

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH *TIMING INJECTION* TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR DIESEL 1 SILINDER PUTARAN KONSTAN DENGAN BAHAN BAKAR BIO SOLAR

Nugrah Rekto Prabowo<sup>1</sup>, Nova Yuliono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo  
Jl. Sumingkir No.1. Purwokerto Telp. 0281 632870

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo  
Jl. Sumingkir No.1. Purwokerto Telp. 0281 632870

Email : rekto\_prabowo@yahoo.com

### Abstrak

*Motor diesel merupakan penggerak mula yang cukup banyak digunakan pada sektor transportasi dan industri. Untuk mendapatkan unjuk kerja motor yang optimal, motor diesel dipengaruhi oleh beberapa aspek operasional. Diantaranya : Perbandingan campuran udara dengan bahan bakar (Air fuel Ratio), waktu penginjeksian bahan bakar (Timing injection) dan jumlah oksigen yang terkandung dalam udara kering disekitar (Ambien). Tujuan penelitian ini untuk mempelajari karakteristik unjuk kerja pada motor diesel : Daya, Torsi dan Penggunaan bahan bakar spesifik (Sfc) pada perubahan timing injeksi saat dimajukan (advanced) 20° dan dimundurkan (retarded) 20° dari keadaan standar 45° BTDC. Penelitian dilakukan dengan uji ekperimental pada sebuah motor diesel stasioner dengan pembebanan elektrik (lampu pijar) dari 200 sampai 2800 W dengan interval 200 W, pada putaran stasioner (1500 rpm) dengan bahan bakar bio-solar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variasi timing injeksi advanced 20° daya motor dan torsi rata-rata meningkat sebesar 9,15 %. Daya tertinggi pada 2,84 kW; torsi tertinggi 18,085 Nm diperoleh pada pembebanan 2600W. Penggunaan bahan bakar spesifik (Sfc) menurun 19%. Sfc terendah 0,354 kg/kWh pada pembebanan 1800 W. Pada variasi timing injeksi retarded 20° daya motor dan torsi rata-rata menurun sebesar 5,85 %, daya tertinggi 2,62 kW; torsi tertinggi 17,79 Nm diperoleh pada pembebanan 2600W; Penggunaan bahan bakar spesifik (Sfc) terjadi kenaikan 2,4%. Sfc terendah 0,436 kg/kWh pada pembebanan 2000 W.*

**Kata kunci : Motor diesel ; Timing injection; Unjuk kerja.**

### Pendahuluan

Motor diesel merupakan salah satu tipe penggerak mula yang cukup banyak digunakan pada sektor transportasi dan industri, hal ini dipilih karena beberapa alasan : motor diesel mampu digunakan sebagai penggerak mula dengan daya yang besar, memiliki efisiensi thermal yang lebih tinggi, konsumsi bahan bakar yang lebih efisien, perawatan yang lebih ringan jika dibandingkan dengan motor bensin.

Motor diesel merupakan jenis motor pembakaran dalam, dimana bahan bakar menyala akibat tekanan kompresi yang tinggi didalam silinder (*compression ignition engine*) dan bukan oleh alat bantu berenergi lain seperti busi (*spark plug*). Untuk mendapatkan unjuk kerja motor yang optimal, sebuah motor diesel sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek operasional, diantaranya : 1) Perbandingan campuran udara dengan bahan bakar (*Air fuel Ratio*), dimana faktor ini mempengaruhi kesempurnaan pembakaran didalam ruang bakar. 2) Waktu Penginjeksian bahan bakar (*Timing injection*), hal ini sangat berpengaruh pada kualitas pembakaran.. 3) Ambien, banyaknya energi hasil pembakaran bahan bakar tergantung dari jumlah oksigen yang terkandung dalam udara kering disekitar. Kondisi ambien sangat mempengaruhi perbandingan campuran bahan bakar dan udaran (AFR), jika kondisi ambien berubah maka AFR juga akan berubah.

