

---

## PERFORMA MOTOR 4 LANGKAH BERBAHAN BAKAR CAMPURAN *BIOETHANOL* DAN PERTALITE DENGAN PERUBAHAN *IGNITION TIMING*

Farid Majedi<sup>1</sup>, Ratna Muninggar<sup>2</sup>, Nanang Romandoni<sup>3</sup>,  
<sup>1,2,3</sup> Mesin Otomotif, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun  
Jalan Serayu 84 Madiun  
farid@pnm.ac.id<sup>1</sup>, ratnamuninggar@gmail.com<sup>2</sup>, nanang@pnm.ac.id<sup>3</sup>

### Abstrak

Mesin empat langkah didesain untuk bahan bakar yang sesuai standart pabrikan yang telah ditentukan. Dengan adanya penambahan *bioethanol* E50 pada campuran bahan bakar maka diperlukan beberapa modifikasi pada mesin. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu memodifikasi *timing pengapian* yang tepat agar dapat meningkatkan performa dan menurunkan emisi gas buang. Metode yang digunakan adalah memajukan sudut pengapian sebesar 28° dan 32°, dari kondisi standar yaitu 15°. Pemajuan sudut pengapian dilakukan dengan cara merubah posisi *pick up* (tonjolan) magnet. Pengujian dilakukan menggunakan *dynotest* untuk performa dan gas *analyzer* untuk emisi gas buang. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui performa mesin dan emisi gas buang dengan perubahan *Ignition Timing* : 28° dan 32° terhadap pada sepeda motor berbahan bakar E50. Berdasarkan hasil pengujian, penambahan *bioethanol* E50 kedalam bahan bakar meningkatkan daya dan torsi dari kondisi standart E50. Daya maksimum dicapai oleh sudut pengapian 28° sebesar 5,1 KW pada 6000 rpm naik 66,7% dari mesin standar E50. Torsi maksimum dicapai oleh sudut pengapian 28° sebesar 9,4 Nm pada 4500 rpm naik 16% dari mesin standar E50. Untuk emisi gas buang, konsentrasi CO terendah dicapai oleh sudut pengapian 28° E50 sebesar 2,53% pada 4000 rpm, turun 19,4% dari mesin standar E50. Konsentrasi HC terendah dicapai oleh sudut pengapian 32° E50 sebesar 102 ppm pada 4000 rpm, turun 93,4% dari kondisi standar E50. Konsentrasi CO<sub>2</sub> terendah dihasilkan oleh sudut pengapian 28° E50 sebesar 1 % pada 4000 rpm, turun 37,5% dari kondisi standar E50. Konsentrasi O<sub>2</sub> naik dikedua variasi.

**Kata kunci :** sudut pengapian; E50; daya; torsi; emisi

### Abstract

*The four stroke engine is designed for fuel according to predetermined manufacturer standards. With the addition of E50 bioethanol to the fuel mixture, some modifications to the engine are required. One way that can be done is to modify the correct ignition timing in order to improve performance and reduce exhaust emissions. The method used is advancing the ignition angle of 28 ° and 32 °, from the standard conditions of 15 °. The advancement of the ignition angle is done by changing the position of the magnetic pick-up (protrusion). Tests were carried out using the dynotest for performance and a gas analyzer for exhaust emissions. The research objective was to determine engine performance and exhaust emissions with changes in Ignition Timing: 28 and 32 on motorbikes fueled by E50. Based on the test results, the addition of E50 bioethanol into the fuel increases the power and torque from the E50 standard conditions. Maximum power is achieved by a 28 ° ignition angle of 5.1 KW at 6000 rpm, a 66.7% increase over the standard E50 engine. Maximum torque is achieved by a 28 ° ignition angle of 9.4 Nm at 4500 rpm, a 16% increase over the standard E50 engine. For exhaust emissions, the lowest CO concentration is achieved by an ignition angle of 28 ° E50 of 2.53% at 4000 rpm, down 19.4% from the standard E50 engine. The lowest HC concentration was achieved by an ignition angle of 32 ° E50 of 102 ppm at 4000 rpm, down 93.4% from the standard condition of E50. The lowest CO<sub>2</sub> concentration is produced by an ignition angle of 28 ° E50 of 1% at 4000 rpm, a 37.5% decrease from the standard condition of E50. The concentration of O<sub>2</sub> rises in both variations.*

