

STUDI EKSPERIMEN MODIFIKASI RASIO KOMPRESI PADA 4-STROKE CARBURATOR SI ENGINE DENGAN DUAL-FUEL SYSTEM BENSIN-UAP ETANOL.

Zainul Mujib ^{1*}, George Endri Kusuma ², Mardisantoso ³

Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia ¹ Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia ² Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan
Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia ³ Jln. Teknik kimia, Kampus ITS Sukolilo Surabaya

Email : zainulmujib@student.ppns.ac.id

ABSTRAK

Bahan bakar yang semakin berkurang maka dalam penelitian ini membahas tentang *dual fuel system* dimana alternatif bahan bakar yang akan digunakan adalah etanol E98, dikarenakan nilai oktan etanol sangat tinggi maka perlu modifikasi pada rasio kompresi karena nilai oktan yang tinggi memerlukan rasio kompresi yang tinggi juga, agar tidak terjadi adanya *knocking*, jadi pada pengujian kali ini akan dilakukan penambahan rasio kompresi dari kompresi standart mesin 9:1, CR 10,5:1 dan CR 11,5 sedangkan penambahan uap etanol pada penelitian ini di modifikasikan dengan bukaan katup yaitu bukaan 0°, 30°, 60° dan 90°. Menaikkan kompresi rasio terdapat beberapa cara dimana salah satunya dengan metode dom piston seperti yang akan dilakukan pada penelitian ini. Penelitian dual fuel yang menggunakan etanol sebagai bahan bakar alternatifnya banyak dilakukan akan tetapi terjadi penurunan daya pada mesinnya, maka pada penelitian ini diharapkan akan mendapatkan hasil nilai daya yang lebih bagus atau optimal dalam pembakaran. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan penambahan rasio kompresi dan masuknya uap etanol yang sudah di atur dengan bukaan valve, maka didapatkan daya maksimum rasio kompresi standart didapatkan 9,3 HP pada RPM 8000 bukaan katup 90° dan didapatkan torsi maksimum 9,7 N.m pada bukaan katup 90° di RPM 6000, sedangkan pada CR 10,5:1 didapatkan daya maksimum 9,5 HP pada bukaan katup 90° di RPM 8000 dengan torsi maksimum sebesar 9,41 N.m pada RPM 5500 bukaan katup 0°, pada variasi rasio kompresi terbesar yaitu 11,5:1 didapatkan daya maksimum sebesar 9,7 HP di RPM 8500 dengan bukaan katup 90° dan didapatkan torsi maksimum 9,79 N.m dengan bukaan katup 60° pada RPM 6000, jadi dapat disimpulkan variasi terbaik rasio kompresi pada pengujian ini terdapat pada CR 11,5:1 dan bukaan katup 60° karena didapatkan daya maksimum terbesar.

Kata kunci : etanol, *dual-fuel*, *SI Engine*, dom piston, rasio kompresi, *knocking*, RPM, CR.

Nomenclature

TMA = titik mati atas
TMB = titik mati bawah
RON = Research Octan Number
CR = Compression Ratio
VL = Volume Total

VC = Volume Clearance
D = Diameter piston
S = Panjang Langkah
(Stroke)
PV = Piston Volume
HP = HorsePower
T = Torsi turbin

