

PENGARUH PEMAJUAN WAKTU PENGAPIAN DAN PENINGKATAN RASIO KOMPRESI TERHADAP DAYA DAN TORSI SEPEDA MOTOR SUPRA FIT DENGAN BAHAN BAKAR LPG

Mahfudz Anwar¹, Winarno Dwi Rahardjo², Wahyudi³

^{1,2,3}Pendidikan Teknik Otomotif, Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang
Email: mahfudzanwartello@gmail.com

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara waktu pengapian standar dengan waktu pengapian yang dimajukan, rasio kompresi standar dengan rasio kompresi yang ditingkatkan, serta kondisi standar dengan kondisi waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu dengan menguji daya dan torsi sepeda motor berbahan bakar LPG pada *dynotester*. Waktu pengapian standar adalah 15° BTDC, sedangkan waktu pengapian yang dimajukan adalah 18° dan 21° BTDC. Rasio kompresi standar adalah 8,8: 1, sedangkan rasio kompresi yang ditingkatkan adalah 9,3: 1 dan 9,8: 1. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan daya dan torsi ketika waktu pengapian standar dimajukan menjadi 18° dan 21° BTDC, dan ketika rasio kompresi standar ditingkatkan menjadi 9,3: 1 dan 9,8: 1. Daya dan torsi juga mengalami peningkatan ketika rasio kompresi 9,3: 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° BTDC dibandingkan dengan kondisi standar, namun mengalami penurunan ketika rasio kompresi 9,8:1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° BTDC.

Kata Kunci : waktu pengapian, rasio kompresi, daya dan torsi, dan LPG

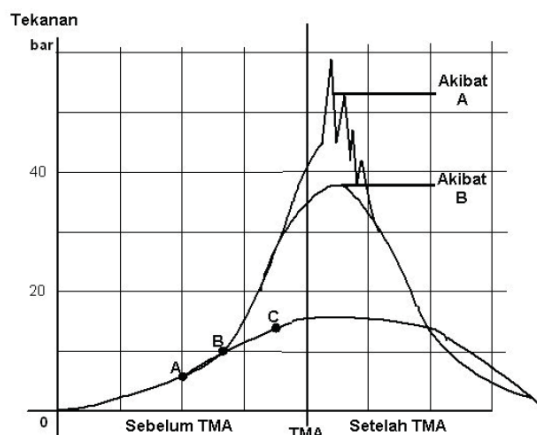
PENDAHULUAN

Salah satu dampak perkembangan teknologi bagi sektor transportasi adalah peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Hal tersebut dapat dibuktikan dari data Badan Pusat Statistik (BPS), bahwa pada tahun 2014 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 114.209.226 unit, meningkat 9,6% dari tahun 2013 yang berjumlah 104.118.969 unit kendaraan (BPS, 2016). Pertumbuhan jumlah kendaraan seharusnya diimbangi dengan ketersediaan bahan bakar yang mencukupi. Namun, pada kenyataannya produksi bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia mengalami penurunan. Berdasarkan data dari Dewan Energi Nasional dalam *Outlook Energi Indonesia 2014*, bahwa lapangan-lapangan minyak di Indonesia kondisinya sudah tua, sehingga kapasitas minyak yang dihasilkan belum dapat mencukupi kebutuhan minyak bumi nasional (Dewan Energi Nasional, 2014: 109). Oleh sebab itu, perlu adanya bahan bakar alternatif pengganti BBM, terutama pada kendaraan

bermotor di Indonesia.

Bahan bakar LPG merupakan salah satu bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor yang cukup baik, karena ketersediaannya di pasaran masih cukup banyak (Fibria & Maymuchar, 2012: 36). Akan tetapi, masalah yang ketika LPG diterapkan pada kendaraan yang dirancang untuk bahan bakar bensin adalah menurunnya unjuk kerja mesin. Karakteristik penyalaan antara keduanya yang berbeda, menyebabkan kondisi unjuk kerja mesin menurun (Yunianto, 2009: 1). Oleh sebab itu perlu adanya usaha untuk mengoptimalkan unjuk kerja mesin.

Waktu pengapian dapat diartikan sebagai waktu ketika loncatan bunga api terjadi di busi yaitu saat awal pembakaran. Waktu pengapian diatur agar dapat menghasilkan torsi maksimum (*maximum brake torque*) berdasarkan perhitungan terhadap kondisi operasi mesin. (Yunianto, 2009: 15).



Gambar 1. Proses Waktu Pengapian

Waktu pengapian yang dimajukan terlalu jauh (gambar 1. pada titik A) akan mengakibatkan tekanan pembakaran maksimum tercapai sebelum 10° sesudah titik mati atas (TMA). Tekanan pembakaran dan suhu di dalam silinder akan menjadi lebih tinggi daripada pembakaran dengan waktu yang tepat. Pembakaran campuran udara dengan bahan bakar yang spontan akan terjadi dan mengakibatkan *knocking* (Yunianto, 2009: 2). Peristiwa ini akan berpotensi pada menurunnya daya mesin, bahkan dapat menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin (Muku & Sukadana, 2009: 26).

Pengapian yang dimundurkan terlalu jauh (gambar 1. pada titik C) akan menimbulkan tekanan pembakaran maksimum terjadi setelah 10° setelah TMA (ketika torak telah turun cukup jauh), sehingga tekanan dalam silinder akan menjadi rendah yang akan mengakibatkan *output* mesin menurun, dan bahan bakar akan menjadi lebih boros (Yunianto, 2009: 2).