**Key words :** ignition angle; E50; power; torque; emission

---

## PENDAHULUAN

Berdasarkan Ditjen Migas 2010, kandungan minyak bumi di tahun 2011 tersisa 7,73 milyar barel. Dengan begitu ketersediaan cadangan minyak dengan tingkat produksi 500 juta barel per tahun, diperkirakan akan habis dalam waktu 18 tahun (Nasional, 2005). Untuk mengatasi hal tersebut, maka pemerintah telah menerbitkan Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006 yang membahas tentang pengembangan bahan bakar alternatif, salah satunya adalah *Bioethanol*.

Pengembangan dan implementasi pengaplikasian bahan bakar *bioethanol* sebagai bahan bakar semakin variatif. Disini menggunakan bahan bakar *bioethanol* yang sesuai dengan sifat fisiknya yaitu mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran dan meminimalkan pencemaran udara yang terbukti mampu menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi pengaruh variasi *ignition timing* pada kendaraan Supra Fit 2004 pada pengujian *variable speed* terhadap unjuk kerja emisi gas buang motor bensin. Penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh pada bahan bakar

pertalite dengan kadar *bioethanol* kadar 99%, dengan ditinjau dari sudut pengapian pada motor bensin 4 langkah terhadap torsi, daya, dan emisi gas buang yang dihasilkan. Dari penelitian sebelumnya yang berorientasi *timing ignition* dan E50 antara lain : Dengan menggunakan bahan bakar E50 dengan sudut pengapian 25° mampu meningkatkan torsi pada rpm 2000 sebesar 1,996 Nm (Rokman & Romy, 2017), Dengan menggunakan bahan bakar campuran E50 terbukti dapat memberikan hasil terbaik di daya dan emisi gas buang yaitu HC(Hidrokarbon)(Karadia & Nayyar, 2017). Untuk itu penelitian ini dibuat atas dasar penelitian sebelumnya menggunakan bahan bakar E50 yang akan di aplikasikan pada motor bensin dengan melakukan beberapa variasi di Ignition Timing yang diajukan yaitu di 28° dan 32° BTDC. Didukung dengan adanya beberapa jurnal diatas, penambahan *bioethanol* kedalam campuran bahan bakar membutuhkan sudut pengapian yang lebih awal dari sudut pengapian standart kendaraan. Sehingga dapat meningkatkan performa dan menurunkan emisi bahan bakar yang lebih baik pada kendaraan.

Dari penelitian yang sebelumnya pernah diadakan, maka penulis ingin menyempurnakan dan akan meneliti tentang “Perubahan *Ignition Timing* : 28° Dan 32° Pada Performa Dan Emisi Gas Buang Motor 4 Langkah Berbahan Bakar Campuran *Bioethanol* Dan Pertalite”. Penelitian ini diharapkan mampu menjadi solusi untuk produksi energi alternatif sekaligus terobosan terbaru yang selama ini masyarakat harapkan. Adapun tujuan yang ingin dicapai dari adanya penelitian ini adalah untuk mengetahui performa mesin dan emisi gas buang perubahan *Ignition Timing* : 28° dan 32° terhadap pada sepeda motor berbahan bakar E50.

## METODE PELAKSANAAN

### Bahan Baku

Dalam penelitian ini, Honda Supra Fit 2004 dimodifikasi sudut pengapian pada mesin guna memajukan sudut pengapian dilakukan dengan merubah posisi *pick up* (tojolan) magnet dengan cara menambah dan mengurangi *pick up* magnet di masing-masing sisi. Bahan bakar yang digunakan adalah campuran antara *bioethanol* 50% dan pertalite 50% atau E50. Tujuan dilakukannya modifikasi sudut pengapian ini adalah untuk menurunkan emisi gas buang yang dihasilkan menggunakan bahan bakar E50 (*bioethanol* 50% dan pertalite 50%) yang nantinya akan dibandingkan dengan mesin standar pabrikan.

