

Pengaruh Variasi Timing Pengapian Terhadap Torsi, Daya Dan Konsumsi Bahan Bakar Mesin Injeksi 1500 CC

Bastian Yuda Kriswinarto, IGK Sukadana dan I Wyn Bandem Adnyana

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Ada bermacam-macam alat transportasi yang dapat kita jumpai di Indonesia, terutama alat transportasi darat mulai dari konvensional hingga yang modern dengan menggunakan mesin sebagai penggerakannya. Mesin tersebut menggunakan prinsip motor bakar cetus api. Oleh karena itu membutuhkan timing pengapian yang tepat untuk mendapatkan kinerja mesin yang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar pengaruh variasi timing pengapian terhadap performa mesin yang dihasilkan. Penelitian dilakukan pada kendaraan bermesin injeksi dengan kapasitas 1500 cc dengan bahan bakar pertamax RON 92. Dalam penelitian ini menggunakan variasi timing -2, -1, top, +1, +2 dengan putaran mesin 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Torsi dan Daya terbaik dihasilkan pada saat timing dimajukan 1° pada putaran mesin 4000 rpm. Hal itu terjadi karena jika pengapian dimajukan akan mempercepat pembakaran dan memperpanjang langkah ekspansi yang terjadi sehingga menghasilkan kinerja mesin yang maksimal. Hasil konsumsi bahan bakar terendah dihasilkan pada timing -2 (12 °BTDC) pada putaran 2000 rpm. Nilai FC semakin kecil apabila berada pada putaran mesin rendah yaitu pada putaran 2000 rpm karena pada putaran tersebut adalah putaran terendah dari semua variasi yang dilakukan. Semakin tinggi putaran mesin maka nilai FC akan semakin besar karena mesin membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak dalam setiap kenaikan putaran mesin.

Kata Kunci : Timing Pengapian, Torsi, Daya, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Abstract

There are various means of transportation that we can find in Indonesia, especially land transportation equipment ranging from conventional to modern by using the engine as the driving force. The machine uses the principle of a spark fire engine. Therefore it requires proper ignition timing to get maximum engine performance. This study aims to determine how much influence the variation of ignition timing on the performance of the engine produced. The study was conducted on injection-engined vehicles with a capacity of 1500 cc with Pertamina RON 92 fuel. In this study, variations of the timing are -2, -1, top, +1, +2 with engine speed 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 rpm. The results showed that the best torque and power were generated when the timing was advanced 1° at 4000 rpm engine speed. That happens because if the ignition is advanced it will accelerate combustion and extend the expansion steps that occur so as to result in maximum engine performance. The lowest fuel consumption results are generated at the -2 (12 ° BTDC) timing at 2000 rpm rotation. FC value is getting smaller when it is at low engine speed at 2000 rpm because it is the lowest speed of all variations done. The higher the engine speed the FC value will be greater because the engine requires more fuel in every increase in engine speed.

Key word : ignition timing, torsi, power, spesific fuel consumption

1. Pendahuluan

Di era kemajuan teknologi saat ini, dimana teknologi mengalami perkembangan pesat, tidak terlepas pada bidang transportasi. Ada bermacam-macam alat transportasi yang dapat kita jumpai di Indonesia, mulai dari konvensional hingga yang modern dengan menggunakan mesin sebagai penggerakannya. Mesin tersebut menggunakan prinsip motor bakar dalam sistemnya. Pada sistem motor bakar terdapat dua syarat yang harus dipenuhi agar dapat berfungsi normal yaitu campuran udara bahan bakar yang sesuai dan sistem pengapian yang tepat.

Sistem pengapian adalah salah satu sistem yang berpengaruh pada performa mesin, karena ketepatan waktu pengapian berpengaruh pada pembakaran yang dihasilkan. Semakin tepat waktu pengapian maka efisiensi dan performa mesin akan semakin bagus, maka dari itu performa mesin harus tetap dijaga karena sebuah mesin akan mengalami fase lelah

dimana performa mesin akan menurun seiring dengan pemakaian dalam jangka waktu yang lama. Terdapat faktor yang membuat performa tersebut menurun diantaranya, kondisi keausan yang terjadi pada komponen mesin seperti *camshaft*, *crankshaft*, katup, *piston ring* dan dinding silinder serta kondisi ruang bakar yang kotor akan menyebabkan detonasi yaitu penyalaan waktu pengapian sebelum waktunya. Oleh karena itu harus dilakukan pengaturan timing pengapian yang tepat agar performa mesin tetap maksimal.