PENDAHULUAN

Pemanfaatan bahan bakar minyak dalam kehidupan sehari-hari semakin banyak tidak terkecuali sumber daya bahan bakar minyak yang semakin menipis. Data Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia mencatat, jumlah kendaraan yang masih beroperasi di seluruh Indonesia pada 2013 mencapai 104,211 juta unit, naik 11 persen dari tahun sebelumnya (2012) yang cuma 94,299 juta unit, jadi dipastikan jumlah kendaraan di Indonesia semakin banyak dari tahun ke tahun hingga sekarang, sedangkan bahan bakar minyak yang terus berkurang tiap tahunnya. Bahan bakar minyak adalah sumber daya yang tidak dapat diperbaharui jadi dibutuhkan alternatif untuk mendukung adanya transportasi yang memanfaatkan bahan bakar minyak dengan pemanfaatan bahan bakar alternatif baik dengan campuran dua bahan bakar (*bifuel*), bahan bakar ganda (*dual fuel*), dan ada juga *hybrid* (menggabungkan bahan bakar minyak dan tenaga listrik). Pada pengujian ini akan menggunakan alternatif dengan bahan bakar ganda yang sering disebut *dual fuel* dengan bahan bakar yang akan digunakan adalah pertalite dengan etanol. Sedangkan nilai oktan pada etanol adalah 90 jadi diperlukan desain husus pada motor yang berstandar bensin atau bahan bakar minyak untuk menggunakannya. Nilai oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bahan bakar terbakar secara spontan, jadi nilai oktan sangat berpengaruh dengan performa mesin dan dapat mengakibatkan *knocking* pada ruang bakar jika terjadi tekanan yang tinggi sebelum bahan bakar terbakar pada waktunya, sehingga akan mengakibatkan kerusakan pada komponen mesin tersebut.

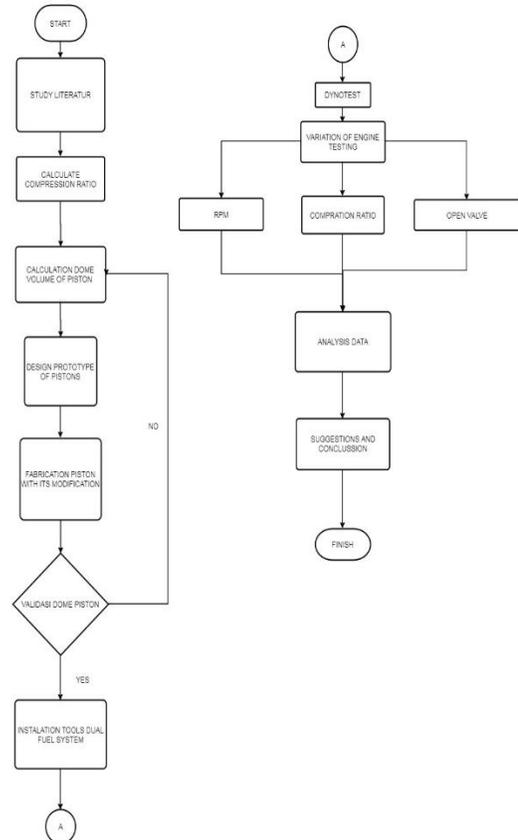
Etanol sering disebut juga etil alkohol, alkohol absolut, alkohol murni, atau alkohol saja. Etanol merupakan sejenis cairan yang mudah menguap, tak berwarna, mudah terbakar, dan termasuk jenis alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol (etil alkohol) dengan jenis yang sama dengan yang ditemukan pada minuman beralkohol dengan penggunaan sebagai bahan bakar. Etanol seringkali dijadikan bahan tambahan bensin sehingga menjadi biofuel. Produksi etanol dunia untuk bahan bakar transportasi meningkat 3 kali lipat dalam kurun waktu 7 tahun, dari 17 miliar liter pada tahun 2000 menjadi 52 miliar liter pada tahun 2007. Dari tahun 2007 ke 2008, komposisi etanol pada bahan bakar bensin di dunia telah meningkat dari 3.7% menjadi 5.4%. Pada tahun 2010, produksi etanol dunia mencapai angka 22,95 miliar galon AS (86,9 miliar liter), dengan Amerika Serikat sendiri memproduksi 13,2 miliar galon AS, atau 57,5% dari total produksi dunia. Etanol mempunyai nilai "ekuivalensi galon bensin" sebesar 1.500 galon AS. Penelitian dari Sudarmanta menunjukkan bahwa bioetanol memiliki nilai kalor sekitar 60% lebih rendah dan nilai Research Octane Number (RON)

yang lebih tinggi dari bahan bakar bensin. Bahan bakar E50 dengan CR 9,6 mempunyai range waktu awal pembakaran 20° - 26° BTDC dan mengakibatkan torsi turun sebesar 4,12%, sedangkan E50 CR 11,6 mempunyai range waktu awal pembakaran 17° - 23° mengakibatkan torsi naik 3,68%. Parameter ini mengharuskan adanya rasio kompresi yang lebih tinggi, memerlukan tekanan yang lebih tinggi, dan memerlukan sinkronisasi antara waktu injeksi dan waktu pengapian, jadi pemanfaatan etanol untuk dijadikan bahan bakar perlu modifikasi pada mesin motor bahan bakar bensin sebelumnya.