### Metode Penelitian

Gambar 1 adalah skema penelitian berupa pengujian dynotest dan emisi gas buang. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan pengaruh variabel Independen (sudut pengapian standart (15°), sudut pengapian variasi 1 (28°) dan sudut pengapian variasi 2 (32°)) terhadap variasi dependen

(daya, torsi dan emisi gas buang (HC,CO,CO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>) dalam kelompok eksperimental.

Dalam penelitian ini dilakukan dimodifikasi sudut pengapian pada mesin guna memajukan sudut pengapian dari standar 15° ke 28° dan 32°. Pengujian dilakukan dengan menguji *dynotest* dan *gas analyser* untuk mendapatkan daya, torsi dan emisi gas buang.



Gambar 1 Skema Pengujian Dynotest dan Gas Analyser

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Pengujian

Setelah hasil modifikasi mesin selesai dilakukan pengujian konsumsi bahan bakar dan emisi *dynotest* dan *gas analyser* untuk mendapatkan daya, torsi dan emisi gas buang terutama gas beracun CO dan HC

Tabel 1 Daya pengujian standart dan variasi dalam satuan Ps

RPM	DAYA (Ps)			
	Standart	Standart E50	Variasi 28° E50	Variasi 32° E50
3000	3,7	3,5	3,8	1,9
3500	4,7	3,6	4,5	4,6
4000	5,5	3,8	5,3	5,2
4500	6,1	4	6	5,5
5000	6,8	4,2	6,6	5,7
5500	7,3	3,9	6,7	6,1
6000	7,7	2,3	6,9	6,3

<b>6500</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>6,6</b>	<b>6,1</b>
<b>7000</b>	<b>7,9</b>	<b>-</b>	<b>7</b>	<b>6,2</b>
<b>7500</b>	<b>7,9</b>	<b>-</b>	<b>6,6</b>	<b>5,9</b>
<b>8000</b>	<b>7,9</b>	<b>-</b>	<b>7,2</b>	<b>6</b>
<b>8500</b>	<b>7,7</b>	<b>-</b>	<b>7,3</b>	<b>6,5</b>
<b>9000</b>	<b>7,7</b>	<b>-</b>	<b>7,5</b>	<b>6,8</b>

**Tabel 2 Torsi pengujian standart dan variasi dalam satuan Nm**

<b>TORSI (Nm)</b>				
<b>RPM</b>	<b>Standart</b>	<b>Standart E50</b>	<b>Variasi 28° E50</b>	<b>Variasi 32° E50</b>
<b>3000</b>	<b>8,1</b>	<b>8,1</b>	<b>8</b>	<b>4,2</b>
<b>3500</b>	<b>9,4</b>	<b>7,2</b>	<b>9</b>	<b>9,3</b>
<b>4000</b>	<b>9,7</b>	<b>6,6</b>	<b>9,3</b>	<b>9,1</b>
<b>4500</b>	<b>9,6</b>	<b>6,3</b>	<b>9,4</b>	<b>8,6</b>
<b>5000</b>	<b>9,6</b>	<b>5,9</b>	<b>9,3</b>	<b>8</b>
<b>5500</b>	<b>9,3</b>	<b>5,0</b>	<b>8,6</b>	<b>7,8</b>
<b>6000</b>	<b>9</b>	<b>2,6</b>	<b>8,1</b>	<b>7,4</b>
<b>6500</b>	<b>8,6</b>	<b>-</b>	<b>7,2</b>	<b>6,6</b>
<b>7000</b>	<b>7,9</b>	<b>-</b>	<b>7,1</b>	<b>6,3</b>
<b>7500</b>	<b>7,4</b>	<b>-</b>	<b>6,1</b>	<b>5,5</b>
<b>8000</b>	<b>6,9</b>	<b>-</b>	<b>6,3</b>	<b>5,3</b>
<b>8500</b>	<b>6,5</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>5,4</b>
<b>9000</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>5,8</b>	<b>5,3</b>