Pada motor diesel, umumnya saat injeksi yang normal adalah antara 20° sampai 16° sebelum titik mati atas. Jika saat injeksi lebih awal (menjauhi TMA) maka temperatur dan tekanan udara yang masuk menjadi lebih rendah sehingga waktu tunda lebih panjang. Sedangkan jika saat injeksi dimundurkan (mendekati TMA), temperatur dan tekanan udara yang masuk menjadi lebih tinggi sehingga *ignition delay* lebih pendek, Wahyudi ( 2009: 12). Pengaturan injeksi bahan bakar yang tepat adalah mutlak untuk mendapatkan proses pembakaran bahan bakar yang sempurna. Sehingga diperoleh daya motor yang maksimum dan penghematan bahan bakar yang baik. Jika bahan bakar diinjeksikan terlalu awal, maka penyalanya akan lambat karena suhu udara pada titik ini tidak cukup tinggi. Keterlambatan yang berlebihan akan mengakibatkan operasi motor diesel yang kasar dan berisik serta memungkinkan kerugian bahan bakar karena pembasahan dinding silinder dan kepala torak. Akibatnya boros bahan bakar dan banyak asap dalam gas buang. Jika bahan bakar diinjeksikan terlambat dalam siklus, maka sebagian bahan

bakar akan terbakar pada saat torak telah jauh melampaui TMA. Jika ini terjadi, maka motor tidak akan membangkitkan daya maksimumnya, gas buang akan lebih berasap, dan pemakaian bahan bakar akan boros.

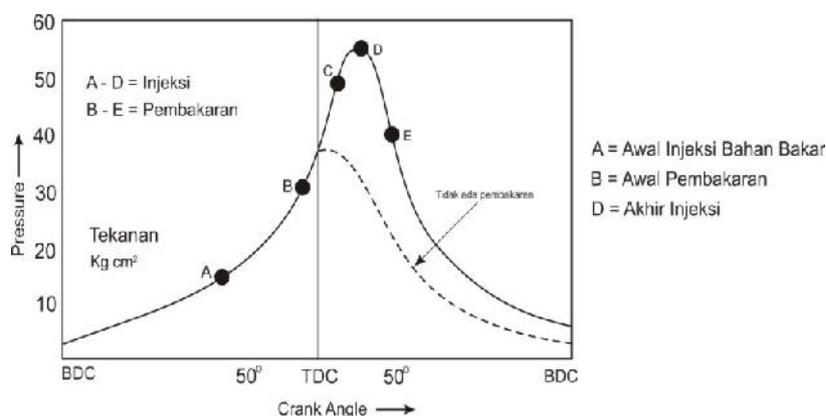
Menurut Djoko Sungkono, dkk (2008: 76-86) menyimpulkan bahwa perubahan derajat waktu injeksi, baik dimundurkan (*retarded*) maupun dimajukan (*advanced*)  $2^{\circ}$  memberikan perubahan (kenaikan ataupun penurunan) terhadap karakteristik pembakaran, unjuk kerja dan emisi mesin yang lebih besar dibandingkan perubahan *retarded* maupun *advanced*  $4^{\circ}$  CA. Demikian juga yang dilakukan oleh Gunawan Susanto (2009), menyimpulkan bahwa dibandingkan dengan pengaturan standart mesin, perubahan *timing* injeksi melebihi  $12^{\circ}$  Titik mati atas (TMA) menurunkan kerja dari mesin. Pengaturan *timing* injeksi yang paling baik adalah  $11^{\circ}$  TMA untuk mencapai efisiensi tinggi dan  $11,5^{\circ}$  untuk menghasilkan Torsi, BMEP dan Daya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari karakteristik unjuk kerja pada motor diesel yang meliputi: Daya, Torsi dan Penggunaan bahan bakar spesifik (Sfc) pada perubahan *timing* injeksi saat dimajukan (*advanced*)  $65^{\circ}$  dan dimundurkan (*retarded*)  $25^{\circ}$  dari keadaan standar  $45^{\circ}$  BTDC.