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi mesin pada motor Supra 125 karbu dengan menggunakan bahan bakar ganda yaitu pertalite dan etanol yang ada di pasaran dengan memvariasikan rasio kompresi, RPM dan bukaan katup uap etanol. Dengan modifikasi tersebut dapat memanfaatkan bahan bakar etanol untuk meminimalisir penggunaan dan kekurangan bahan bakar minyak.

2. METODOLOGI

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan beberapa langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

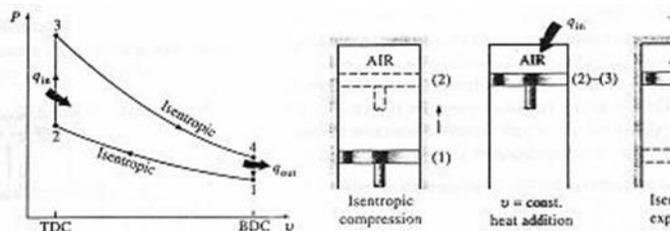


Gambar 2.1 langkah penelitian

2.1 Prinsip kerja motor bensin

Motor bakar merupakan salah satu jenis penggerak yang banyak digunakan dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakaran terjadi didalam ruang bakar motor bakar itu sendiri (Teknik Konversi Energi: 2011). Pada motor bakar berdasarkan sistem penyalanya terbagi *spark ignition* dan *compression ignition*. Dan berdasarkan siklus kerjanya terbagi menjadi 4 langkah dan 2 langkah. Sistem penyalan pada mesin bensin adalah *spark ignition* (SI) merupakan metode penyalan bahan bakar dengan bantuan api dari luar.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi unjuk kerja mesin bensin, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara, angka oktan bensin sebagai bahan bakar, tekanan udara masuk ruang bakar. Semakin besar perbandingan udara mesin akan semakin efisien, akan tetapi semakin besar perbandingan kompresi akan menimbulkan *knocking* pada mesin yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin. Untuk mengatasi hal ini maka harus dipergunakan bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi. Angka oktan pada bahan bakar mesin Otto menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara bahan bakar sebelum waktunya (*self ignition*) yang menimbulkan *knocking* tadi. Untuk memperbaiki kualitas campuran bahan bakar dengan udara maka aliran udara dibuat turbulen, sehingga diharapkan tingkat homogenitas campuran akan lebih baik. Mesin bensin empat langkah menjalani satu siklus tersusun atas empat tahapan/ langkah. Langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Motor Bensin

2.2 Prinsip Kerja Dual Fuel System

Bahan bakar ganda (*dual-fuel*) dengan bahan bakar yang akan digunakan adalah pertalite memiliki angka oktan yaitu 90 dan uap etanol. Pertalite dicampur dengan udara didalam karburator yang kemudian ditekan masuk ke ruang bakar melalui *intake manifold*. Pada sistem bahan bakar ganda (*dual-fuel*) digunakan cara *double injection system* untuk memasukkan bahan bakar uap etanol dan bensin. Terdapat tiga macam susunan yaitu *Injector* uap etanol dan pertalite langsung menyemprot kedalam ruang bakar, *Injector* uap etanol menyemprot pada ruang bakar sedangkan *Injector* pertalite menyemprot pada *intake manifold*, dan *Injector* uap etanol menyemprot pada *intake manifold* sedangkan *Injector* pertalite menyemprot pada ruang bakar.

Sebuah mesin dengan sistem dual fuel pada dasarnya adalah mesin yang dimodifikasi dimana bahan bakar bensin, disebut bahan bakar utama yang dicampur bersama dengan udara dengan menggunakan mixing yang berbentuk venturi yang akan masuk melalui intake manifold. Salah satu nya bahan bakar bensin dan etanol akan disemprotkan kedalam silinder.