Sedangkan saat pengapian yang tepat (gambar 1. pada titik B) akan menghasilkan tekanan pembakaran yang optimal. Periode perambatan api harus diperhitungkan saat menentukan waktu pengapian agar diperoleh *output* maksimum pada *engine* dengan tekanan pembakaran mencapai titik tertinggi yaitu sekitar 10° setelah TMA (Machmud et al., 2013: 60).

Perbandingan kompresi merupakan hasil bagi volume total dengan volume sisa ruang bakar (Muku & Sukadana, 2009: 28). Volume total merupakan isi ruang antara torak pada posisi TMB sampai tutup silinder, atau juga jumlah antara volume langkah dengan volume sisa. Sedangkan volume sisa adalah volume antara torak ketika berada pada TMA sampai tutup silinder, atau juga sering disebut dengan istilah volume kompresi. Nilai perbandingan kompresi yang makin tinggi akan mengakibatkan tekanan pembakaran menjadi bertambah dan mesin akan menghasilkan daya berguna yang lebih besar (Raharjo & Karnowo, 2008: 97). Namun, kenaikan perbandingan kompresi pada mesin dibatasi oleh peristiwa *knocking*, yaitu suara berisik yang terjadi karena pembakaran spontan dari mesin. Hal ini akan mengakibatkan tenaga mesin menjadi rendah, sehingga efisiensi menjadi turun (Raharjo & Karnowo, 2008: 90).

Tekanan silinder yang makin tinggi akan mengakibatkan kenaikan pada temperatur silinder (Kristanto, 2015: 166). Meningkatnya temperatur silinder juga akan mengurangi periode penundaan pengapian, sehingga waktu pengapian (tekanan puncak pembakaran) akan makin mendekati TMA ketika perbandingan kompresi meningkat. Selain itu, meningkatnya temperatur menyebabkan massa jenis bahan bakar menjadi makin rendah dan mengakibatkan kemampuan bahan bakar untuk mengikat oksigen pada udara makin meningkat, sehingga pembakaran pada ruang bakar menjadi lebih sempurna (Tenaya et al. 2013: 111).

LPG merupakan gas yang dihasilkan dari kilang BBM dan kilang gas (LNG), yang sebagian besar terdiri dari gas butana (C_4H_{10}) dan gas propana (C_3H_8) sekitar 99% dan selebihnya adalah gas pentana (C_5H_{12}). Berat jenis dari LPG sendiri adalah 2.01 dibanding dengan udara (Arifin & Sukoco, 2009: 106). Bahan bakar LPG mempunyai nilai oktan sekitar 104, lebih tinggi dari bensin (premium) yang hanya 88 (Fibria & Maymuchar, 2012: 39-40). Adapun karakteristik LPG adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Fisika dan Kimia LPG (Tesoro, 2012)

LPG	
<i>Freezing point</i>	-187° C
<i>Flash point</i>	< -60° C
<i>Evaporation rate</i>	High
<i>Flammability</i>	Gas
<i>Vapor pressure</i>	2,399.8 hPa at 20° C
<i>Vapor density</i>	2,007 at 21.1° C
<i>Auto ignition temperature</i>	287° C

Pembakaran merupakan reaksi kimia ketika elemen tertentu dari bahan bakar bergabung dengan oksigen dan melepaskan sejumlah besar energi yang menyebabkan peningkatan suhu gas (Kristanto, 2015: 61). Beberapa hal yang mempengaruhi pembakaran adalah angka oktan bahan bakar, *auto ignition temperature*, dan nilai kalor. Nilai oktan merupakan gambaran kemampuan bahan bakar untuk tahan terhadap ledakan prematur (*premature detonation*) (Kristanto, 2015: 70). Menurut Muku dan Sukadana (2009: 31), bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi juga mengakibatkan periode penundaan (*delay period*) bahan bakar tersebut menjadi lebih panjang.

Auto Ignition Temperature merupakan kondisi temperatur campuran bahan bakar dan udara yang tinggi, sehingga campuran tersebut dapat menyala sendiri tanpa membutuhkan percikan api dari busi (Kristanto, 2015: 73). Nilai *auto ignition temperature* yang tinggi akan mengakibatkan kecepatan pembakaran bahan bakar menjadi lebih lambat (Setyono et al., 2013: 7).

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/ kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar tertentu dengan udara (Wiratmaja, 2010: 149). Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (*density*). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, dan sebaliknya. Menurut Kristanto (2015: 80), nilai kalor bahan bakar yang rendah, akan menghasilkan performansi yang rendah pula.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara waktu pengapian standar dengan waktu pengapian yang dimajukan, antara rasio kompresi standar dengan rasio kompresi yang ditingkatkan, serta antara kondisi standar dengan kondisi waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan.

METODE

Bahan dan alat penelitian adalah sebagai berikut:

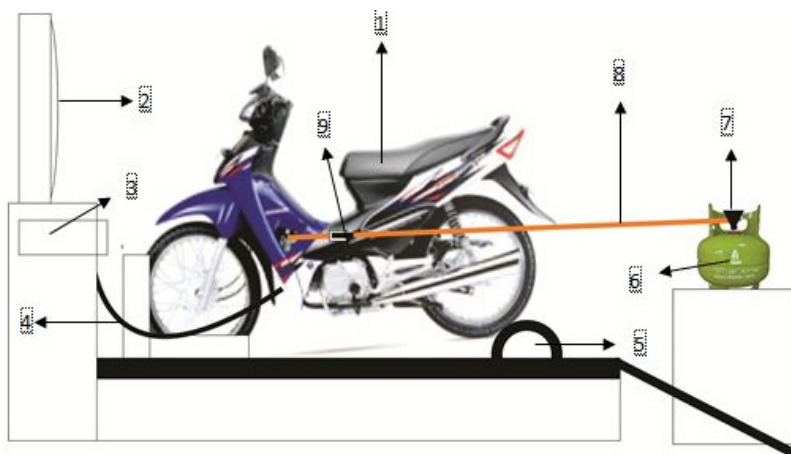
1. LPG 3 Kg dari Pertamina
2. *Tool Set*
3. *Compression tester*
4. *Dynotester*
Merek : SD325
Tipe : Sportdyno V3.3