Ada beberapa penelitian yang membahas tentang performa mesin, diantaranya: Syahril machmud dkk (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi unjuk derajat pengapian terhadap kerja mesin dengan menggunakan mesin berkapasitas 97,1 cc dan memvariasikan timing pengapian standar, maju 3° dan maju 6°. diperoleh hasil pada derajat pengapian

standar diperoleh torsi 7,86 N.m / 5854 rpm, derajat pengapian yang dimajukan 3° dari standar : 7,89 N.m / 6155 rpm, derajat pengapian yang dimajukan 6° dari standar : 7,90 N.m / 6194 rpm. sedangkan hasil daya diperoleh hasil derajat pengapian standar : 7,0 Hp / 7625 rpm, derajat pengapian yang dimajukan 3° dari standar : 7,1 Hp / 7527 rpm, derajat pengapian yang dimajukan 6° dari standar : 7,3 Hp / 7796 rpm. Dari data tersebut diatas, pengapian yang dimajukan mempengaruhi nilai peningkatan pada kineja mesin dibanding derajat pengapian standar. Hal ini dapat dilihat dari nilai torsi dan daya poros yang lebih besar dalam derajat pengapian yang dimajukan 6° dari standarnya [1].

Himawan Solikin (2015) penelitian tentang daya dan torsi mesin toyota kijang innova menggunakan bahan bakar pertamax plus dan diperoleh hasil Berdasarkan hasil pengujian, besar daya tertinggi yang dihasilkan oleh Toyota Kijang Innova 1TR pada percobaan pertama adalah sebesar 88 kW pada putaran mesin 7000 rpm. Daya yang dihasilkan cenderung dapat bertambah sebentar, namun kemudian akan jatuh turun dengan pesat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh winarno (2011 : 38), penurunan daya yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh telatnya timing pengapian pada putaran tinggi dan kurangnya konsumsi bahan bakar seiring bertambahnya putaran mesin. Hal tersebut mengakibatkan tekaknan dan temperatur pembakaran di ruang bakar mengalami penurunan. Terjadinya penurunan tekanan dan temperatur pembakaran juga akan menurunkan energi yang dihasilkan olrh mesin sehingga daya yang dihasilkan juga akan mengalami penurunan. Penurunan daya pada putaran tinggi juga diakibatkan oleh pembukan katup hisap yang berjalan semakin cepat hal tersebut mengakibatkan konsumsi ke ruang bakar menurun yang menyebabkan penurunan daya dan torsi mesin [2].

Hennu Pradipta Endrantoro dan Indra Herlamba Siregar (2013). Penelitian tentang variasi waktu pengapian terhadap performa dan emisi mesin 1 silinder dengan pemanas dengan memvariasikan timing 10°, 15° dan 20° sebelum TMA dan menggunakan tambahan pemanas campuran udara pada intake manifold, dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa peningkatan torsi terbesar terletak pada putaran 5000 rpm dengan variasi waktu pengapian 10° sebelum TMA dengan menggunakan manifold modifikasi sebesar 8,2 %. Penurunan konsumsi bahan bakar tertinggi (fuel consumption) diperoleh pada variasi 10° sebelum TMA menggunakan manifold modifikasi didapatkan pada putaran 4500 rpm yaitu sebesar 39,0%. Dari hasil pengujian tersebut yang paling optimal adalah 20° sebelum TMA dengan manifold standar. Dikarenakan torsi, daya dan CO2 yang dihasilkan baik [3].

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian yang saya lakukan adalah menggunakan mesin 4 silinder 1500 cc bahan bakar yang hanya

menggunakan pertamax ron 92 dan pengujian dilakukan pada putaran mesin 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 rpm dengan variasi timing pengapian -2°, -1°, top (standard), +1°, +2° sebelum TMA.. top adalah standar sudut yang terbentuk antara garis kerja piston dari TMA ke TMB dengan waktu membukanya katub. spesifikasi top (standard) pada mesin yang akan di uji adalah 10° jadi bisa diartikan variasi timing diatas adalah pada timing 12°, 11°, 10°, 9°, 8° sebelum TMA. Pengujian ini mencoba menganalisa ketepatan timing dan performa yang di hasilkan oleh mesin setelah pemakaian kendaraan selama sekian tahun. Performa mesin yang akan diuji meliputi torsi, daya dan konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan.