2.3 Performa Motor Bensin

Performa mesin motor bakar untuk merubah energi yang masuk yaitu bahan bakar sehingga menghasilkan daya berguna disebut kemampuan mesin. Pada motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna. Daya berguna bagiannya hanya 25% yang artinya mesin hanya mampu menghasilkan 25% daya berguna yang bisa dipakai sebagai penggerak dari 100% bahan bakar. Energi yang lainnya dipakai untuk menggerakkan asesoris atau peralatan bantu, kerugian gesekan dan sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang dan melalui air pendingin. Jika dikaitkan dengan hukum termodinamika kedua yaitu tidak mungkin membuat sebuah mesin yang mengubah semua panas atau energi yang masuk menjadi kerja (Winarno dan Karnowo, 2008 : 93)

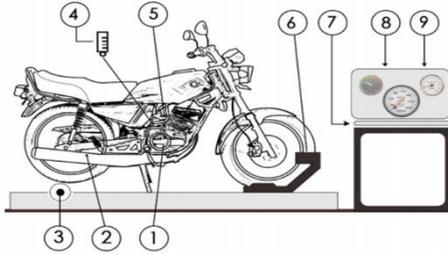
Kemampuan mesin ada 3 yaitu, pertama diameter silinder adalah diameter dimana torak atau piston akan berada untuk bergerak bolak-balik sedangkan langkah torak adalah jarak antara titik mati atas dengan titik mati bawah, yang kadang-kadang antara diameter silinder dan langkah torak digunakan untuk membedakan jenis perbandingan. Kedua, besarnya volume silinder adalah sama dengan volume udara yang berada di dalam ruangan antara titik mati atas dengan titik mati. Ketiga, rasio kompresi menunjukkan berapa jauh campuran udara dan bahan bakar yang dihisap selama langkah hisap dikompresikan dalam silinder selama langkah kompresi.

2.4 Pengujian DynoTest

Dynamometer Test atau yang biasa disebut dengan *Dyno Test* adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur torsi poros output suatu penggerak mula, besaran ini digunakan untuk menentukan daya yang bisa dihasilkan oleh penggerak mula tersebut. *Dyno Test* juga berfungsi untuk mengukur tenaga (daya) dan gaya puntir (torsi). Contohnya adalah, tenaga yang dihasilkan oleh mesin kendaraan bermotor, yang dapat dihitung dengan mengukur secara simultan torsi dan kecepatan rotasi per menit (*Revolutions Per Minute*). Manfaat utama dari alat dynamometer (dyno), adalah untuk mendapatkan nilai maksimal torsi dan daya yang ditunjukkan oleh mesin pada RPM (*Revolutions Per Minute*) tertentu.

Pada Proses pelaksanaan *dynotest* banyak sekali faktor yang bisa mempengaruhi

kinerja/performa kendaraan, diantaranya adalah jenis mesin, cc mesin, umur mesin kendaraan, berat pengendara, jenis bahan bakar yang digunakan, jenis oli/pelumas yang digunakan, suhu kendaraan pada saat pengujian, suhu dan tekanan udara pada saat pengujian serta kelembaban udara.



Gambar 2.3 Pengujian Dynotest

Keterangan gambar :

1. Mesin
2. Knalpot
3. Chassis Dynamometer
4. Indikator petunjuk bahan bakar
5. Karburator
6. Penahan motor
7. Laptop
8. Torsimeter
9. Tachometer

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian yang sudah dilakukan didapatkan hasil dan pembahasan sebagai berikut :

3.1 Perhitungan Rasio Kompresi

Perhitungan rasio kompresi dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :
Diketahui :

- Diameter Silinder (bore) = 5,24 mm
- Panjang Langkah (stroke) = 57,9 mm
- Rasio kompresi standart = 9,0:1

1. Perhitungan volume clearance

$$VL = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times S$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (5,24 \text{ CM})^2 \times 5,79 \text{ CM}$$

$$= 124,7989106 \text{ cm}^3$$

$$CR = 1 + \frac{VL}{VC}$$

$$9,0 = 1 + \frac{124,7989106}{VC}$$

$$VC = \frac{124,7989106}{8,0}$$

$$VC = 13,86654536$$

Dimana :

