

# Studi eksperimental pengaruh mapping waktu pengapian dan mapping durasi injeksi serta rasio kompresi terhadap perrformansi dan emisi gas buang engine honda CB150R berbahan bakar E50

Dwijo Hartono<sup>1</sup>, Marthen Paloboran<sup>2</sup>, Bambang Sudarmanta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
Email korespondensi: [sudarmanta@me.its.ac.id](mailto:sudarmanta@me.its.ac.id)

## Abstrak

Bioetanol merupakan bahan bakar nabati yang diformulasikan untuk kendaraan bermotor. Dalam penerapan bioetanol di motor bakar, memerlukan beberapa modifikasi pada mesin yang akan dipakai seperti mengubah waktu pengapian, mengubah durasi injeksi, mengubah rasio kompresi, dan memodifikasi sistem pemasukan bahan bakar mesin. Diharapkan terjadi peningkatan terhadap hasil unjuk kerja engine. Penelitian ini difokuskan pada mesin Honda CB150R dengan diawali melakukan setting pada ECU programmable. Setelah itu pengujian penginjeksian bahan bakar untuk mencapai AFR Bioetanol E50 dengan persentase penginjeksian sebesar 100, 125, 150, 175 dan 200 persen dari jumlah penginjeksian bahan bakar standar. Kemudian dilakukan pengujian dengan penggunaan Pertamina pada kondisi standar sebagai kelompok kontrol dan penggunaan Bioetanol E50 dengan variasi ignition timing sebagai kelompok uji dengan mengambil 4 variasi advance ignition timing 16°, 20°, 24° dan 28° BTDC pada rasio kompresi yang telah dirubah menjadi 12, 12,5, dan 13. Dari penelitian ini didapatkan mapping durasi injeksi yang tepat pada putaran 2000 hingga 4000 rpm adalah 150%, sedangkan pada putaran 5000 hingga 8000 rpm, durasi terbaik 125%. Sedangkan untuk mapping waktu pengapian didapatkan pada rentang 16° dan 20° BTDC.

**Kata kunci:** bioetanol 50%, durasi injeksi, ignition timing, emisi gas buang, honda CB150R, RON, temperatur operasional.

## Abstract

Bioethanol is a vegetable fuel that is formulated for motor vehicles. In the application of bioethanol in combustion engines, it requires some modifications to the engine to be used such as changing the ignition time, changing the injection duration, changing the compression ratio, and modifying the engine fuel input system. It is expected to increase the performance of the engine. This study focused on Honda CB150R engine with the initial setting on the ECU programmable. Thereafter the fuel injection testing to achieve AFR Bioethanol E50 with injection percentage of 100, 125, 150, 175 and 200 percent of the total fuel injection standard. Then tested using Pertamina under standard conditions as the control group and the use of Bioethanol E50 with ignition timing variation as the test group by 4 variations of advance ignition timing 16°, 20°, 24° and 28° BTDC at compression ratio which has been converted to 12, 12.5, and 13. From this research, the exact mapping of injection mapping at 2000 to 4000 rpm is 150%, while at 5000 to 8000 rpm, the best duration is 125%. While, the ignition timing mapping is obtained in the range of 16° and 20° BTDC.

**Keywords:** bioethanol 50%, duration of injection, ignition timing, exhaust emission, honda CB150R, RON, operating temperature.

## 1. Pendahuluan

Ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang pesat seiring dengan perkembangan serta kemajuan di bidang industri terutama permesinan, misalnya di bidang otomotif. Perkembangan tersebut tanpa didukung dari penggunaan bahan bakar alternative. Hal tersebut mengakibatkan konsumsi serta harga bahan bakar fosil meningkat, sedangkan ketersediannya semakin berkurang. Oleh karena itu diperlukan pemanfaatan energi terbarukan. Pemanfaatan energi terbarukan juga perlu diiringi dengan peningkatan performa mesin kendaraan,

sehingga performa mesin dapat bekerja secara maksimal dan kadar emisi gas buang yang dihasilkan berkurang.

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan emisi gas buang, salah satunya dalam penggunaan bahan bakar alternative seperti bioethanol. Kandungan oksigen dalam bioetanol adalah sekitar 35% [3], sebagai bahan bakar beroksigenat mempunyai banyak keuntungan dalam emisi yang dihasilkan. Senyawa oksigenat yang mempunyai keunggulan angka oktan tinggi [2] membuat bioetanol digunakan sebagai aditif bahan bakar bensin,

ditambah dengan adanya unsur O dalam ikatan kimianya akan berpengaruh pada penurunan emisi gas buang.