2. Dasar Teori

Motor Bakar disebut mesin siklus otto 4 tak (langkah) dengan proses pembakaran menggunakan percikan api busi atau lebih dikenal *Spark Ignition Engine*. Motor bensin termasuk dalam mesin kalor merupakan dari sistem termodinamika, yang memiliki batas – batas *thermal* dengan keadaan dan properti pada tiap proses perubahan energi *thermal* untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah energi kimia menjadi tenaga mekanis. pembakaran terjadi didalam sistem (*internal combustion engine*) sehingga gas panas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Prinsip Kerja Motor Bakar Torak Motor bakar torak merupakan mesin yang memiliki torak didalam silinder, dimana torak bekerja bolak – balik atau translasi dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) atau sebaliknya yang disebut sistem resiprok (*Reciprocating*: bolak – balik). Gerakan torak bolak – balik tersebut untuk menghasilkan putaran pada poros engkol melalui batang torak. Siklus kerja motor bensin adalah rangkaian proses yang dilakukan oleh gerakan bolak – balik dari piston yang membentuk rangkaian siklus tertutup. Dalam satu siklus motor bensin empat langkah terjadi empat kali gerakan torak dan dua putaran poros engkol, sedangkan motor bensin dua langkah terjadi dua kali gerakan torak dan satu putaran poros engkol. Berikut proses dan siklus motor bensin empat langkah :

1. Langkah Intake (Hisap)

Katup hisap terbuka dan torak bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB) sehingga campuran bahan bakar dan udara terhisap mengalir masuk kedalam ,silinder.

2. Langkah Kompresi

Katup hisap dan katup buang tertutup dan torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA) menekan campuran udara dan bahan bakar sehingga tekanan dalam silinder meningkat. Sewaktu torak mendekati TMA, beberapa derajat poros engkol terjadi proses percikan api dari busi dengan dua ujung elektrodanya untuk proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara.

3. Langkah Pembakaran (Ekspansi)

Campuran bahan bakar udara yang terbakar akan menghasilkan tekanan dan temperatur ruang silinder juga meningkat. Jika sempat pada tekanan maksimum maka energi *thermal* tersebut akan mendorong torak ke bawah dari TMA menuju TMB gaya gerak yang ditimbulkan oleh gerakan torak ini diteruskan ke poros engkol melalui batang torak, sehingga memaksa poros engkol berputar.

4. Langkah Buang,

Torak mulai bergerak dari TMB ke TMA dan katup buang mulai membuka. Gas sisa dari proses pembakaran terdorong keluar melalui saluran buang (*exhaust manifold*). Ketika torak mendekati TMA katup buang mulai tertutup dan katup hisap mulai terbuka untuk awal langkah hisap. Demikian seterusnya secara kontinyu untuk dilakukan proses selanjutnya [4].

Sistem pengapian adalah untuk menghasilkan percikan listrik di dalam silinder pada waktu yang paling tepat untuk membakar campuran udara-bahan bakar yang terkandung di dalamnya. Sistem pengapian konvensional terutama terdiri dari koil pengapian, distributor, busi dan kabel tegangan tinggi. Ini dibagi menjadi sirkuit primer dan sekunder.

1. Ignition coil

Sebenarnya adalah transformer tipe pulsa yang mengubah tegangan baterai 12 volt menjadi tegangan tinggi yang dibutuhkan untuk ignition. Tegangan tinggi sekunder dibangkitkan oleh induksi arus primer yang terputus-putus di dalam coil dengan cara membuka dan menutup breaker point di dalam distributor.

2. Distributor

Berfungsi Agar dapat merespon berbagai kondisi operasi engine, distributor dirancang untuk memberikan percikan ignition pada waktu yang tepat ke busi. Terdapat breaker point di dalamnya yang membuka dan menutup kontak untuk mengirimkan aliran arus ke kumparan primer ignition coil. Distributor juga dirancang untuk mendistribusikan tegangan tinggi dari kumparan sekunder ke masing-masing busi berdasarkan firing order dan juga untuk dapat memajukan saat pengapian untuk merespon pembukaan valve dan rpm engine.

3. Busi

Membakar campuran gas bahan bakar dengan menggunakan dua elektroda dari tegangan tinggi kumparan sekunder yang disuplai dari ignition coil dan distributor.

4. Kabel Tegangan Tinggi

Merupakan kabel yang dirancang untuk mengantarkan tegangan tinggi dari ignition coil ke busi [5].

Torsi adalah satuan tenaga yang digunakan untuk sesuatu yang berputar, tenaga putaran. Saat sebuah baut dikencangkan dengan menggunakan kunci, semakin panjang lengannya maka semakin kecil tenaga yang dibutuhkan. Jumlah torsi yang

didapatkan adalah dengan mengalikan panjang lengan kunci dan gaya pengencangannya.

$$\text{Torsi (T)} = \text{Gaya} \times \text{jarak} = F \text{ (kg)} \times r \text{ (m)} \quad (1)$$

Torsi dilambangkan dengan satuan kg-m. diubah menjadi N.m, menurut Satuan Internasional. 1 kg-m = 9.8 Nm. Output adalah keluaran volume kerja dan kecepatan yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan, merupakan volume kerja dalam satuan waktu. Untuk engine, satuan tersebut dinyatakan dengan horsepower. 1 horsepower adalah rata-rata tenaga yang digunakan untuk memindahkan benda sejauh 1 meter dalam waktu 1 detik dengan beban 75 kg diubah ke kw (SI) 1 PS = 0.7355 kw. Menghitung daya poros dapat dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000} \quad (2)$$