5. Konverter kit
6. Sepeda motor Honda Supra Fit dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2. Spesifikasi Kendaraan Honda Supra Fit (PT. Astra Honda Motor)

Item	Spesifikasi
Model	Honda Supra Fit
Mesin	4 langkah, OHC
Kapasitas mesin	97,1 cc
Bore x Stroke	50 x 49,5 mm
Rasio kompresi	8,8 : 1
Max. power	7,5 DK/8000 rpm
Max. torque	0,77 kgf.m/6000 rpm
Pengapian	AC-CDI
Waktu Pengapian	15° sebelum TMA pada 1500 ± 100 rpm

Skema gambar penelitian ditunjukkan dengan gambar berikut ini:



Gambar 2. Skema Instalasi Pengujian Daya dan Torsi

Keterangan gambar :

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Sepeda motor uji | 6. Tabung LPG |
| 2. Monitor computer | 7. Regulator tekanan tinggi |
| 3. Konsul GUI (<i>Graphic User Interface</i>) | 8. Selang LPG |
| 4. Kabel <i>tachometer</i> | 9. Keran selang LPG |
| 5. <i>Roller dynamometer</i> | |

Proses penelitian

1) Menggunakan bahan bakar LPG dengan kondisi mesin standar

- a) Memasang bahan bakar LPG pada kendaraan
- b) Melakukan pemanasan mesin dengan menghidupkan mesin sepeda motor sekitar

- 2-3 menit, agar suhu kerja mesin menjadi ideal
- c) Menaikkan putaran mesin dari kecepatan 3000-8000 rpm
 - d) Mencatat tekanan LPG setiap kelipatan kecepatan 500 rpm
 - e) Mencetak hasil pengujian data daya dan torsi yang berupa tabel dan grafik
- 2) Menggunakan bahan bakar LPG dengan kondisi rasio kompresi standar dan waktu pengapian dimajukan**
- a) Mengganti magnet standar dengan magnet yang sudah dimodifikasi
 - b) Memasang bahan bakar LPG pada kendaraan
 - c) Melakukan pemanasan mesin dengan menghidupkan mesin sepeda motor sekitar 2-3 menit, agar suhu kerja mesin menjadi ideal
 - d) Menaikkan putaran mesin dari kecepatan 3000-8000 rpm
 - e) Mencatat tekanan LPG setiap kelipatan kecepatan 500 rpm
 - f) Mencetak data hasil pengujian daya dan torsi yang berupa tabel dan grafik
- 3) Menggunakan bahan bakar LPG dengan rasio kompresi yang ditingkatkan dan waktu pengapian standar**
- a) Memasang silinder yang sudah dikikis pada kendaraan
 - b) Memasang bahan bakar LPG pada kendaraan
 - c) Melakukan pemanasan mesin dengan menghidupkan mesin sepeda motor sekitar 2-3 menit, agar suhu kerja mesin menjadi ideal
 - d) Menaikkan putaran mesin dari kecepatan 3000-8000 rpm
 - e) Mencatat tekanan LPG setiap kelipatan kecepatan 500 rpm
 - f) Mencetak hasil pengujian data daya dan torsi yang berupa tabel dan grafik
- 4) Menggunakan bahan bakar LPG dengan rasio kompresi yang ditingkatkan dan waktu pengapian yang dimajukan**
- a) Memasang silinder yang sudah dikikis pada kendaraan
 - b) Mengganti magnet standar dengan magnet yang sudah dimodifikasi
 - c) Memasang bahan bakar LPG pada kendaraan
 - d) Melakukan pemanasan mesin dengan menghidupkan mesin sepeda motor sekitar 2-3 menit, agar suhu kerja mesin menjadi ideal
 - e) Menaikkan putaran mesin dari kecepatan 3000-8000 rpm
 - f) Mencatat tekanan LPG setiap kelipatan kecepatan 500 rpm
 - g) Mencetak hasil pengujian data daya dan torsi yang berupa tabel dan grafik

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis data statistik deskriptif. Analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan mengkonversi data hasil penelitian ke dalam bentuk grafik. Data-data yang dihasilkan yaitu meliputi nilai daya dan torsi. Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian diolah untuk ditampilkan dalam bentuk grafik,

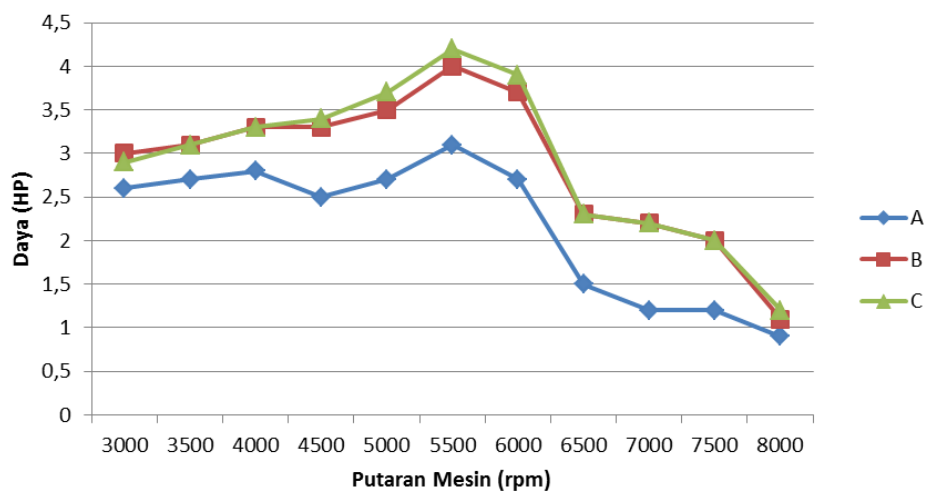
dan kemudian akan dianalisis berdasarkan pada teori-teori mengenai fenomena-fenomena yang terjadi untuk selanjutnya ditarik suatu simpulan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Hasil daya dan torsi antara waktu pengapian standar dengan waktu pengapian yang dimajukan.