Dalam penerapan bioetanol di motor bakar, memerlukan beberapa modifikasi pada mesin yang akan dipakai seperti mengubah waktu pengapian, mengubah durasi injeksi, mengubah rasio kompresi, dan memodifikasi sistem pemasukan bahan bakar mesin.

Beberapa perubahan yang bisa dilakukan untuk pemakaian bioetanol di kendaraan adalah meningkatkan rasio kompresi di ruang bakar *engine*, memodifikasi sistem pemasukan bahan bakar, serta waktu pengapian. Jeuland et al [4] mengatakan bahwa rasio kompresi telah meningkat dari 9,5 ke 12,5 dengan memodifikasi geometri piston. Pada penelitian dari Sudarmanta et al [1] menunjukkan bahwa bioetanol memiliki nilai kalor sekitar 60% lebih rendah dan nilai *Research Octane Number* (RON) yang lebih tinggi dari bahan bakar bensin. Parameter ini mengharuskan adanya rasio kompresi yang lebih tinggi, memerlukan tekanan yang lebih tinggi, dan memerlukan sinkronisasi antara waktu injeksi dan waktu pengapian. Untuk tujuan tersebut, maka dibutuhkan ECU (*Electronic Control Unit*) yang bisa diprogram untuk menyesuaikan antara waktu injeksi dan pengapian.

Pada penelitian ini, dilakukan sebuah pengujian pada sepeda motor Honda CB150R dengan menggunakan bahan bakar bioetanol 50% (E50) dan metode *Maximum Best Torque*. Untuk pengoperasian bioetanol E50 pada mesin harus dilakukan pengaturan, salah satunya yaitu pada ECU dengan optimasi durasi injeksi (*duration injection*) dan waktu pengapian (*ignition timing*). Nantinya dengan penggunaan bahan bakar bioetanol E50 pada Honda CB150R didapatkan hasil berupa daya, torsi, efisiensi thermal, *bmep*, *sfc*, temperatur (*engine*, gas buang, oli pelumas), *air fuel ratio* serta emisi gas buang CO dan HC.

## 2. Metode

Pengujian eksperimen ini dilakukan pada mesin Honda CB150R dengan rasio kompresi 11, 12, 12,5 dan 13 (modifikasi), putaran dan sudut pengapian bervariasi dengan menggunakan bahan bakar bioetanol 50% (E50). Bahan bakar yang akan digunakan pada pengujian ini ada dua jenis. Untuk pengambilan data acuan, bahan bakar yang digunakan adalah Pertamina (RON 88), sedangkan untuk pengambilan data uji, bahan bakar yang dipakai adalah bioetanol E50 (RON 96).

### Alat Uji

Alat uji yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

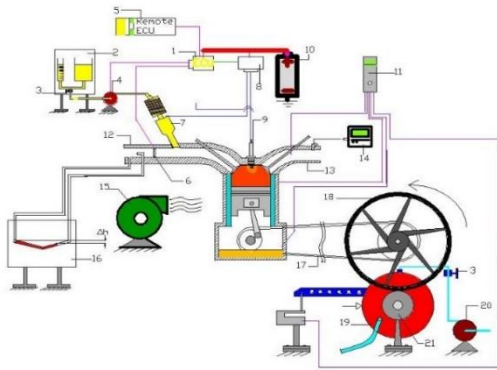


Gambar 3. Sepeda motor Honda CB150R

Dimensi	: 2,008 x 719 x 1,061 mm
Jarak sumbu roda	: 1,288 mm
Berat	: 129 kg
Jenis rangka	: Diamond Steel (Trus Frame)
Suspensi depan	: Teleskopik
Suspensi belakang	: Lengan ayun dengan uspense tunggal
Jenis ban	: Tubeless
Ukuran ban	: 80/90 ; 100/80
Jenis rem	: Cakram hidrolik untuk depan dan belakang
Transmisi	: 6 kecepatan
Sistem pengapian	: Full transistorized
Tipe Mesin	: 4 – langkah silinder tunggal (kemiringan 40° dari vertikal)
Sistem klep	: DOHC
Diameter bore	: 63,5 mm
Panjang langkah	: 47,2 mm
Rasio kompresi	: 11,0:1
Waktu pengapian	: 12o BTDC (pada putaran langsam 1600 rpm)
Katup in membuka	: 5° BTDC (pada pengangkatan 1,00 mm)
Katup in menutup	: 35° ABDC (pada pengangkatan 1,00 mm)
Katup exhaust membuka:	35° ABDC (pada pengangkatan 1,00 mm)
Katup exhaust menutup :	5° BTDC (pada pengangkatan 1,00 mm)
Daya maksimum	: 12,5 KW (17,0 PS) / 10000rpm
Torsi maksimum	: 13,1 Nm (1,34 Kgf.m) / 8000rpm

