hp; 7,80 hp 7,30 hp; 7,60 hp dan 7,50 hp. Daya tertinggi 7,80 hp pada pola 2. Hal ini berarti pola 2 dimana campuran udara-bahan bakar relatif miskin, paling sesuai dengan komposisi setelan motor, sehingga menghasilkan daya yang paling tinggi.



Gambar 2: Daya vs Putaran Motor

2.2 Torsi Motor

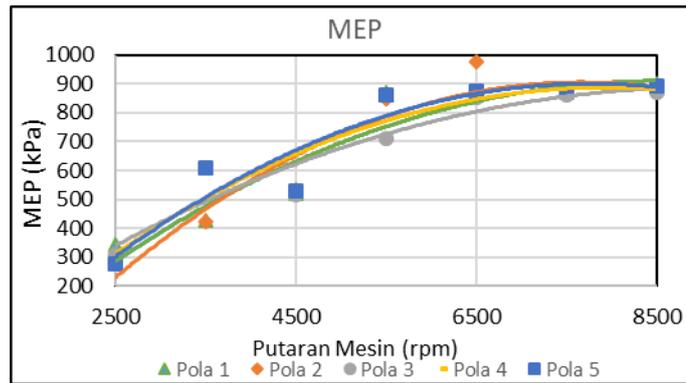
Torsi motor pada putaran jelajah (6500 rpm) berurutan dari pola 1 sampai 5 adalah: 8,30 Nm; 8,40 Nm 8,00 Nm; 8,20 Nm dan 8,30 Nm. Torsi tertinggi 8,40 Nm pada pola 2. Sesuai dengan hasil pengukuran daya, pola 2 dimana campuran udara-bahan bakar relatif miskin, paling sesuai dengan komposisi setelan motor, sehingga menghasilkan torsi yang paling tinggi.



Gambar 3: Torsi vs Putaran Motor

2.3 MEP

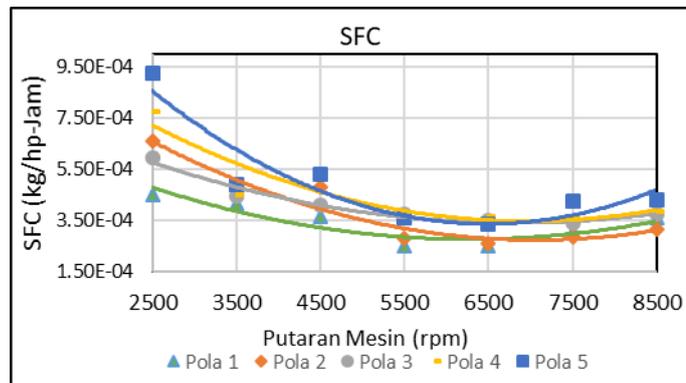
MEP pada putaran jelajah (6500 rpm) berurutan dari pola 1 sampai 5 adalah: 880 kPa; 880 kPa; 810 kPa; 810 kPa dan 810 kPa. MEP tertinggi 880 kPa pada pola 2. Sesuai dengan hasil pengukuran daya, pola 2 dimana campuran udara-bahan bakar relatif miskin, paling sesuai dengan komposisi setelan motor, sehingga menghasilkan MEP yang paling tinggi.



Gambar 4:MEP vs Putaran Motor

2.4 SFC

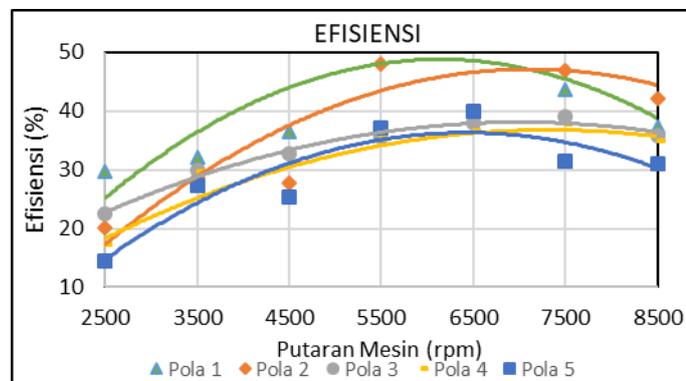
SFC pada putaran jelajah (6500 rpm) berurutan dari pola 1 sampai 5 adalah: $2,6 \times 10^{-4}$ kg/hp-jam; $2,6 \times 10^{-4}$ kg/hp-jam; $3,4 \times 10^{-4}$ kg/hp-jam; $3,3 \times 10^{-4}$ kg/hp-jam dan $3,4 \times 10^{-4}$ kg/hp-jam. SFC terendah $2,6 \times 10^{-4}$ kg/hp-jam pada pola 2. Pola 2 dimana campuran udara-bahan bakar relatif miskin, SFC yang paling rendah. Jadi pola 2 paling sesuai dengan komposisi setelan motor.