a. Daya



Gambar 3. Grafik perbedaan daya antara waktu pengapian 15°, 18° dan 21° sebelum TMA

Keterangan:

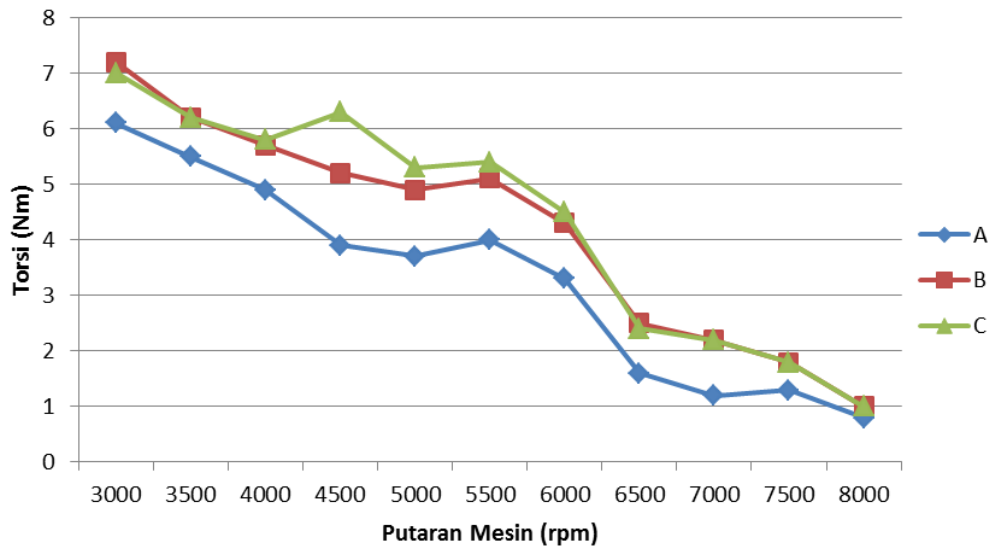
A: Kondisi Waktu Pengapian 15° sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8: 1

B: Kondisi Waktu Pengapian 18° sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8: 1

C: Kondisi Waktu Pengapian 21° sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8: 1

Daya puncak pada waktu pengapian 15° sebelum TMA adalah 3,1 HP pada putaran mesin 5.500 rpm, sedangkan pada waktu pengapian 18° sebelum TMA adalah 4,0 HP pada putaran mesin 5.500 rpm, dan waktu pengapian 21° sebelum TMA adalah 4,2 HP pada putaran mesin 5.500 rpm. Hasil ini menunjukkan bahwa daya cenderung naik ketika waktu pengapian dimajukan.

b. Torsi



Gambar 4. Grafik perbedaan torsi antara waktu pengapian 15°, 18° dan 21° sebelum TMA

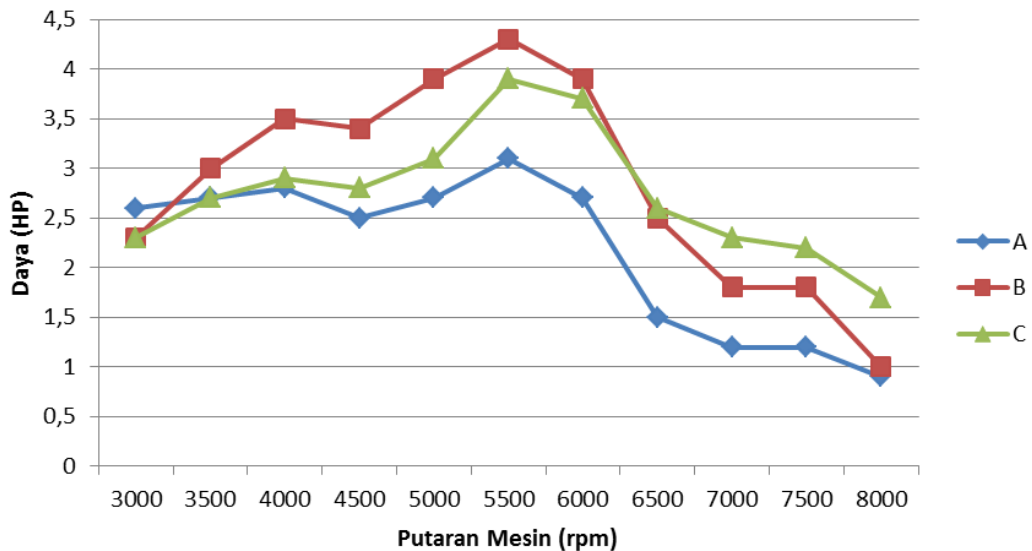
Keterangan:

- A: Kondisi Waktu Pengapian 15° sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8: 1
- B: Kondisi Waktu Pengapian 18° sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8: 1
- C: Kondisi Waktu Pengapian 21° sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8: 1

Torsi puncak pada waktu pengapian 15° sebelum TMA adalah 6,1 Nm pada putaran mesin 3.000 rpm, sedangkan ketika waktu pengapian 18° sebelum TMA adalah 7,2 Nm pada putaran mesin 3.000 rpm, dan pada waktu pengapian 21° sebelum TMA adalah 7,0 Nm pada putaran mesin 3.000 rpm. Hasil ini selaras dengan daya pada kendaraan, yaitu torsi kendaraan cenderung meningkat ketika waktu pengapian dimajukan, meskipun pada waktu pengapian 18° sebelum TMA torsi puncaknya sedikit lebih tinggi dari waktu pengapian 21° sebelum TMA. Akan tetapi, jika hasil dilihat pada setiap *running*-nya, maka pada waktu pengapian 21° sebelum TMA nilai torsinya cenderung lebih tinggi dari waktu pengapian 18° sebelum TMA.