### Skema Peralatan Percobaan

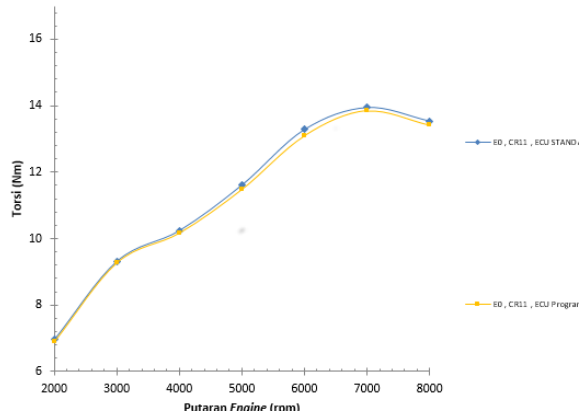
Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dan emisi gas buang CO serta HC pada mesin Honda CB150R berbahan bakar E50.



Gambar 4. Skema pengujian

Keterangan gambar 4

- |                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1. ECU                         | 3. Valve                   |
| 2. Meja gelas ukur             | 4. Pompa bahan bakar       |
| 5. Remote ECU                  | 14. Gas analyzer           |
| 6. Katup kuku - kuku           | 15. Blower                 |
| 7. Injektor                    | 16. Meja V-manometer       |
| 8. Trigger                     | 17. Chain                  |
| 9. Busi                        | 18. Roda                   |
| 10. Baterai                    | 19. Waterbrake dynamometer |
| 11. Monitor suhu - suhu sensor | 20. Pompa air              |
| 12. Intake manifold            | 21. Roller                 |
| 13. Exhaust manifold           |                            |



Gambar 5 Grafik Torsi sebagai Fungsi Putaran Engine

Dari data diatas bisa dihitung bahwa pada putaran 2000 rpm, penurunan torsi akan terjadi sebesar 2,686 % bila mengganti ECU standar dengan ECU programable. Pada putaran 7000 rpm, penurunan torsi yang terjadi adalah sebesar 1,126 % dari ECU standar, dan pada putaran engine sebesar 8000 rpm, penurunan torsi yang terjadi adalah sebesar 0,798 % dari ECU standar. Walaupun terjadi penurunan torsi, ECU programable dianggap layak untuk digunakan pada penelitian ini karena penurunan torsi yang terjadi sangat kecil.

### Analisis Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Engine Berbahan Bakar Bioetanol E100 Variasi Durasi Injeksi Bahan Bakar

Dari gambar 6 diatas ditunjukkan trendline yang merepresentasikan torsi dari engine pada tiap putaran engine dan variasi durasi penginjeksian bahan bakar dengan pemakaian bahan bakar Bioetanol E50 (RON 96). Torsi yang dihasilkan oleh durasi 100%, 125%, 150%, dan 175% memiliki trendline yang hampir sama dengan trendline yang ditunjukkan oleh bahan bakar Pertamax (RON 88) yaitu nilai torsi terus meningkat hingga putaran 7000 rpm kemudian turun saat di putaran 8000 rpm. Hal ini tidak terjadi pada durasi 200%, pada durasi ini nilai torsi terus meningkat hingga putaran 6000 rpm kemudian turun drastis di putaran 7000 rpm dan 8000 rpm.