P = Daya Poros (kW)

T = Torsi (N.m)

n = Putaran Mesin (RPM)

Konsumsi Bahan Bakar adalah jumlah bahan bakar per waktunya untuk menghasilkan daya sebesar 1 HP. Jadi konsumsi bahan bakar adalah ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar. Untuk konsumsi bahan bakar hanya volume bahan bakar per satuan waktu (kg/jam) [6].

$$\text{SFC} = \text{FC} \times \rho / \text{Ne} \quad (3)$$

$$\text{FC} = v \times 3600 / t \times 1000$$

SFC = konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/HP.Jam)

FC = Konsumsi Bahan Bakar (ℓ/Jam)

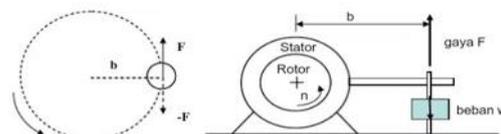
ρ = berat jenis bahan bakar yang digunakan (Kg/ℓ)

v = volume bahan bakar (cc)

t = waktu yang diperlukan untuk konsumsi bahan bakar (s)

Ne = daya yang dihasilkan (Hp)

Dinamometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi pada poros motor bakar melalui penghubung roda penggerak. Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan memberi beban yang berlawanan terhadap arah putaran mesin sampai putaran mendekati 0 rpm, Beban ini nilainya adalah sama dengan torsi poros. Dapat dilihat pada gambar. 1



Gambar 1. Skematik Dynamometer

adalah prinsip dasar dynamometer. Dari gambar tersebut terlihat pengukuran torsi pada poros (rotor) dengan prinsip pengereman dengan stator yang dikenai beban sebesar w. Mesin dinyalakan kemudian pada poros disambungkan dengan dynamometer. Untuk mengukur torsi mesin pada poros mesin diberi rem dan disambungkan dengan w pengereman atau pembebanan. Pembebanan

diteruskan sampai poros mesin hampir berhenti berputar. Beban maksimum yang terbaca adalah gaya pengereman yang besarnya sama dengan gaya putar poros mesin F [7].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen terhadap objek tentang pengaruh variasi timing pengapian terhadap Torsi, Daya dan SFC pada mesin injeksi 1500 cc.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin

| | |
|------------------------|----------------------|
| Engine | HR 15 DE |
| Jumlah Silinder | 4 cylinder in line |
| Jumlah Valve | 16 Valve OHV |
| Volume Silinder | 1498 cc |
| Diameter x Langkah | 78.0 x 78.4 |
| Perbandingan kompresi | 10,5 : 1 |
| Daya maksimum | 109 PS / 6000 rpm |
| Torsi Maksimum | 109 lb.ft / 4400 rpm |
| Distribusi Bahan Bakar | ECCS |

Ada beberapa variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah dimana variable yang besarnya ditentukan peneliti yaitu Timing Pengapian, -2° , -1° , Top, $+1^{\circ}$, $+2^{\circ}$ dan Putaran mesin (2000, 2500, 3000, 3500, 4000) Rpm

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variable yang besarnya di dapat dari variabel bebas yang ditentukan peneliti, dan diketahui sesudah dilakukan penelitian. Variabel terikatnya yaitu konsumsi bahan bakar spesifik, torsi dan daya dari output roda.

3. Variabel Control

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah suhu mesin yang dijaga antara $80-90^{\circ}\text{C}$.

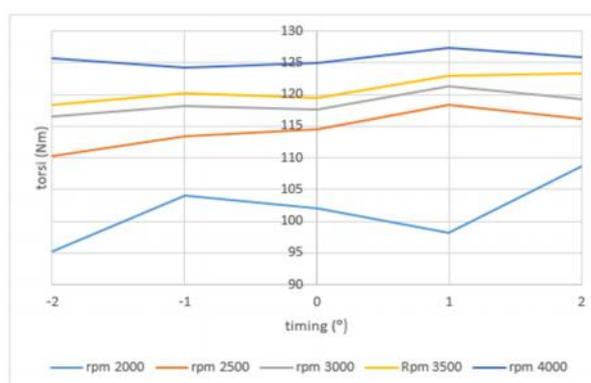
Alat dan Bahan yang digunakan antara lain, Mesin Nissan Grand livina 1500 cc injeksi, Tool box sebagai alat untuk membantu dalam proses bongkar pasang saat proses penelitian, Consult sebagai alat untuk penyetelan timing dan untuk memonitor putaran mesin, Dynamometer sebagai alat pengukur torsi dan daya mesin kendaraan, Pompa bahan bakar untuk mensuplai atau memompa bahan bakar dari burret menuju injektor untuk diteruskan menuju ruang bakar dalam proses pengambilan data konsumsi bahan bakar, Selang bahan bakar bertujuan untuk menghubungkan aliran bahan bakar dari burret menuju injektor dalam proses pengambilan data konsumsi bahan bakar, Accu berfungsi mensuplai arus listrik untuk mengaktifkan pompa bahan bakar. Stopwatch untuk menghitung lama waktu pemakaian bahan bakar, Burret sebagai wadah penampungan bahan bakar, Bahan bakar pertamax.