2. Hasil daya dan torsi antara rasio kompresi standar dengan rasio kompresi yang ditingkatkan.

a. Daya



Gambar 5. Grafik perbedaan daya antara rasio kompresi 8,8: 1, 9,3: 1, dan 9,8: 1

Keterangan:

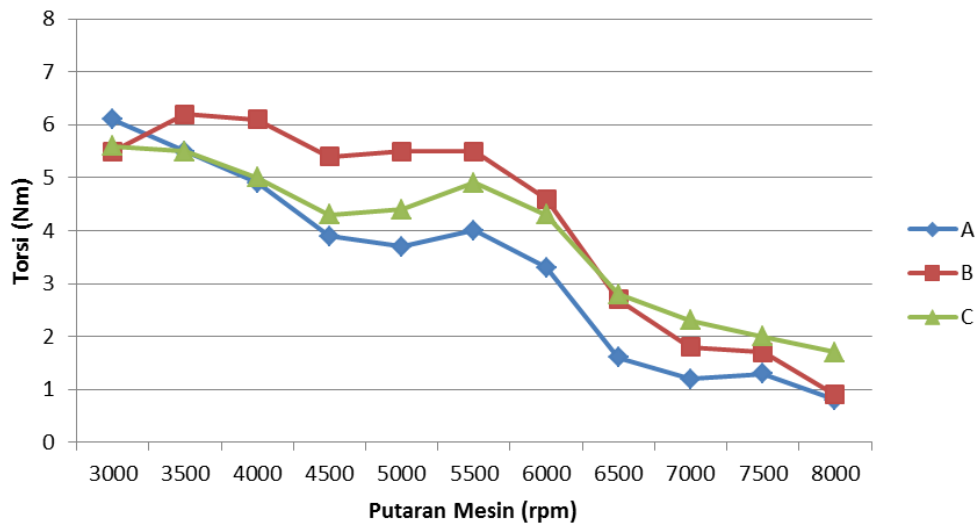
A: Kondisi Rasio Kompresi 8,8: 1 dengan Waktu Pengapian 15° sebelum TMA

B: Kondisi Rasio Kompresi 9,3: 1 dengan Waktu Pengapian 15° sebelum TMA

C: Kondisi Rasio Kompresi 9,8: 1 dengan Waktu Pengapian 15° sebelum TMA

Daya puncak rasio kompresi 8,8: 1 adalah 3,1 HP pada putaran mesin 5.500 rpm, sedangkan daya puncak ketika rasio kompresi 9,3: 1 adalah 4,3 HP pada putaran mesin 5.500 rpm, dan ketika rasio kompresi 9,8: 1 menghasilkan daya puncak sebesar 3,9 HP pada putaran mesin 5.500 rpm. Hasil ini menunjukkan bahwa adanya kenaikan daya ketika rasio kompresi 8,8: 1 ditingkatkan menjadi 9,3: 1 dan 9,8: 1. Akan tetapi, daya mengalami penurunan ketika rasio kompresi 9,3: 1 ditingkatkan menjadi 9,8: 1.

b. Torsi



Gambar 6. Grafik perbedaan torsi antara rasio kompresi 8,8: 1, 9,3: 1, dan 9,8: 1

Keterangan:

A: Kondisi Rasio Kompresi 8,8: 1 dengan Waktu Pengapian 15° sebelum TMA

B: Kondisi Rasio Kompresi 9,3: 1 dengan Waktu Pengapian 15° sebelum TMA

C: Kondisi Rasio Kompresi 9,8: 1 dengan Waktu Pengapian 15° sebelum TMA

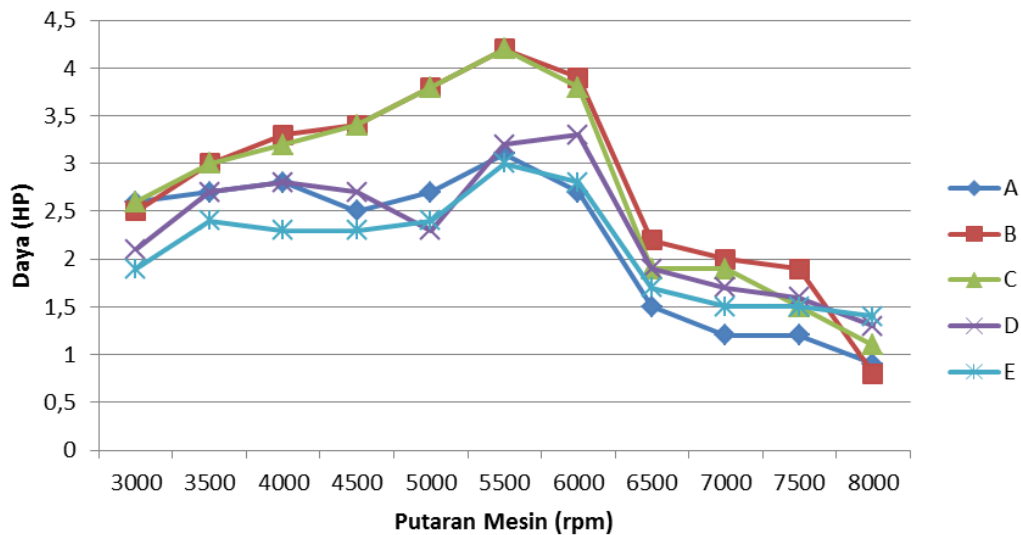
Torsi puncak ketika rasio kompresi 8,8: 1 adalah 6,1 Nm pada putaran mesin 3.000 rpm, sedangkan torsi puncak ketika rasio kompresi 9,3: 1 adalah 6,2 Nm pada putaran mesin 3.500 rpm, dan ketika rasio kompresi 9,8: 1 adalah 5,6 Nm yang terjadi pada putaran mesin 3.000 rpm. Jika dilihat dari nilai torsi puncaknya, kendaraan dengan rasio kompresi 8,8: 1 mengalami peningkatan torsi ketika rasio kompresinya ditingkatkan menjadi 9,3: 1, namun mengalami penurunan torsi ketika rasio kompresinya ditingkatkan menjadi 9,8: 1. Akan tetapi, ketika nilai torsi dilihat pada tiap *running*-nya, maka nilai torsi cenderung meningkat ketika rasio kompresi 8,8: 1 ditingkatkan menjadi 9,3: 1 dan 9,8: 1.