- VL = Volume Langkah
- D = Diameter Silinder (Bore)
- S = Langkah (Stroke)
- CR = Kompresi Rasio
- VC = Volume Clearance

2. Perhitungan Ratio Kompresi Standart Dengan Rumus

Diketahui :

$$VC (\text{volume clearance}) = 13,9$$

$$D (\text{disp volume silinder}) = 124,8$$

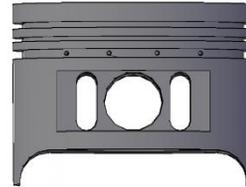
$$Pv (\text{piston volume}) = 0$$

Ditanya CR ?

$$CR = \frac{vc+(D-PV)}{VC-PV}$$

$$= \frac{13,9+(124,8-0)}{13,9-0}$$

$$= 10$$



Gambar 3.1 Piston Standart

3. Perhitungan Volume Dome Piston

Perhitungan volume dome piston pada perhitungan ini dilakukan dengan penambahan dome piston dengan ratio kompresi terbesar yaitu dengan CR 11,5 dan seterusnya CR 10,5 agar memperoleh unjuk kerja yang maksimal

a. Perhitungan Volume Dome Piston (CR 11,5)

$$CR = 1 + \frac{VL}{VC(CR 11,5)}$$

$$11,5 = 1 + \frac{124,8}{VC(CR 11,5)}$$

$$VC (CR 11,5) = \frac{124,8}{10,5}$$

$$VC (CR 11,5) = 11,88561054 \text{ cm}^3$$

$$V \text{ dome} = VC - VC(CR 11,5)$$

$$V \text{ dome} = 13,9 - 11,88561054$$

$$V \text{ dome} = 1,98093509 \text{ cm}^3$$

Jadi didapatkan volume dome piston pada CR 11,5 sebesar 1,981 cm^3

b. Perhitungan Volume Dome Piston (CR 10,5)

$$CR = 1 + \frac{VL}{VC(CR 10,5)}$$

$$10,5 = 1 + \frac{124,8}{VC(CR 10,5)}$$

$$VC (CR 10,5) = \frac{124,8}{9,5}$$

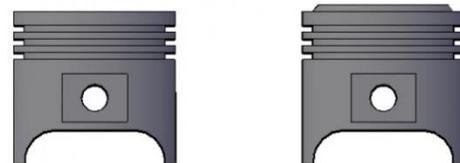
$$VC (CR 10,5) = 13,13672744 \text{ cm}^3$$

$$V \text{ dome} = VC - VC(CR 10,5)$$

$$V \text{ dome} = 13,9 - 13,13672744$$

$$V \text{ dome} = 0,7298191 \text{ cm}^3$$

Jadi didapatkan volume dome piston pada CR 10,5 sebesar 0,73 cm^3

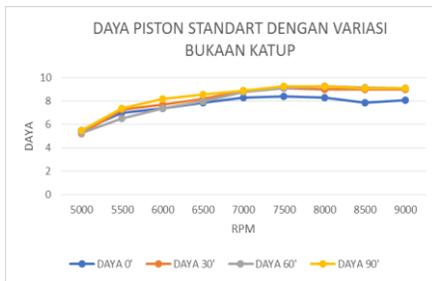


Gambar 3.2 Piston Standart Dan Piston Dome CR 10,5

3.2 Daya Maksimum

Daya yang dihasilkan pada motor pembakaran dalam terdapat 3 jenis yaitu *indicative horse power* (ihp), *brake horse power* (bhp), *friction horse power* (fhp), definisi horse power adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengangkat benda sebesar 550 pon setinggi satu kaki dalam satuan detik, sedangkan daya maksimum adalah jumlah tenaga mesin yang bekerja dalam waktu tertentu.