Dalam penelitian ini langkah-langkah dibagi menjadi dua tahap karena pengambilan data torsi dan daya dilakukan terpisah dengan pengambilan data SFC. Langkah-langkah pengambilan data torsi dan daya adalah sebagai berikut : Pengecekan oli, air radiator dan perlengkapan alat uji lainnya, Posisikan kendaraan uji pada mesin dynamometer, Setelah posisi mobil tepat, pasang pengikat pada roda belakang dan pada chasis bagian depan sebagai peralatan keamanan, Panaskan kendaraan uji hingga temperatur kerja, Matikan semua beban seperti air conditioner, audio, lampu, setting timing pada timing -2 , setting putaran mesin pada 2000, 2500, 3000, 4000 rpm, lakukan pencatatan data, ulangi langkah di atas dengan memvariasikan timing pengapian -1° , Top, $+1^{\circ}$, $+2^{\circ}$. Adapun langkah-langkah pengambilan data waktu konsumsi bahan bakar sebagai berikut : Pengecekan oli, air radiator dan perlengkapan alat uji lainnya, Pemasangan perlengkapan alat uji, Matikan semua beban seperti air conditioner, audio, lampu, setting timing pada -2 , setting putaran mesin pada 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 rpm, aktifkan stopwatch dan amati pemakaian bahan bakar pada buret setiap 20 cc, matikan stopwatch, lakukan pencatatan data waktu yang diperoleh pada stopwatch, ulangi langkah di atas dengan memvariasikan timing -1° , Top, $+1^{\circ}$, $+2^{\circ}$.

4. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2. Torsi (Nm)

| Timing | rpm 2000 | rpm 2500 | rpm 3000 | Rpm 3500 | rpm 4000 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| +2 | 108,67 | 116,21 | 119,24 | 123,35 | 125,87 |
| +1 | 98,14 | 118,43 | 121,31 | 123,03 | 127,34 |
| Top | 102,03 | 114,50 | 117,73 | 119,53 | 124,90 |
| -1 | 104,01 | 113,39 | 118,17 | 120,30 | 124,19 |
| -2 | 95,20 | 110,26 | 116,59 | 113,44 | 125,70 |



Gambar 1. Grafik hubungan antara timing dan torsi

Pada grafik diatas terlihat pada putaran 2000 rpm timing top menghasilkan torsi sebesar 102,03 Nm, jika pengapian dimajukan 1° torsi yang dihasilkan turun menjadi 98,14 Nm dan saat dimajukan 2° torsi tersebut meningkat menjadi sebesar 108,67 Nm. Pada saat timing dimundurkan 1°

torsi yang dihasilkan meningkat menjadi sebesar 104,01 Nm, jika timing dimundurkan 2° torsi yang dihasilkan turun menjadi 95,20. Dari grafik di atas terlihat torsi menurun pada saat timing dimajukan 1° pada putaran terendah 2000 rpm karena pada saat putaran tersebut nilai SFC sangat tinggi yang mengindikasikan bahwa konsumsi bahan bakar yang dihasilkan tinggi sehingga bahan bakar tidak terbakar semua dan menyebabkan pembakaran yang terjadi tidak sempurna mengakibatkan torsi yang dihasilkan rendah. Pada putaran 2000 rpm torsi maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 2°.

Pada putaran 2500 rpm, timing top menghasilkan torsi sebesar 114,50 Nm, jika pengapian dimajukan 1° torsi yang dihasilkan naik menjadi 118,43 Nm dan saat dimajukan 2° torsi tersebut turun menjadi sebesar 116,21 Nm. Pada saat timing dimundurkan 1° torsi yang dihasilkan turun menjadi sebesar 113,39 Nm, jika timing dimundurkan 2° torsi yang dihasilkan semakin turun menjadi 110,26 Nm. Pada putaran 2500 rpm torsi maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 1°.

Pada putaran 3000 rpm, timing top menghasilkan torsi sebesar 117,73 Nm, jika pengapian dimajukan 1° torsi yang dihasilkan naik menjadi 121,31 Nm dan saat dimajukan 2° torsi tersebut turun menjadi sebesar 119,24 Nm. Pada saat timing dimundurkan 1° torsi yang dihasilkan naik menjadi sebesar 118,17 Nm, jika timing dimundurkan 2° torsi yang dihasilkan turun menjadi 116,59 Nm. Pada putaran 3000 rpm torsi maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 1°.