3. Hasil daya dan torsi antara penggunaan waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan dengan kondisi standar.

Kondisi standar adalah waktu pengapian 15° sebelum TMA dengan rasio kompresi 8,8: 1. Sedangkan waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan meliputi, waktu pengapian 18° sebelum TMA dengan rasio kompresi 9,3: 1 dan 9,8: 1, dan waktu pengapian 21° sebelum TMA dengan rasio kompresi 9,3: 1 dan 9,8: 1. Berikut ini

adalah grafik hasil daya dan torsi dari penelitian ini:

a. Daya



Gambar 7. Grafik perbedaan daya antara penggunaan waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan dengan kondisi standar

Keterangan:

A: Kondisi Waktu Pengapian 15° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 8,8: 1

B: Kondisi Waktu Pengapian 18° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 9,3: 1

C: Kondisi Waktu Pengapian 21° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 9,3: 1

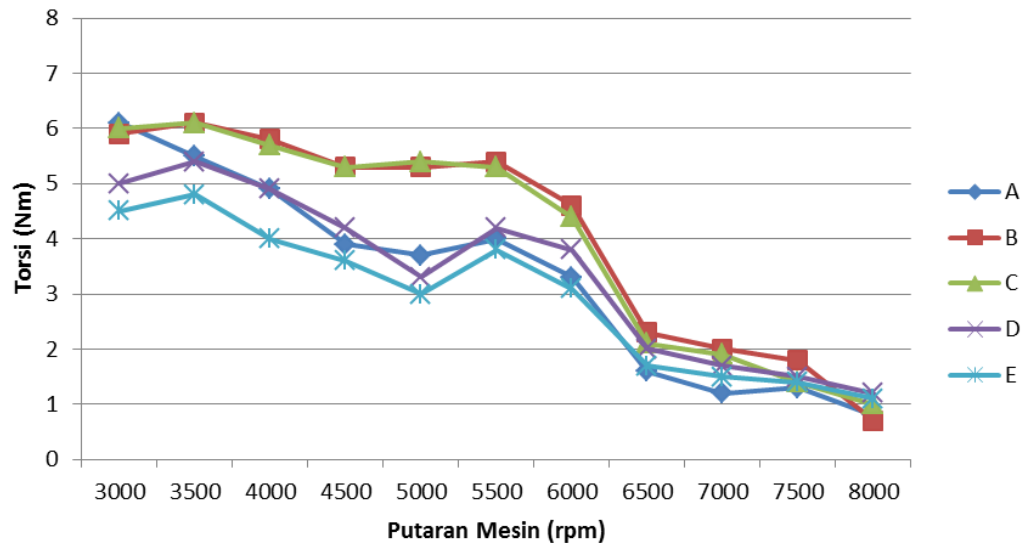
D: Kondisi Waktu Pengapian 18° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 9,8: 1

E: Kondisi Waktu Pengapian 21° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 9,8: 1

Daya puncak pada kendaraan saat kondisi standar adalah 3,1 HP pada putaran mesin 5.500 rpm. Daya puncak pada saat rasio kompresi 9,3: 1 dengan waktu pengapian 18° sebelum TMA adalah 4,2 HP pada putaran mesin 5.500 rpm, saat rasio kompresi 9,3: 1 dengan waktu pengapian 21° sebelum TMA adalah 4,1 HP pada putaran mesin 5.500 rpm, sedangkan pada kondisi rasio kompresi 9,8: 1 dengan waktu pengapian 18° sebelum TMA daya puncak kendaraan sebesar 3,3 HP pada putaran mesin 6.000 rpm, dan ketika rasio kompresi 9,8: 1 dengan waktu pengapian 21° sebelum TMA, daya puncak kendaraan adalah 3,0 HP pada putaran mesin 5.500 rpm. Hasil ini menunjukkan bahwa ketika rasio kompresi ditingkatkan menjadi 9,3: 1 dengan pemajuan waktu pengapian, kendaraan menghasilkan daya yang lebih tinggi dari kondisi standar. Namun, ketika rasio kompresi ditingkatkan menjadi 9,8: 1 dengan

pemajuan waktu pengapian, daya yang dihasilkan cenderung sama dengan kondisi standar, bahkan bisa lebih rendah.

b. Torsi



Gambar 8. Grafik perbedaan torsi antara penggunaan waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan dengan kondisi standar