### Rancangan Eksperimen

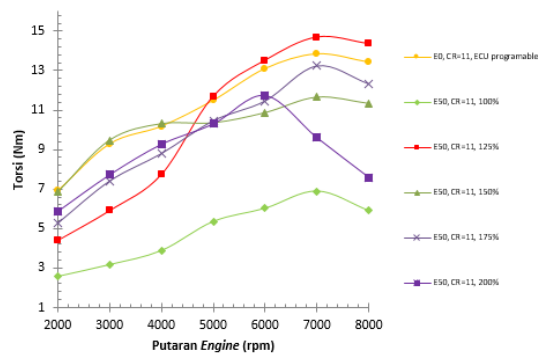
Tabel 3.1 Parameter Eksperimen

Parameter Input		Parameter Output	
Tetap	Berubah	Diukur	Dihitung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Engine Honda CB150R</li> <li>Properties bahan bakar bioetanol E50</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rasio kompresi                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 11:1</li> <li>- 12:1</li> <li>- 12,5:1</li> <li>- 13:1</li> </ul> </li> <li>Mapping durasi penginjeksian bahan bakar                             <ul style="list-style-type: none"> <li>100%, 125%, 150%, 175%, dan 200%</li> </ul> </li> <li>Sudut pengapian 16°, 20°, 24°, dan 28° BTDC.</li> <li>Putaran Engine                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2000 rpm,</li> <li>3000 rpm,</li> <li>4000 rpm,</li> <li>5000 rpm,</li> <li>6000 rpm,</li> <li>7000 rpm,</li> <li>dan 8000 rpm</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Torsi</li> <li>Waktu konsumsi bahan bakar 25 ml</li> <li>Emisi gas buang                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-CO</li> <li>-HC</li> </ul> </li> <li>Temperatur gas buang (°C)</li> <li>Temperatur engine Cylinder head (°C)</li> <li>Temperatur oli mesin (°C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daya</li> <li>BMEP</li> <li>Sfc</li> <li>qth</li> <li>AFR</li> </ul>

### 3. Hasil dan Pembahasan

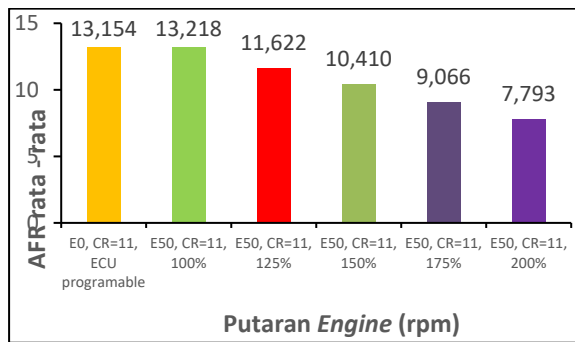
#### Analisis Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang

#### Analisis Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang



Gambar 6. Grafik torsi variasi injeksi sebagai fungsi putaran engine

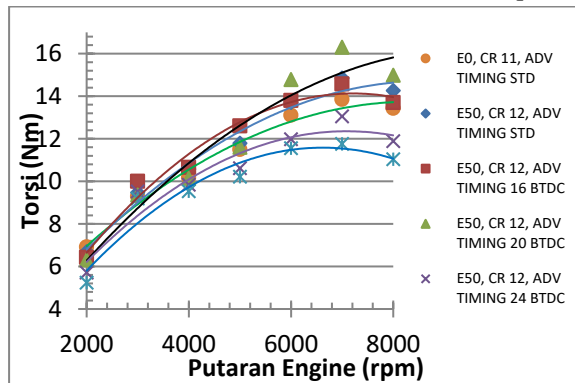
Dari gambar 7 diatas bisa diamati bahwa dengan penggantian bahan bakar ke bioetanol, AFR akan menjadi lebih miskin dari yang dihasilkan saat penggunaan Pertamina. Namun seiring penambahan durasi penginjeksian bahan bakar hingga 200%, AFR akan semakin kaya. Dengan penggunaan Bioetanol E50 durasi 100% atau durasi injeksi standar dari engine, AFR rata-rata yang didapatkan adalah sebesar 13,218:1, meningkat sebesar 0.487% dari 13,154:1 yang didapatkan dari penggunaan bahan bakar Pertamina. Hal ini bisa terjadi karena bahan bakar bioetanol memiliki kalor laten yang tinggi. Kalor laten tinggi tersebut menyebabkan temperatur udara yang memasuki ruang bakar menjadi menurun karena kalor dari udara akan diserap oleh bahan bakar bioetanol untuk menguap. Akibatnya, densitas udara menjadi lebih tinggi sehingga volume udara menjadi lebih kecil. Karena hal tersebut, maka pasokan udara yang memasuki ruang bakar akan lebih banyak akibat adanya ruang-ruang kosong yang disebabkan oleh mengecilnya volume udara di ruang bakar. Pada kondisi ini, campuran antara bahan bakar dan udara disebut dengan campuran miskin (*lean*).