Gambar 5: SFC vs Putaran Motor

2.5 Efisiensi

Efisiensi pada putaran jelajah (6500 rpm) berurutan dari pola 1 sampai 5 adalah: 48 %; 46 %; 38 %; 36 % dan 36 %. Efisiensi tertinggi 48 % pada pola 2. Pola 2 menghasilkan daya tertinggi dan SFC terendah (paling hemat bahan bakar) sehingga efisiensinya paling tinggi. Jadi pola 2 paling sesuai dengan komposisi setelan motor.



Gambar 6: Efisiensi vs Putaran Motor

2.6 Gas Buang

Peraturan menteri lingkungan hidup Republik Indonesia nomor 05 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama, tentang baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru kategori L adalah sebagai berikut:^[9]

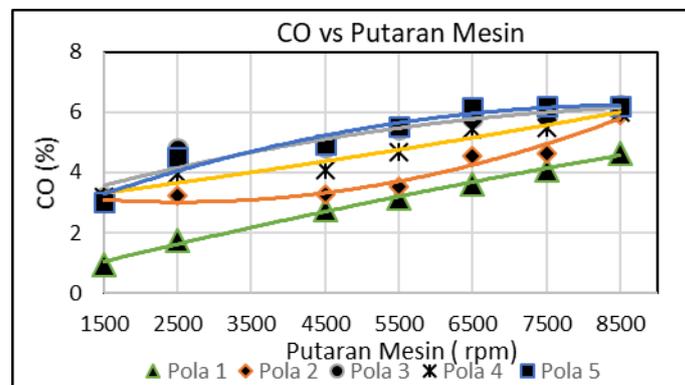
Tabel 2: Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor Kategori L

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO %	HC ppm	
Sepeda Motor 2 Langkah	< 2010	4,5	12000	Idle
Sepeda Motor 4 Langkah	< 2010	5,5	2400	Idle
Sepeda Motor 4 Langkah dan 2 langkah	> 2010	4,5	2000	Idle

Hasil Pengukuran CO (gambar 7) menunjukkan bahwa, secara umum dari pola 1 sampai 5 dimana campuran semakin kaya, produksi CO pada gas buang cenderung meningkat, Hal ini karena campuran makin kaya sehingga kekurangan oksigen sebagai pengoksidasi. Jadi sebagian partikel bahan bakar tidak teroksidasi dengan sempurna dan keluar ruang bakar dalam bentuk senyawa CO. Dalam hal ini pola 1 dan 2 menunjukkan hasil yang terbaik.

Hasil Pengukuran CO menunjukkan bahwa, pada putaran idle (1500 rpm) kandungan CO dalam gas buang pola 1 sampai 5 berurutan: 0,951 %; 3,05 %; 3,04 %; 3,03 % dan 3,06 %. Mengacu pada peraturan menteri lingkungan hidup nomor 05 tahun 2006 (tabel 2) nilai tersebut masih dibawah ambang batas.

Pada putaran jelajah 6500 rpm (pengujian dengan dynojet) menghasilkan CO berurutan dari pola 1 sampai 5: 3,6 %; 4,5 %; 6,1 %; 5,5 %; 6,2 %. Pola 1, 2 dan 4 masih dibawah ambang batas sedangkan pola 3 dan 5 sedikit diatas ambang batas. Hal ini karena pada putaran tinggi waktu pembakaran semakin singkat sehingga tidak memberikan kesempatan bahan bakar untuk teroksidasi secara sempurna. Dengan demikian kandungan CO dalam gas buang cenderung meningkat.

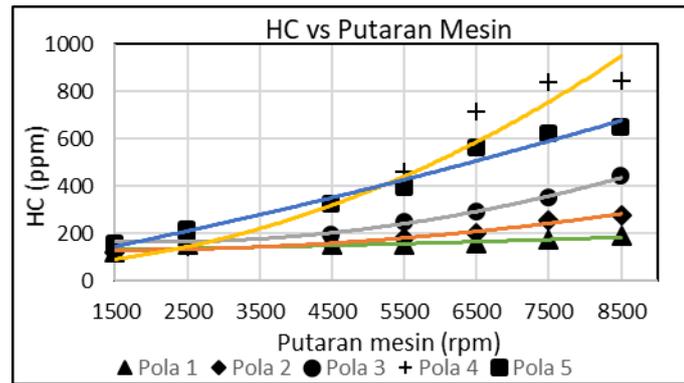


Gambar 7: Gas Karbonmonoksida vs Putaran Motor

Hasil Pengukuran HC (gambar 8) menunjukkan bahwa, secara umum dari pola 1 sampai 5 produksi HC pada gas buang cenderung meningkat, Hal ini karena pada campuran makin kaya sehingga makin kekurangan oksigen. Oleh karena itu sebagian partikel bahan bakar tidak bertemu dengan oksigen dan keluar ruang bakar dalam bentuk senyawa HC. Dalam hal ini pola 1 dan 2 menunjukkan hasil yang terbaik.