Pada putaran 3500 rpm, timing top menghasilkan torsi sebesar 119,53 Nm, jika pengapian dimajukan 1° torsi yang dihasilkan naik menjadi 123,03 Nm dan saat dimajukan 2° torsi tersebut semakin meningkat sebesar 123,35 Nm. Pada saat timing dimundurkan 1° torsi yang dihasilkan naik menjadi sebesar 120,30 Nm, jika timing dimundurkan 2° torsi yang dihasilkan turun menjadi 113,44 Nm. Pada putaran 3500 rpm torsi maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 2°.

Pada putaran 4000 rpm, timing top menghasilkan torsi sebesar 124,90 Nm, jika pengapian dimajukan 1° torsi yang dihasilkan naik menjadi 127,34 Nm dan saat dimajukan 2° torsi tersebut turun menjadi sebesar 125,87 Nm. Pada saat timing dimundurkan 1° torsi yang dihasilkan turun menjadi sebesar 124,19 Nm, jika timing dimundurkan 2° torsi yang dihasilkan naik menjadi 125,70 Nm. Pada putaran 4000 rpm torsi maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 1°.

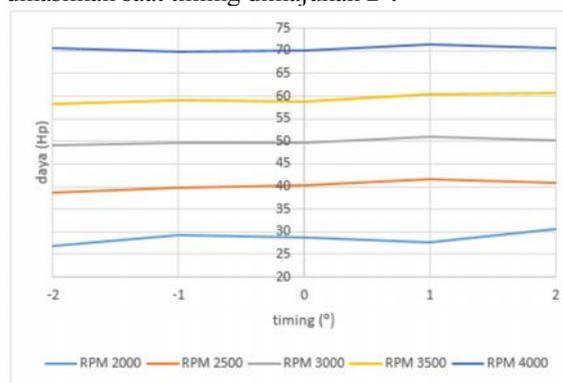
Pada putaran 2500 rpm, timing top menghasilkan daya sebesar 40,20 Hp, jika pengapian dimajukan 1° daya yang dihasilkan naik menjadi 41,58 Hp dan saat dimajukan 2° daya tersebut meningkat menjadi sebesar 40,80 Hp. Pada saat timing dimundurkan 1° daya yang dihasilkan turun menjadi sebesar 39,81 Hp, jika timing dimundurkan 2° daya yang dihasilkan semakin turun menjadi 38,71

Hp. Pada putaran 2500 rpm daya maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 1°.

Tabel 3. Daya (Hp)

| Timing | rpm 2000 | rpm 2500 | rpm 3000 | rpm 3500 | rpm 4000 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| +2 | 30.52 | 40.8 | 50.24 | 60.63 | 70.71 |
| +1 | 27.57 | 41.58 | 51.10 | 60.47 | 71.53 |
| Top | 28.65 | 40.20 | 49.59 | 58.75 | 70.16 |
| -1 | 29.21 | 39.81 | 49.79 | 59.13 | 69.76 |
| -2 | 26.74 | 38.71 | 49.12 | 58.22 | 70.61 |

Pada grafik diatas terlihat pada putaran 2000 rpm timing top menghasilkan daya sebesar 28,65 Hp, jika pengapian dimajukan 1° daya yang dihasilkan turun menjadi 27,57 Hp dan saat dimajukan 2° daya tersebut meningkat menjadi sebesar 30,52 Hp. Pada saat timing dimundurkan 1° daya yang dihasilkan meningkat menjadi sebesar 29,21 Hp, jika timing dimundurkan 2° daya yang dihasilkan turun menjadi 26,74. Pada putaran 2000 rpm daya maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 2°.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Timing Dan Daya

Pada putaran 3000 rpm, timing top menghasilkan daya sebesar 49,59 Hp, jika pengapian dimajukan 1° daya yang dihasilkan naik menjadi 51,10 Hp dan saat dimajukan 2° daya tersebut meningkat menjadi sebesar 50,24 Hp. Pada saat timing dimundurkan 1° daya yang dihasilkan turun menjadi sebesar 49,79 Hp, jika timing dimundurkan 2° daya yang dihasilkan semakin turun menjadi 49,12 Hp. Pada putaran 3000 rpm daya maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 1°.