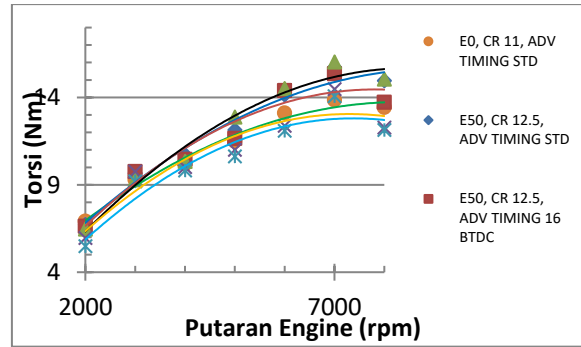
Gambar 7. Grafik Rata-rata AFR Variasi Injeksi

**Analisis Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Engine Berbahan Bakar Bioetanol E50 Dengan Variasi Ignition Timing Tiap Rasio Kompresi**

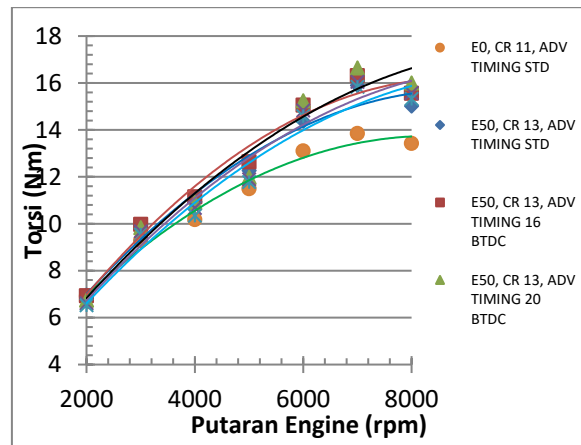
*Analisa torsi Metode MBT (Maximum Best Torque)*



(a)



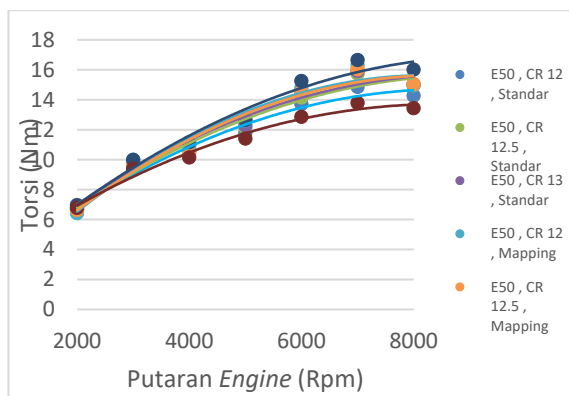
(b)



(c)

Gambar 8. Grafik Torsi vs rpm pada (a) CR 12, (b) cr 12,5, (c) CR 13

Dari grafik torsi fungsi rpm, terlihat adanya tren kenaikan torsi mulai dari putaran rendah hingga mencapai torsi maksimum pada putaran tertentu. kemudian torsi mengalami penurunan pada putaran lebih tinggi. Hal ini disebabkan, semakin tinggi putaran engine maka turbulensi aliran yang masuk ke ruang bakar akan semakin tinggi dan menyebabkan pencampuran bahan bakar dan udara semakin baik serta perambatan api juga semakin cepat sehingga torsi akan meningkat. Setelah putaran mesin semakin tinggi maka akan semakin besar kerugian-kerugian yang terjadi, seperti kerugian berupa gesekan dan adanya pembakaran yang kurang sempurna. semakin tinggi putaran engine maka friksi yang terjadi juga semakin besar. Selain itu pembakaran campuran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar juga memerlukan waktu. Ketika putaran tinggi, maka dimungkinkan pengapian yang terjadi tidak cukup cepat untuk membakar seluruh bahan bakar dalam ruang bakar, atau dengan kata lain semakin banyak sisa bahan bakar yang belum terbakar dalm ruang bakar.