Pada putaran idle (1500 rpm) kandungan HC dalam gas buang berurutan dari pola 1 sampai 5: 120 ppm, 120 ppm, 153 ppm, 138 ppm dan 153 ppm,. Mengacu pada peraturan menteri lingkungan hidup nomor 05 tahun 2006 (tabel 2) nilai tersebut masih jauh dibawah ambang batas.

Pada putaran jelajah 6500 rpm (pengujian dengan dynojet) menghasilkan HC berurutan dari pola 1 sampai 5: 158 ppm, 202 ppm, 288 ppm, 500 ppm dan 580 ppm. Jadi untuk semua variasi pola injeksi yang dicoba menghasilkan HC jauh dibawah ambang batas. Hal ini merupakan bukti bahwa ethanol E100 merupakan bahan bakar alternatif dan *renewable* yang potensial sekaligus ramah lingkungan.



Gambar 8: Emisi Hidrokarbon vs Putaran Motor

3. Kesimpulan

3.1 Kinerja Motor

1. Daya pada putaran jelajah (6500 rpm) tertinggi 7,80 hp pada pola 2.
2. Torsi pada putaran jelajah (6500 rpm) tertinggi 8,40 Nm pada pola 2.
3. MEP pada putaran jelajah (6500 rpm) tertinggi 880 kPa pada pola 2.
4. SFC pada putaran jelajah (6500 rpm) terendah 0,00026 kg/hp-jam pada pola 2.
5. Efisiensi pada putaran jelajah (6500 rpm) tertinggi 48 % pada pola 2.

3.2 Gas Buang

1. Emisi CO dari pola 1 sampai 5 makin meningkat sebagai akibat campuran makin kaya (kekurangan oksigen), sehingga teroksidasi sebagian.
2. Emisi HC dari pola 1 sampai 5 makin meningkat sebagai akibat campuran makin kaya sehingga sebagian partikel bahan bakar tidak bertemu dengan oksigen dan tidak teroksidasi.
3. Pada putaran idle, emisi CO dan HC dibawah ambang batas peraturan menteri lingkungan hidup no.5 tahun 2006 untuk kategori kendaraan bermotor L.
4. Pada putaran jelajah, emisi CO dan HC pola 1 dan 2 juga masih dibawah ambang batas peraturan menteri lingkungan hidup no.5 tahun 2006 untuk kategori kendaraan bermotor L.

3.3 Kesimpulan Umum

Secara keseluruhan program *mapping* injeksi pada ECU, pola injeksi 2 menghasilkan kinerja motor yang paling baik dari semua variasi yang dicoba serta menghasilkan emisi gas buang yang berada dibawah ambang batas peraturan menteri lingkungan hidup no.5 tahun 2006 untuk kategori kendaraan bermotor L.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih sebesar-besarnya kepada ITS Surabaya yang telah membiayai penelitian ini. Terima kasih juga kepada semua rekan sejawat dan mahasiswa yang telah berpartisipasi aktif dalam proses pelaksanaan penelitian, semoga semua bantuan tersebut tercatat sebagai amal sholeh....aamiin.

Daftar Pustaka

- [1]. Joko Sarsetiyanto, Mahirul Mursid dan Nur Husodo, 2011. Kajian Eksperimental Pengaruh Penggunaan bahan bakar Campuran Bioethanol-Bensin Terhadap Kinerja dan Emisis Gas Buang Motor Bensin Standar 4 Langkah Tipe 4 K. Jurnal Purifikasi, Vol 12. No 1, Juli 2011.
- [2]. Mega Nur Sasongko, 2016. Pengaruh prosentase etanol terhadap daya dan konsumsi bahan bakar motor pembakaran busi, Jurnal Energi dan Manufaktur Vol. 9 No. 2, Oktober 2016 (147-149).
- [3]. M. Agus Shidiq, 2015. Redesain Piston Modifikasi GM.1-54/50/13 Pada Penggunaan Ethanol-100, Jurnal Enggeneering, Teknik Motor Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal, Vol. 11 No 2, Oktober 2015.

- [4]. Obert, F. Edward: "Internal Combustion Engines & Air pollution", 3rd Copyright 1973 by Harper & Row, Publishers, Inc., New York, USA, 1973.
- [5]. Jeuland, N., Montagne, X., and Gautrot, X. 2004. Potentiality of Ethanol as a Fuel for Dedicated Engine. *Journal of Oil & Gas Science and Technology*. Vol. 59, No. 6, pp. 560-565.
- [6]. Sulistiyo, B., Sentanuhady, J., dan Susanto, A. 2009. Pemanfaatan ethanol sebagai *Octane Improver* Bahan Bakar Bensin Pada Sistem Bahan Bakar Injeksi Sepeda Motor 4 Langkah 1 Silinder. *Jurnal Teknik*. Vol.1, pp. 1-2.
- [7]. Crouse, William H. : "Automotive Mechanics", 10th edition, McGraw Hill International, New York, 2003.
- [8]. James D Halderman: "Automotive Technology Principles Diagnosis and Service", 4th edition, New Jersey, 2012.
- [9]. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.