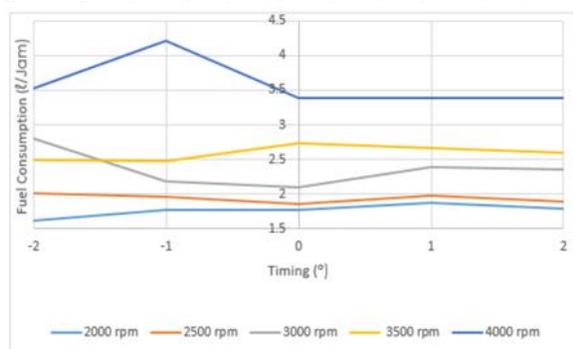
Pada putaran 3500 rpm, timing top menghasilkan daya sebesar 58,75 Hp, jika pengapian dimajukan 1° daya yang dihasilkan naik menjadi 60,47 Hp dan saat dimajukan 2° daya tersebut semakin meningkat menjadi sebesar 60,63 Hp. Pada saat timing dimundurkan 1° daya yang dihasilkan naik menjadi sebesar 59,13 Hp, jika timing dimundurkan 2° daya yang dihasilkan kembali turun menjadi sebesar 58,22 Hp. Pada putaran 2500 rpm daya maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 2°.

Pada putaran 4000 rpm, timing top menghasilkan daya sebesar 70,16 Hp, jika pengapian dimajukan 1° daya yang dihasilkan naik menjadi

71,53 Hp dan saat dimajukan 2° daya tersebut semakin meningkat menjadi sebesar 70,71 Hp. Pada saat timing dimundurkan 1° daya yang dihasilkan mengalami penurunan menjadi sebesar 69,76 Hp, jika timing dimundurkan 2° daya yang dihasilkan mengalami peningkatan menjadi sebesar 70,61 Hp. Pada putaran 4000 rpm daya maksimal dihasilkan saat timing dimajukan 1°.

Tabel 4. Konsumsi bahan bakar (ℓ/Jam)

| Timing | 2000 rpm | 2500 rpm | 3000 rpm | 3500 rpm | 4000 rpm |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| -2 | 1,61 | 2,01 | 2,80 | 2,50 | 3,52 |
| -1 | 1,77 | 1,96 | 2,18 | 2,47 | 4,21 |
| Top | 1,77 | 1,86 | 2,10 | 2,73 | 3,38 |
| +1 | 1,88 | 1,98 | 2,39 | 2,67 | 3,38 |
| +2 | 1,79 | 1,90 | 2,36 | 2,59 | 3,39 |



Gambar 3. Grafik Antara Timing Dan Konsumsi Bahan Bakar

Pada grafik diatas terlihat pada putaran 2000 rpm timing top nilai FC sebesar 1,77 ℓ/Jam. Pada saat timing dimajukan 1° nilai FC mengalami peningkatan menjadi sebesar 1,88 ℓ/jam dan saat timing dimajukan 2° nilai FC mengalami penurunan menjadi sebesar 1,79 ℓ/Jam. pada saat timing dimundurkan 1° nilai FC tetap sebesar 1,77 ℓ/jam dan pada saat timing dimundurkan 2° nilai FC semakin menurun menjadi sebesar 1,61 ℓ/jam. pada putaran 2000 rpm FC terendah dihasilkan pada saat timing dimundurkan 2°.

Pada putaran 2500 rpm nilai FC saat timing top sebesar 1,86 ℓ/Jam, setelah timing dimajukan 1° nilai FC mengalami peningkatan menjadi sebesar 1,98 ℓ/Jam dan ketika dimajukan 2° nilai FC mengalami penurunan menjadi sebesar 1,90 ℓ/Jam. Pada saat timing dimundurkan 1° nilai FC mengalami peningkatan menjadi sebesar 1,96 ℓ/Jam dan semakin meningkat pada saat timing dimundurkan 2° menjadi sebesar 2,01 ℓ/Jam. Pada putaran 2500 rpm nilai FC terendah dihasilkan pada saat timing top.

Pada putaran 3000 rpm nilai FC saat timing top sebesar 2,10 ℓ/Jam, setelah timing dimajukan 1° nilai FC mengalami peningkatan menjadi sebesar 2,39 ℓ/Jam dan ketika dimajukan 2° nilai FC menurun menjadi sebesar 2,36 ℓ/Jam. Pada saat timing dimundurkan 1° nilai FC mengalami peningkatan menjadi sebesar 2,18 ℓ/Jam dan semakin naik pada saat timing dimundurkan 2° menjadi sebesar 2,80

ℓ/Jam. Pada putaran 3000 rpm nilai FC terendah dihasilkan pada saat timing top.

Pada putaran 3500 rpm nilai FC saat timing top sebesar 2,73 ℓ/Jam, setelah timing dimajukan 1° nilai FC mengalami penurunan menjadi sebesar 2,67 ℓ/Jam dan ketika dimajukan 2° nilai FC menurun menjadi sebesar 2,59 ℓ/Jam. pada saat timing dimundurkan 1° nilai FC mengalami penurunan menjadi sebesar 2,47 ℓ/Jam dan kembali meningkat pada saat timing dimundurkan 2° menjadi sebesar 2,50 ℓ/Jam. Pada putaran 3500 rpm nilai FC terendah dihasilkan pada saat timing dimundurkan 1°.