**Tabel 3 Data Kadar Karbon Monoksida (CO)**

<b>KADAR CO (%)</b>				
<b>RPM</b>	<b>Standart</b>	<b>Standart E50</b>	<b>VARIASI</b>	
			<b>V. 28°</b>	<b>V. 32°</b>
<b>2000</b>	<b>4,25</b>	<b>4,42</b>	<b>2,55</b>	<b>3,46</b>
<b>3000</b>	<b>4,39</b>	<b>3,39</b>	<b>3,17</b>	<b>4,19</b>
<b>4000</b>	<b>4,11</b>	<b>3,14</b>	<b>2,53</b>	<b>3,74</b>
<b>5000</b>	<b>4,2</b>	<b>3,05</b>	<b>3,36</b>	<b>3,43</b>
<b>6000</b>	<b>2,97</b>	<b>3,11</b>	<b>3,22</b>	<b>3,57</b>

**Tabel 4 Data Kadar Hidrokarbon (HC)**

KADAR HC (ppm)				
RPM	Standart	Standart E50	Variasi	
			V. 28°	V. 32°
2000	3257	1230	2470	2522
3000	721	2097	941	1182
4000	979	1540	920	102
5000	670	903	574	451
6000	771	891	371	612

**Tabel 5 Data Kadar Karbon Dioksida (CO2)**

KADAR CO2 (%)				
RPM	Standart	Standart E50	Variasi	
			V. 28°	V. 32°
2000	1,5	2,2	1,5	1,3
3000	1,4	1,3	1,5	1,8
4000	1,4	1,6	1	1,6
5000	1,9	1,7	1,6	1,6
6000	2,6	1,8	1,9	1,9

**Tabel 6 Data Kadar Oksigen (O2)**

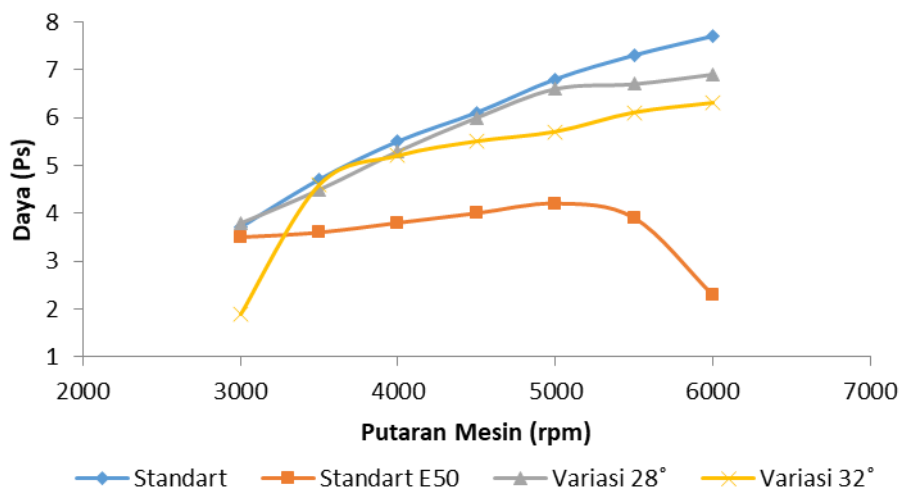
KADAR O2 (%)				
RPM	Standart	Standart E50	Variasi	
			V. 28°	V. 32°
2000	21,67	20,61	22,37	22,49
3000	23,83	22,1	22,44	21,73
4000	22,88	21,87	25	22,34
5000	22,65	21,92	23,91	25
6000	21,1	21,71	24,81	23,59

### Pembahasan

*Analisa pengaruh putaran mesin terhadap daya dengan variasi timing ignition*

Berdasarkan gambar 2 hasil perbandingan daya terhadap putaran mesin terlihat bahwa penggunaan bahan bakar E50 dapat meningkatkan daya motor bila disertai modifikasi sudut pengapian. Daya maksimum yang dicapai modifikasi dengan kemajuan sudut pengapian 28° sebesar 7 Ps atau setara 5,1 kW pada 7000 rpm, naik 66,7% dari daya tertinggi kondisi mesin standar E50, tapi mengalami penurunan 12,5% dari daya tertinggi kondisi mesin standart berbahan bakar pertalite. Pada sudut pengapian modifikasi dengan sudut pengapian 32° daya maksimum yang dicapai sebesar 6,3 Ps pada putaran 6000 rpm, naik 50% dari kondisi mesin standar E50 dan turun 21,3% dari kondisi mesin standart berbahan bakar pertalite. (Dhani & Majedi, 2019) melakukan penelitian dengan semakin tinggi variasi *timing ignition* maka daya