Daya *engine* didapatkan dengan beberapa pengujian salah satunya dengan *dynotest*. Pada pengambilan daya mesin disini dilakukan dengan *dynotest on wheels* dan variasi kompresi standart, rasio kompresi 10,5:1 dan rasio kompresi 11,5:1 dengan variasi bukaan katup etanol. Adapun daya *enine* yang didapatkan pada pengujian ini ditunjukkan grafik sebagai berikut:



Gambar 3.3 Grafik Daya Mototr Standart

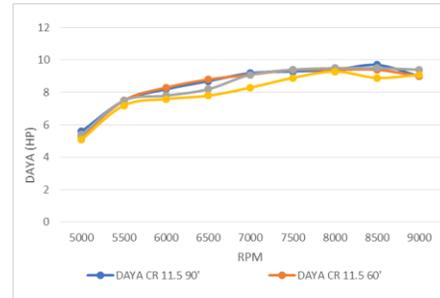
Pada Pengujian kompresi standart 9,0:1 didapatkan daya maksimum tanpa penambahan etanol sebesar 8,4 HP pada 7500 RPM dan terjadi penurunan daya sampai 9000 RPM dengan daya sebesar 8,1 HP. Pada bukaan katup 30° uap etanol dengan kompresi yang sama didapatkan daya maksimum 9,1 HP pada 7500 RPM, pada percobaan ini juga terdapat penurunan setelah daya maksimum hingga 9 HP pada 9000 RPM. Bukaan katup 60° uap etanol didapatkan daya maksimum yang besarnya sama dengan bukaan katup 90° yaitu sebesar 9,3 HP pada 8000 RPM, akan tetapi pada bukaan katup 90° daya maksimum lebih konstan terjadi daya yang sama yaitu sebesar 9,3 HP pada 7500 RPM. Pengujian ini dilakukan dengan penambahan rasio kompresi yang bertujuan untuk mengoptimalkan pembakaran pada ruang bakar mesin, rasio kompresi berbanding lurus dengan nilai oktan suatu bahan bakar, nilai oktan etanol diketahui sekitar 105-110 yang diketahui lebih besar dari nilai oktan dari pertalite yaitu 90.

Kesimpulan yang didapatkan pada pengujian diatas dapat diketahui bahwa daya maksimum tertinggi pada bukaan katup 90° yaitu sebesar 9,3 HP pada 8000 RPM dengan rasio kompresi 9,0:1 (standart). Pada pengujian penambahan rasio kompresi yaitu 11,5:1 maka didapatkan nilai daya sebagai berikut :

Tabel 3.1 Daya Pada Rasio Kompresi 11,5:1

RPM	DAYA CR 11,5			
	90°	60°	30°	0°
5000	5,6	5,3	5,4	5,1
5500	7,5	7,5	7,5	7,2
6000	8,2	8,3	7,8	7,6
6500	8,7	8,8	8,2	7,8
7000	9,2	9,1	9,1	8,3
7500	9,3	9,4	9,4	8,9
8000	9,4	9,4	9,5	9,3
8500	9,7	9,4	9,5	8,9
9000	9	9	9,4	9,1

Sedangkan pada gambar grafik daya diperoleh sebagai berikut :



Gambar 3.4 Daya Pada Rasio Kompresi 11,5:1

Pada gambar grafik di atas diketahui bahwa nilai daya maksimum terbesar dari empat pengujian variasi bukaan katup uap etanol adalah pada bukaan katup 90° yaitu 9,7 HP pada 8500 RPM, sedangkan daya maksimum yang diperoleh pada tiap-tiap bukaan katup adalah 9,4 HP pada bukaan 60°, 9,5 HP 30°, dan 9,3 HP pada kondisi tanpa campuran etanol. Dari percobaan diatas dapat di simpulkan bahwa campuran etanol pada bahan bakar dapat meningkatkan daya *engine* yang signifikan, karena pada dasarnya meningkatkan rasio kompresi ditunjukkan untuk mengoptimalkan pembakaran, yang telah dibahas sebelumnya yaitu makin tingginya nilai oktan suatu bahan bakar maka dibutuhkan rasio kompresi yang tinggi juga agar tidak terjadi *knocking* atau detonasi.