Pada putaran 4000 rpm nilai FC saat timing top sebesar 3,38 ℓ/Jam, setelah timing dimajukan 1° nilai FC tetap sebesar 3,38 ℓ/Jam dan ketika dimajukan 2° nilai FC meningkat menjadi sebesar 3,39 ℓ/Jam. Pada saat timing dimundurkan 1° nilai FC mengalami peningkatan menjadi sebesar 4,21 ℓ/Jam dan mengalami penurunan pada saat timing dimundurkan 2° menjadi sebesar 3,52 ℓ/Jam. Pada putaran 4000 rpm nilai FC terendah dihasilkan pada saat timing top dan dimajukan 1°.

Berdasarkan analisa diatas terjadi fluktuasi nilai FC tetapi tidak terjadi perbedaan yang sangat signifikan dan cenderung konstan pada setiap variasi timing pengapian. Fluktuasi tersebut terjadi karena putaran mesin yang tidak stabil saat pengambilan data setiap variasi timing pengapian. Nilai FC semakin kecil apabila berada pada putaran mesin rendah yaitu pada putaran 2000 rpm karena pada putaran tersebut adalah putaran terendah dari semua variasi yang dilakukan. Semakin tinggi putaran mesin maka nilai FC akan semakin besar karena mesin membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak dalam setiap kenaikan putaran mesin.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa tersebut maka dapat disimpulkan perubahan timing pengapian sangat berpengaruh pada torsi, daya dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan. Torsi dan Daya terbaik dihasilkan pada saat timing dimajukan 1° pada putaran mesin 4000 rpm karena busi memercikkan bunga api lebih awal sehingga akhir proses pembakaran terjadi pada saat piston berada sesaat di TMA dan mempercepat proses pembakaran yang mengakibatkan langkah ekspansi menjadi lebih besar (panjang) untuk menghasilkan pembakaran yang optimal sehingga berpengaruh pada besarnya torsi dan daya yang dihasilkan. Hasil konsumsi bahan bakar terendah dihasilkan pada timing -2° pada putaran 2000 rpm. Nilai FC semakin kecil apabila berada pada putaran mesin rendah yaitu pada putaran 2000 rpm karena pada putaran tersebut adalah putaran terendah dari semua variasi yang dilakukan. Semakin tinggi putaran mesin maka nilai FC akan semakin besar karena mesin membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak dalam setiap kenaikan putaran mesin.

Daftar Pustaka

- [1] Mahmud, Syahril Dkk., 2013, *Pengaruh Variasi Unjuk Derajat Pengapian Terhadap Kerja Mesin*, Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta Vol.3 No.1, PP. 58-64.
- [2] Solikhin, Himawan, 2015, *Daya dan Torsi Mesin Toyota Kijang Innova Menggunakan Bahan bakar Pertamina plus*, Universitas Negeri Semarang.
- [3] Endratoro, Henu, Pradipta. Siregar, Indra, Herlamba, 2013, *Variasi Waktu Pengapian Terhadap Performa dan Emisi Mesin Satu Silinder Dengan Pemanas*, Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya Vol.1 No.2 , pp. 221-230.
- [4] Udin, ARA, 2014, *Motor Bensin*, Yogyakarta, Deepublish
- [5] PT. NISSAN MOTOR INDOESIA. 2010, *Buku Panduan Training N-STEP 1*, Jakarta.
- [6] Murdianto, Imam, 2016, *Perbedaan Performa (Daya dan Torsi, Konsumsi Bahan Bakar) Menggunakan Injektor Standard dan Injektor Racing Dengan Bahan Bakar Pertamina dan Pertamina Plus Pada Sepeda Motor V-xion*, Semarang, Universitas Negeri Semarang.
- [7] Basyirun, Winarno, Karnowo, 2008, *Mesin Konversi Energi*, Universitas Negeri Semarang.



Bastian Yuda Kriswinarto telah menyelesaikan pendidikan program sarjana S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali, dari tahun 2015 sampai 2020. Menyelesaikan studinya dengan topic “Pengaruh Variasi Timing Pengapian Terhadap Torsi, Daya Dan SFC Mesin Injeksi 1500 CC”.

Bidang yang diminati adalah topik yang berkaitan dengan Teknik Mesin dan Konversi Energi. Saat ini sedang bekerja sebagai teknisi di PT. WAHANA WIRAWAN Jl By Pass Ngurah Rai No. 79 Kedonganan Kecamatan Kuta Selatan Kabupaten Badung Provinsi Bali.