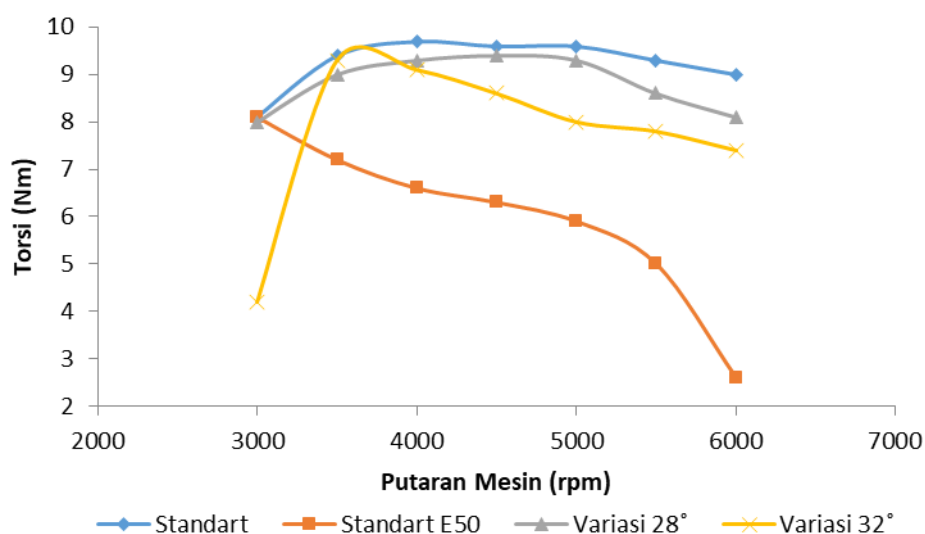
semakin besar dengan E10. Pada kondisi E50 maka variasi *timing ignition*  $28^\circ$  mempunyai nilai daya yang mendekati kondisi standar berbahan bakar pertalite.



**Gambar 2 Grafik Hubungan Daya Terhadap Putaran Mesin**

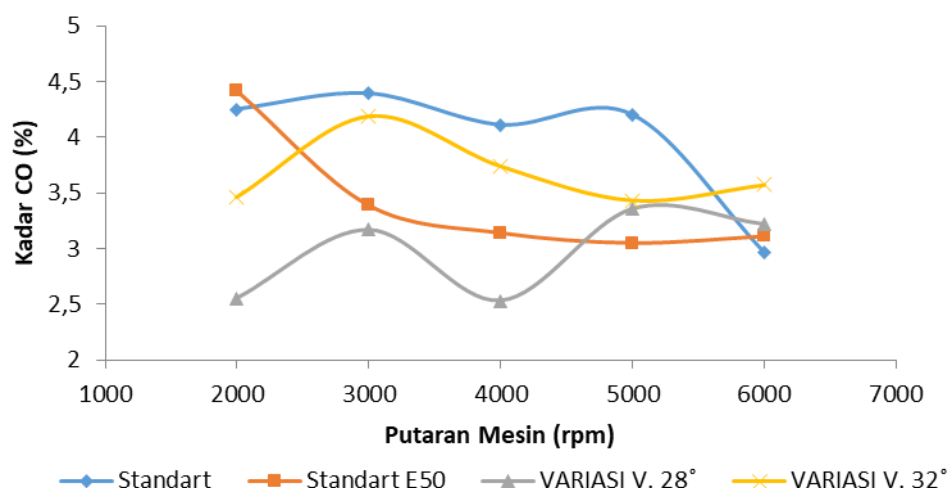
*Analisa pengaruh putaran mesin terhadap torsi dengan variasi timing ignition*