Keterangan:

- A: Kondisi Waktu Pengapian 15° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 8,8: 1
- B: Kondisi Waktu Pengapian 18° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 9,3: 1
- C: Kondisi Waktu Pengapian 21° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 9,3: 1
- D: Kondisi Waktu Pengapian 18° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 9,8: 1
- E: Kondisi Waktu Pengapian 21° sebelum TMA dan Rasio Kompresi 9,8: 1

Torsi puncak pada kendaraan saat kondisi standar adalah 6,1 Nm pada putaran mesin 3.000 rpm, sedangkan torsi puncak pada saat rasio kompresi 9,3: 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° sebelum TMA adalah 6,1 Nm pada putaran mesin 3.500 rpm, dan ketika rasio kompresi 9,8: 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° sebelum TMA, menghasilkan torsi puncak masing-masing sebesar 5,4 Nm dan 4,8 Nm pada putaran mesin 3.500 rpm. Jika dilihat dari hasil tiap *running*-nya, ketika rasio kompresi 9,3: 1 dengan pemajuan waktu pengapian menghasilkan torsi yang lebih tinggi daripada kondisi standar, meski menghasilkan torsi puncak yang sama. Namun, ketika rasio kompresi ditingkatkan menjadi 9,8: 1 dengan

pemajuan waktu pengapian, torsi yang dihasilkan lebih rendah daripada kondisi standar.

Pembahasan

1. Perbedaan daya dan torsi antara waktu pengapian standar dengan waktu pengapian yang dimajukan.

Hasil daya dan torsi pada kendaraan dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3 dan 4. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan daya dan torsi ketika waktu pengapian dimajukan. Peningkatan daya dan torsi dipengaruhi oleh nilai oktan dan *auto ignition temperature* dari LPG yang lebih tinggi dari bensin. Bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi akan mengakibatkan periode penundaan (*delay period*) bahan bakar tersebut menjadi lebih panjang (Muku & Sukadana, 2009: 31). Selain itu, nilai *auto ignition temperature* LPG yang lebih tinggi, mengakibatkan kecepatan pembakarannya menjadi lebih lambat (Setyono et al. 2013: 7). Hal tersebut mengindikasikan bahwa ketika kendaraan yang dirancang untuk bahan bakar bensin menggunakan bahan bakar LPG dapat mengakibatkan waktu proses pembakaran menjadi lebih lama, sehingga tekanan pembakaran maksimum akan menjauhi 10° setelah TMA. Menurut Yuniyanto (2009: 2), tekanan pembakaran maksimum yang terjadi setelah 10° setelah TMA (ketika torak telah turun cukup jauh) dapat mengakibatkan tekanan dalam silinder akan menjadi rendah yang akan mengakibatkan *output* mesin menurun. Oleh sebab itu, dengan memajukan waktu pengapian akan mengakibatkan tekanan pembakaran maksimum mendekati 10° setelah TMA, sehingga *output* mesin akan meningkat.

2. Perbedaan daya dan torsi antara penggunaan rasio kompresi standar dengan rasio kompresi yang ditingkatkan.

Hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 5 dan 6. Gambar tersebut menunjukkan bahwa daya dan torsi mengalami peningkatan ketika rasio kompresi ditingkatkan menjadi 9,3: 1 dan 9,8: 1. Menurut Raharjo & Karnowo (2008: 97), nilai rasio kompresi yang makin tinggi akan mengakibatkan tekanan pembakaran menjadi bertambah dan mesin akan menghasilkan daya berguna yang lebih besar. Tekanan silinder yang makin tinggi juga akan mengakibatkan kenaikan pada temperatur silinder (Kristanto, 2015: 166). Naiknya temperatur silinder menyebabkan massa jenis bahan bakar makin rendah yang mengakibatkan kemampuan bahan bakar untuk mengikat oksigen pada udara makin meningkat, sehingga pembakaran pada ruang bakar menjadi lebih sempurna (Tenaya et al., 2013: 111).

Selain itu, meningkatnya temperatur silinder juga akan mengurangi periode penundaan pengapian, sehingga waktu pengapian (tekanan puncak pembakaran) akan makin mendekati TMA ketika perbandingan kompresi meningkat (Kristanto, 2015: 166). Bahan bakar LPG mempunyai nilai oktan sekitar 104, lebih tinggi dari bensin (premium) yang hanya 88 (Fibria & Maymuchar, 2012: 39-40). Menurut Muku dan Sukadana (2009: 31), bahan bakar dengan

nilai oktan yang tinggi akan mengakibatkan periode penundaan (*delay period*) bahan bakar tersebut menjadi lebih panjang. Oleh sebab itu, dengan meningkatkan rasio kompresi, tekanan pembakaran maksimum akan makin mendekati 10° setelah TMA, sehingga mengakibatkan *output* mesin meningkat.

3. Perbedaan daya dan torsi antara penggunaan waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan dengan kondisi standar.

Terjadi peningkatan daya dan torsi ketika rasio kompresi 9,3: 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° sebelum TMA dari kondisi standar. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Raharjo & Karnowo (2008: 97), bahwa nilai rasio kompresi yang makin tinggi akan mengakibatkan tekanan pembakaran menjadi bertambah dan mesin akan menghasilkan daya berguna yang lebih besar. Tekanan silinder yang makin tinggi juga akan mengakibatkan kenaikan pada temperatur silinder (Kristanto, 2015: 166). Naiknya temperatur silinder dapat menyebabkan massa jenis bahan bakar menjadi makin rendah dan mengakibatkan kemampuan bahan bakar untuk mengikat oksigen pada udara makin meningkat, sehingga pembakaran pada ruang bakar menjadi lebih sempurna (Tenaya et al. 2013: 111).