4. KESIMPULAN

Tugas ahir ini dilakukan dengan beberapa variasi yang bertujuan untuk mendapatkan daya optimal dengan perubahan pada bahan bakar *engine* yaitu dengan metode *dual fuel system* (pertalite dan etanol). Perubahan yang dilakukan pada percobaan ini adalah variasi rasio kompresi pada *engine* Honda Supra X 125 karbu, pada hasil yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya maksimum terbesar yang didapatkan pada pengujian ini didapatkan daya sebesar 9,7 HP pada RPM 8500 dalam CR 11,5 bukaan katup 90°, untuk CR 10,5:1 daya maksimum yang diperoleh adalah 9,5 HP di RPM 8000 dengan bukaan katup 90° sedangkan pada kondisi standart daya optimal yang diperoleh pada RPM 7500 dan RPM 8000 sebesar 9,3 HP, jadi daya terbesar yang didapatkan adalah pada CR 11,5:1 dengan bukaan katup 90° yaitu 9,7 HP.
2. Torsi maksimum yang didapatkan pada penelitian ini pada tiap variasi rasio kompresi adalah pada kondisi standart

- 9,7 N.m, pada CR 10,5:1 adalah 9,39 N.m dan pada CR 11,5:1 adalah 9,79 N.m, jadi torsi terbaik didapat pada CR 11,5:1 dan RPM 6000 dan kondisi bukaan katup 60°.
3. Nilai oktan pada etanol diketahui sangat tinggi, jadi dalam hal ini rasio kompresi yang paling optimal dipakai dalam *dual fuel system* (pertaliti dan etanol) adalah CR 11,5.
 4. Piston yang dipilih pada pengujian ini adalah piston yang sesuai dengan prototype piston pada gambar 4.1 diatas yaitu jenis slipper piston yang memiliki coakan pada bagian bawah piston yang bertujuan untuk memperpendek langkah piston, sehingga dapat memiliki kompresi yang tinggi dan lebih mudah di modifikasi agar tidak terbentur dengan *crank shaft*.

5. Ucapan Terimakasih

Untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. George Endri Kusuma, ST., M.Sc.Eng selaku dosen pembimbing 1.
2. Mardi Santoso, ST., M.Eng.Sc dosen pembimbing 2.
3. Orang tua penulis dan keluarga yang selalu memberi dukungan moril dan materil yang besar demi suksesnya Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman kuliah yang banyak memberikan masukan mengenai penulisan laporan ini.

6. Daftar Pustaka

- Hasan, H., Magister, P., Keahliah, B., Konversi, R., Mesin, J. T., & Industri, F. T. (2017). *Durasi Injeksi Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Engine Honda Cb150R Berbahan Bakar Bioetanol E70 Ratio and Mapping Ignition Timing and the Injection Duration on Performance and Emission of Honda Cb150R Engine Fueled*.
- Iriyanto, Sigit (2008). "Analisa Performa Sepeda Motor 4 Langkah 1 Silinder Fuel Injection 125 Cc Terhadap Variasi Campuran Pertamina-Etanol (E10-E30)"
- Lewerissa, Yolanda J. (2012). Pengaruh Campuran Bahan Bakar Bensin Dan Etanol Terhadap Prestasi Mesin Bensin.
- Putra, I. W. S., Adnyana, I. W. B., Sukadana, I. G. K., Jurusan, D., Mesin, T., Udayana, U., ... Bali, J. (2017). *Pengaruh Rasio Kompresi Pada 0 0 Sudut Aliran Masuk Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Mesin*. 6(1), 29–34.
- Rosha, P., Mohapatra, S. K., Mahla, S. K., Cho, H. M., Chauhan, B. S., & Dhir, A. (2019). Effect of compression ratio on combustion, performance, and emission characteristics of compression ignition engine fueled with palm (B20)biodiesel blend. *Energy*, 178, 676–684.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.185>

Tripathi, S., & Subramanian, K. A. (2018). Control of fuel spray wall impingement on piston bowl in palm acid oil biodiesel fueled direct injection automotive engine using retarded injection timing, EGR and increased compression ratio. *Applied Thermal Engineering*, 142, 241–254. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.06.085>

Wisesa, B. U., Amin, B., & Alwi, E. (2004). *Kompresi Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Sepeda Motor Honda Blade 110 Cc*. 102(Maret), 1–7.