Pada gambar 3 mengenai grafik hubungan torsi terhadap putaran mesin. Terlihat bahwa torsi maksimum dari modifikasi pemajuan sudut pengapian  $28^\circ$  sebesar 9,4 Nm pada putaran 4500 rpm, mengalami peningkatan 16% dari pengapian mesin standar berbahan bakar E50 dan turun 3% dari kondisi standart berbahan bakar pertalite. Pada sudut pengapian  $32^\circ$  torsi maksimum yang dicapai sebesar 9,3 Nm pada 3500 rpm, naik 14,8% dari torsi tertinggi kondisi mesin standar E50 dan turun 3% dari torsi tertinggi kondisi mesin standart berbahan bakar pertalite. Pada kondisi E50 maka variasi *timing ignition*  $28^\circ$  mempunyai nilai torsi yang mendekati kondisi standar berbahan bakar pertalite.



**Gambar 3 Grafik Hubungan Torsi Terhadap Putaran Mesin**

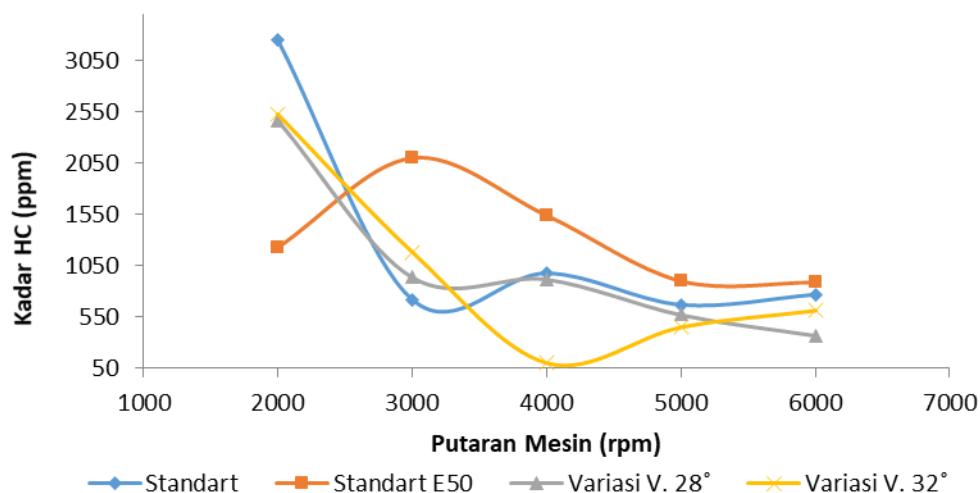
*Analisa pengaruh putaran mesin terhadap torsi dengan variasi timing ignition*



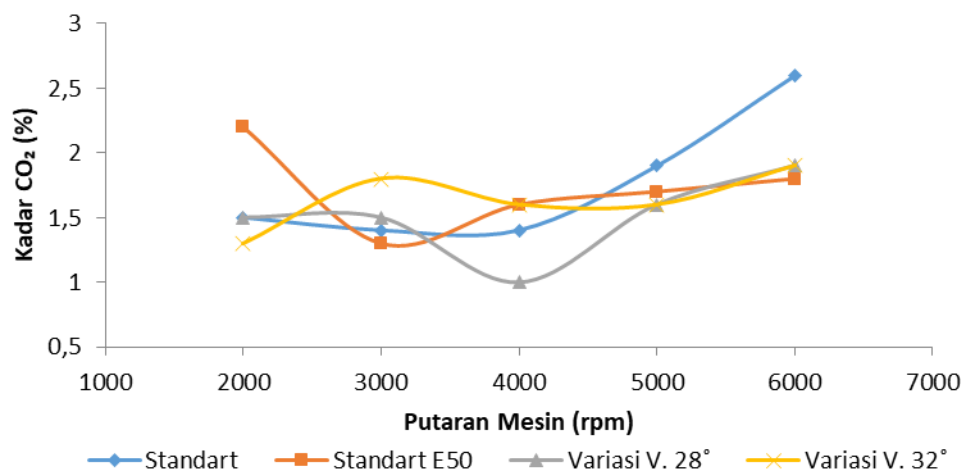
**Gambar 4 Grafik Hubungan Kadar CO Terhadap Putaran Mesin**