Selain itu, Selain itu, bahan bakar LPG mempunyai nilai oktan dan *auto ignition temperature* yang lebih tinggi dari bensin. Perbedaan ini tentunya berpengaruh terhadap proses pembakaran di dalam silinder. Menurut Muku dan Sukadana (2009: 31), bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi akan mengakibatkan periode penundaan (*delay period*) bahan bakar tersebut menjadi lebih panjang. Setyono et al. (2013: 7) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa bahan bakar nilai *auto ignition temperature* yang tinggi akan mengakibatkan kecepatan pembakarannya menjadi lebih lambat. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ketika kendaraan yang dirancang untuk bahan bakar bensin menggunakan bahan bakar LPG dapat mengakibatkan waktu proses pembakaran menjadi lebih lama, sehingga tekanan pembakaran maksimum akan menjauhi 10° setelah TMA. Menurut Yunianto (2009: 2), bahwa tekanan pembakaran maksimum yang terjadi setelah 10° setelah TMA (ketika torak telah turun cukup jauh) dapat mengakibatkan tekanan dalam silinder akan menjadi rendah yang akan mengakibatkan *output* mesin menurun. Oleh sebab itu, dengan memajukan waktu pengapian akan mengakibatkan tekanan pembakaran maksimum mendekati 10° setelah TMA, sehingga *output* mesin menjadi lebih optimal.

Hasil berbeda ditunjukkan ketika rasio kompresi ditingkatkan menjadi 9,8:1 dengan waktu pengapian yang dimajukan (18° dan 21° sebelum TMA). Daya dan torsi mengalami penurunan cukup jauh dibandingkan dengan penggunaan rasio kompresi 9,3:1, bahkan sampai lebih rendah dari kondisi standar. Selain itu terjadi beberapa gejala pada mesin, yaitu kondisi mesin tidak stabil dan mesin susah hidup. Meskipun bahan bakar LPG mempunyai nilai

oktan yang tinggi dan *auto ignition temperature* yang lebih tinggi daripada bensin, namun ketika rasio kompresi ditingkatkan menjadi sangat tinggi dengan ditambah pemajuan waktu pengapian, maka akan mengakibatkan penyalaan terlalu awal. Menurut Yunianto (2009: 2), penyalaan yang terlalu awal akan mengakibatkan tekanan pembakaran maksimum tercapai sebelum 10° sesudah TMA. Tekanan pembakaran dan suhu di dalam silinder akan menjadi lebih tinggi daripada pembakaran dengan waktu yang tepat. Pembakaran campuran udara dengan bahan bakar yang spontan akan terjadi dan dapat mengakibatkan *knocking*. Terjadinya *knocking* pada kendaraan, berpotensi mengakibatkan turunnya daya mesin, bahkan dapat menimbulkan kerusakan pada komponen mesin (Muku & Sukadana, 2009: 26).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Simpulan penelitian ini yaitu adanya peningkatan daya dan torsi ketika waktu pengapian standar dimajukan menjadi 18° dan 21° BTDC, dan ketika rasio kompresi standar ditingkatkan menjadi 9,3: 1 dan 9,8: 1. Daya dan torsi juga mengalami peningkatan ketika rasio kompresi 9,3: 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° BTDC dibandingkan dengan kondisi standar, namun mengalami penurunan ketika rasio kompresi 9,8:1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° BTDC.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainal & Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2014*. (online), (www.bps.go.id) diakses pada 18 Maret 2016.
- Dewan Energi Nasional. 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Fibria, Milda & Maymuchar. 2012. Pemanfaatan LPG Sebagai Bahan Bakar Sepeda Motor dan Karakteristik Minyak Lumasnya. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, 46 (1): 35-42.
- Kristanto, Philip. 2015. *Motor Bakar Torak*. Yogyakarta: Andi.
- Machmud, S., Surono, Untung B., & Sitorus, Leydon. 2013. Pengaruh Variasi Unjuk Derajat Pengapian Terhadap Kerja Mesin. *Jurnal Teknik*, 3(1): 58-64.
- Mara, I. M., Wirawan, M., & Ma'bud, T. 2014. Pengaruh Ignition Timing dengan Bahan Bakar LPG Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin Empat Langkah Satu Silinder. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(1): 1-6.

- PT. Astra Honda Motor. Tanpa Tahun. *Buku Pedoman Reparasi*. Jakarta: PT. Astra Internasional.
- Raharjo, Winarno D.& Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Setiyono, Subagsono, & Basori. 2013. Pengaruh Perubahan Waktu Penyalaan (*Ignition Timing*) terhadap Torsi dan Daya Pada Sepeda Motor Vega R 110 cc Tahun 2008 dengan Bahan Bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2): 1-9.
- Tenaya, I Gusti N.P., Sukadana, I Gusti K., Pratama, I Gusti N.G.S. 2013. Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar terhadap Unjuk Kerja Mesin. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 6(2): 105-114.
- Tesoro. 2012. *Safety Data Sheet LPG*.
- Wiratmaja, I Gede. 2010. Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. *Cakram*, 4(2): 145-154.
- Yunianto, Bambang. 2009. Pengaruh Perubahan Sudut Penyalaan (*Ignition Time*) Terhadap Emisi Gas Buang pada Mesin Sepeda Motor 4 (Empat) Langkah dengan Bahan Bakar LPG. *Rotasi*, 11(4): 15-20.
- Yunianto, Bambang. 2009. Pengaruh Perubahan Sudut Penyalaan (*Ignition Time*) Terhadap Prestasi Mesin pada Sepeda Motor 4 (Empat) Langkah dengan Bahan Bakar LPG. *Rotasi*, 11(3): 1-4.