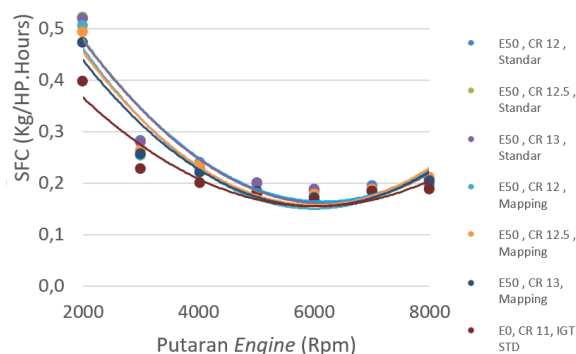


Gambar 10. torsi mapping ignition timing vs putaran engine (rpm)

Besarnya torsi berbanding lurus dengan tekanan yang dihasilkan di dalam ruang bakar. Apabila tekanannya tinggi maka torsi yang dihasilkan tinggi. Pada grafik torsi fungsi rpm didapatkan torsi tertinggi bergeser ke kanan seiring dengan bertambahnya waktu pengapian. Pada pengapian  $16^\circ$  dan  $20^\circ$  BTDC memiliki torsi tertinggi pada rpm 2000 hingga 7000, tetapi nilai torsi turun seiring bertambahnya rpm setelah nilai torsi terbesar. Hal ini dikarenakan semakin cepat putaran mesin, dengan kecepatan rambat api yang sama, dibutuhkan waktu pengapian yang lebih cepat. Sedangkan pada putaran tinggi, dengan waktu pengapian  $16^\circ$  dan  $20^\circ$  BTDC, piston mengalami ekspansi saat proses pembakaran belum mencapai peak pressure. Tekanan yang kurang maksimal ini mengakibatkan gaya dorong piston juga tidak maksimal sehingga nilai torsi menjadi turun.

#### Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

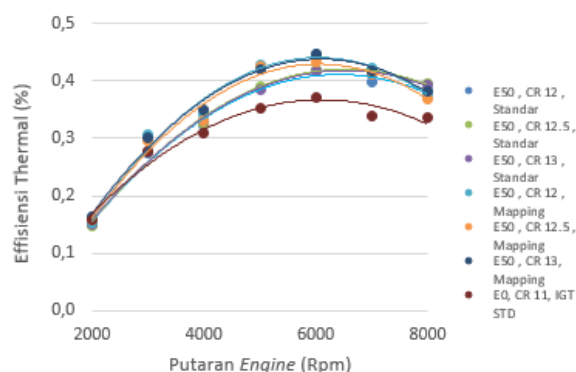
Pada gambar 11 di atas menunjukkan perubahan efisiensi thermal seiring bertambahnya putaran engine. Secara umum konsumsi bahan bakar spesifik dari rpm rendah ke tinggi akan mengalami penurunan hingga putaran mesin tertentu akan meningkat lagi. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya turbulensi aliran seiring dengan pertambahan putaran mesin, sehingga homogenitas campuran bahan bakar dan udara menjadi baik dan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Tinggi rendahnya konsumsi bahan bakar dalam teoritisnya dipengaruhi oleh besarnya daya yang dihasilkan oleh engine. Daya yang semakin tinggi menjadi pembagi dalam perhitungan konsumsi bahan bakar. Semakin advance waktu pengapian maka puncak terendah dari grafik sfc cenderung bergeser ke kanan.



Gambar 11. SFC mapping ignition timing vs rpm c. Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )

Efisiensi thermal dipengaruhi oleh besarnya torsi yang dihasilkan oleh engine. Dengan bertambahnya torsi lebih besar maka membuat nilai daya dari engine juga semakin besar. Sementara itu, daya yang dihasilkan dari engine dipakai untuk penyebut dalam perhitungan efisiensi thermal yang dibagi dengan nilai kalor bawah (NKB) bahan bakar dikalikan dengan laju aliran bahan bakar. Maka dapat disimpulkan, semakin besar nilai daya yang dihasilkan oleh engine membuat nilai efisiensi thermal menjadi semakin besar.

Dengan mapping waktu pengapian, didapat puncak tertinggi dari efisiensi thermal terdapat pada CR 12 dengan kenaikan 7,452% dari nilai efisiensi thermal pada CR 12 tanpa mapping waktu pengapian. kemudian pada CR 12,5 mengalami kenaikan sebesar 3,341%, serta pada CR 13 mengalami kenaikan sebesar 7,692% dari pengondisian tanpa mapping waktu pengapian.