Berdasarkan gambar 4, menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar E50 dapat menurunkan konsentrasi CO didalam campuran bahan bakar. Konsentrasi CO maksimum dihasilkan oleh sudut pengapian standar dengan bahan bakar pertalite yaitu sebesar 4,42% pada putaran mesin 2000 rpm, hasil ini masih berada di bawah ketentuan ambang batas yang telah ditetapkan yaitu sebesar 5,5%. Sedangkan dengan menggunakan bahan bakar E50 konsentrasi CO pada sudut pengapian 28° konsentrasi CO terendah yang dihasilkan sebesar 2,53% pada putaran mesin 4000 rpm, turun 19,4% dari konsentrasi CO kondisi mesin standar E50 pada 4000 rpm dan turun 38,4% dari konsentrasi CO kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite pada 4000 rpm. Untuk sudut pengapian 32° dengan E50 konsentrasi CO terendah yang dihasilkan sebesar 3,43% pada putaran mesin 5000 rpm, naik 12,5% dari konsentrasi CO kondisi mesin standar E50 pada 5000 rpm dan turun 18,3% dari konsentrasi CO kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite. Ambang batas konsentrasi CO menurut Kementerian Lingkungan Hidup pada mesin 4 langkah tahun kendaraan <2010 adalah sebesar 5 (KLH, 2006). Jadi E50 dengan sudut pengapian 28° dan 32° masih dalam batas konsentrasi CO menurut Kemanterian Lingkungan Hidup.

Berdasarkan data kadar Hidrokarbon (HC) gambar 5, dapat diketahui bahwa konsentrasi HC maksimum dihasilkan oleh kondisi standart pertalite sebesar 3257 ppm pada putaran mesin 2000 rpm, hasil ini sudah berada diatas ketentuan ambang batas HC mesin 4 langkah tahun kendaraan <2010 yaitu 2400 ppm (KLH, 2006). Sedangkan konsentrasi HC terendah dihasilkan oleh sudut pengapian 28° dengan bahan bakar E50 yaitu sebesar 371 ppm pada putaran mesin 6000 rpm, turun 52% dari HC pada 6000 rpm kondisi mesin standar E50 dan turun 57% dari HC pada 6000 rpm kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite. Untuk sudut pengapian 32° dengan bahan bakar E50 konsentrasi HC terendah yang dihasilkan sebesar 102 ppm pada putaran mesin 4000 rpm, mengalami penurunan sebesar 93,4 % dari HC kondisi mesin standar E50 pada 4000 rpm dan turun 89,6 % dari HC pada kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite pada 4000 rpm. Pada sudut pengapian 28° dan 32° mempunyai nilai konsentrasi HC dibawah ketentuan ambang batas HC mesin 4 langkah tahun kendaraan <2010 yaitu 2400 ppm pada putaran mesin diatas 3000 rpm.

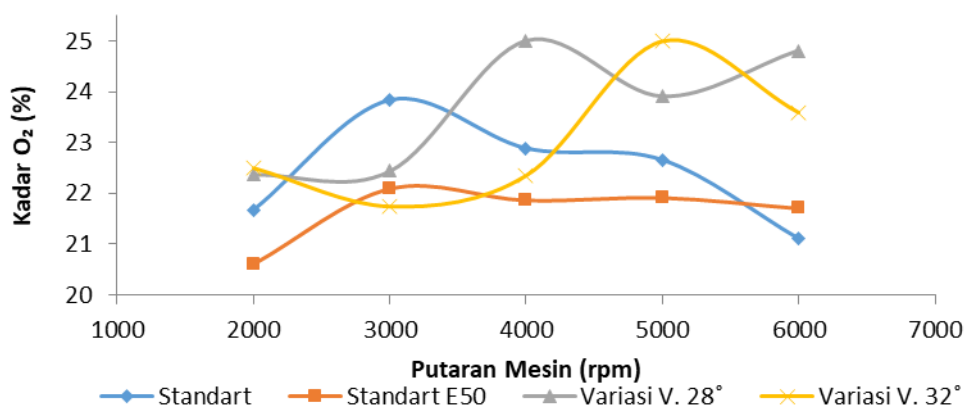


**Gambar 5 Grafik Hubungan Kadar HC Terhadap Putaran Mesin**



**Gambar 6 Grafik Hubungan Kadar CO<sub>2</sub> Terhadap Putaran Mesin**

Berdasarkan gambar 6, menunjukkan bahwa konsentrasi CO<sub>2</sub> maksimum dihasilkan oleh sudut pengapian standar dengan bahan bakar pertalite yaitu sebesar 2,6% pada putara mesin 6000 rpm. Pada sudut pengapian pengapian 28° dengan E50 konsentrasi CO<sub>2</sub> terendah yang dihasilkan adalah 1% pada putaran mesin 4000 rpm, turun 37,5% dari konsentrasi CO<sub>2</sub> mesin standart E50 pada 4000 rpm dan turun 28,6% dari konsentrasi CO<sub>2</sub> kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite pada 4000 rpm. Untuk sudut pengapian 32° dengan E50 konsentrasi CO<sub>2</sub> terendah yang dihasilkan adalah 1,3% pada putaran mesin 2000 rpm, turun 40,9% dari konsentrasi CO<sub>2</sub> dari kondisi mesin standart E50 pada 2000 rpm dan mempunyai nilai sama dari konsentrasi CO<sub>2</sub> kondsi mesin standart berbahan bakar pertalite pada 2000 rpm.



**Gambar 7 Grafik Hubungan Kadar O<sub>2</sub> Terhadap Putaran Mesin**

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan bahwa konsentrasi O<sub>2</sub> terendah yaitu dihasilkan pada mesin standar sebesar 21,1% di 6000 rpm. Konsentrasi terendah yang dihasilkan pada sudut pengapian 28° sebesar 22,37% di 2000 rpm, naik 8,5% dari konsentrasi O<sub>2</sub> mesin standart E50 pada 2000 rpm dan naik 8,8% dari konsentrasi O<sub>2</sub> kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite pada 2000 rpm. Konsentrasi terendah pada sudut pengapian 32° sebesar 21,73% di 3000 rpm, turun 1,6% dari konsentrasi O<sub>2</sub> mesin standart E50 pada 3000 rpm dan turun 8,8% dari konsentrasi O<sub>2</sub> kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite pada 3000 rpm. Nilai konsentrasi O<sub>2</sub> didalam emisi gas buang mengalami kenaikan di kedua variasi sebab berbanding terbalik dengan kadar CO<sub>2</sub>, sesuai penelitian Ayu dkk, 2019.

## KESIMPULAN

Dengan variasi E50 dan variasi *timing ignition* 28° dan 32° menghasilkan daya, torsi lebih rendah dibandingkan dengan kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite.

Dengan bahan bakar E50 dan variasi *timing ignition* 28° mempunyai kadar CO terendah dengan kondisi mesin standar berbahan bakar pertalite.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dhani, A. R., & Majedi, F. (2019). Performa dan emisi mesin empat langkah berbahan bakar campuran bioethanol dan pertalite dengan variasi timing ignition. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 5(1), 1-7. <https://doi.org/10.31884/jtt.v5i1.162>
- Karadia, E. K., & Nayyar, E. A. (2017). Effects of ethanol-gasoline blends on performance and emissions of gasoline engines. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(1), 1092–1100.
- KLH, M. negara. (2006). *Peraturan menteri negara lingkungan hidup nomor 05 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama.*
- Nasional, P. E. (2005). *BLUEPRINT pengelolaan energi nasional (2005-2025)*. Ditjen migas.
- Rokman, A. N., & Romy. (2017). Studi eksperimen optimasi sudut pengapian terhadap daya pada motor bakar 4 langkah 1 silinder dan rasio kompresi 9,5:1 dengan variasi campuran bensin premium dan bioetanol. *JOM FTEKNIK*, 4(1), 1–5.