Gambar 12. efisiensi thermal mapping ignition timing vs rpm

#### 4. Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian dapat disimpulkan bahwa :

Pada rasio kompresi 12 : 1 performansi mesin berupa torsi, daya, bmep, dan efisiensi thermal mengalami kenaikan rata – rata sebesar 5,395%, 6,257%, 5,935% dan 6,345%. Sedangkan untuk sfc mengalami penurunan rata – rata sebesar 6,345%.

Pada rasio kompresi 12,5 : 1 performansi mesin berupa torsi, daya, bmep, dan efisiensi thermal mengalami kenaikan rata – rata sebesar 1,447%, 1,669%, 1,447% dan 2,172%. Sedangkan untuk sfc mengalami penurunan rata – rata sebesar 3,175%.

Pada rasio kompresi 13 : 1 performansi mesin berupa torsi, daya, bmep, dan efisiensi thermal mengalami kenaikan rata – rata sebesar 3,927%, 4,619%, 3,927% dan 5,007%. Sedangkan untuk sfc mengalami penurunan rata – rata sebesar 5,931%.

Berdasarkan hasil afr E0 ecu programable pada rasio kompresi 11 didapatkan nilai rata – rata sebesar 13,154 yang berarti kondisi campuran udara dan bahan bakar berada di bawah afr stoikiometri yaitu 14,7. Sedangkan untuk hasil afr E50 ecu programable pada rasio kompresi 11 didapatkan nilai sebesar rata – rata 11,160 yang berarti kondisi campuran udara dan bahan bakar berada di bawah afr stoikiometri yaitu 12,6. Hal tersebut menunjukkan bahwa engine Honda CB150R beroperasi pada afr di bawah stoikiometri dari bahan bakar yang digunakan. Sehingga engine Honda CB150R memiliki karakteristik daya menjadi meningkat dan tidak terjadi detonasi, akan tetapi nilai waktu konsumsi bahan bakar akan menurun serta emisi CO dan HC meningkat.

#### Daftar Pustaka

- [1] Sudarmanta, B., Junipitoyo, b., Putra , A .B K., dan Sutantra 2014. Influence of Bioethanol–gasoline blended Fuel on Performance and Emissions Characteristic from Port Injection Sinjai Engine 650 cc. Journal of Applied.
- [2] Sudarmanta, B., Junipitoyo, b., Putra , A .B K., dan Sutantra 2016. *Influence of The Compression Ratio and Ignition Timing on Sinjai Engine Performance with 50% Bioethanol-Gasoline Blended Fuel.*
- [3] Feibianto Dwi Dharmawa, Renno., Sudarmanta, B., 2016. Studi Eksperimen Pengaruh Rasio Kompresi dan Durasi Penginjeksian Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Engine Honda CB150R Berbahan Bakar Bioetanol E100. Jurusan Teknik Mesin ITS FTI, Sukolilo Surabaya.
- [4] Agung Pamuji, Gayuh., Sudarmanta, B., 2016. Studi Eksperimen Pengaruh Mapping Ignition Timing dan Durasi Penginjeksian Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Engine Honda CB150R Berbahan Bakar Bioethanol E100. Jurusan Teknik Mesin ITS FTI, Sukolilo Surabaya.
- [5] Kuncayono, Priyohadi. 2013. Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia. Jurnal Teknik Pomits. Vol. 2, No.1, pp.62. <http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/3156/900>. 20 Februari 2016.
- [6] Sulistiyo, Bambang. 2009. Pemanfaatan Etanol sebagai *Octane Improver* Bahan Bakar Bensin Pada Sistem Bahan Bakar Injeksi Sepeda Motor 4 Langkah 1 Silinder. Jurnal Teknik. Vol.1, pp.12. [http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/Bambang\\_Sulistyo,\\_S.Pd.,\\_M.Eng./BS-20090721\\_-\\_Pemanfaatan\\_Etanol\\_Proceeding\\_Thermofluid\\_2009.\\_20\\_Februari\\_2016](http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/Bambang_Sulistyo,_S.Pd.,_M.Eng./BS-20090721_-_Pemanfaatan_Etanol_Proceeding_Thermofluid_2009._20_Februari_2016).
- [7] Jeuland, N., Montagne X., dan Gaurot. 2004 *Potentiality of Ethanol as a Fuel for Dedicated Engine.* Journal of Oil & Gas Science and Technology. Vol. 59, No. 6, pp. 560-565.