## Landasan Teori.

### Proses pembakaran bahan bakar motor diesel.

Proses pembakaran adalah proses reaksi kimia antara bahan bakar hidrokarbon dan oksigen yang berakibat terjadi pelepasan energi yang terdapat pada bahan bakar. Pada proses pembakaran ini tidak dapat terjadi secara langsung dan bersamaan, tetapi pembakaran terjadi secara bertahap dan membutuhkan waktu. Disamping itu penyemprotan bahan bakar pada motor diesel juga dilakukan secara bertahap dan memerlukan waktu, proses tersebut berlangsung antara  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ . Pada saat kompresi dilakukan, maka tekanan dan temperatur udara naik sangat tinggi dan beberapa derajat sebelum TMA bahan bakar diinjeksikan. Bahan bakar segera menguap dan bercampur dengan udara yang bertemperatur tinggi. Oleh karena itu bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya." (Arismunandar, 1983 : 39)



Gambar 1. Diagram proses pembakaran motor diesel,

Proses pembakaran dibagi menjadi 4 periode :

Periode 1 : waktu pembakaran tertunda (ignition delay) (A-B) pada periode ini disebut fase persiapan pembakaran, karena partikel-partikel bahan bakar yang diinjeksikan bercampur dengan udara didalam silinder agar mudah terbakar.

Periode 2 : perambatan api (B-C) pada periode 2 ini campuran bahan bakar dan udara tersebut akan terbakar di beberapa tempat. Nyala api akan merambat dengan kecepatan tinggi sehingga seolah-olah campuran terbakar sekaligus, sehingga menyebabkan tekanan dalam silinder naik. Periode ini sering disebut dengan pembakaran letup.

Periode 3 : pembakaran langsung (C-D) akibat nyala api dalam silinder maka bahan bakar yang diinjeksikan langsung terbakar. Pembakaran langsung ini dapat dikontrol dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, sehingga periode ini sering disebut dengan pembakaran dikontrol.

Periode 4: pembakaran lanjut (D-E) injeksi berakhir dititik D, tetapi bahan bakar belum terbakar semua. Jadi walaupun injeksi telah berakhir, pembakaran masih tetap berlangsung. Bila pembakaran lanjut terlalu lama, temperatur gas buang akan tinggi menyebabkan efisiensi panas turun.

### Knocking pada motor diesel

Adakalanya dalam proses pembakaran tertunda terjadi lebih panjang. Hal ini disebabkan karena terlalu banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan pada tahapan pembakaran tertunda, sehingga terlalu banyak bahan bakar

yang terbakar pada tahapan kedua yang mengakibatkan tekanan dalam silinder meningkat drastis serta menghasilkan getaran dan suara yang keras. Inilah yang disebut diesel knock. Untuk mencegah *diesel knock*, maka harus dihindari terjadinya peningkatan tekanan secara mendadak dengan cara membuat campuran yang mudah terbakar pada temperatur rendah atau mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ketika tahapan penundaan penyalaan.

Adapun metode untuk menghilangkan *diesel knock* dapat dilakukan: Menggunakan bahan bakar dengan angka cetana yang lebih tinggi ; Menaikan temperatur udara dan tekanannya saat mulai injeksi; Mengurangi volume injeksi saat mulai menginjeksikan bahan bakar; Menaikan temperatur ruang bakar, khususnya daerah titik bahan bakar diinjeksikan.

**Syarat sistem injeksi bahan bakar motor diesel**

Sitem injeksi bahan bakar motor diesel harus memenuhi syarat berikut ini : Memberikan sejumlah tertentu bahan bakar ke tiap-tiap silinder motor diesel; Menepatan saat penginjeksian bahan bakar, bahan bakar harus diinjeksikan ke dalam silinder dengan tepat. Bahan bakar yang diinjeksikan terlalu cepat atau terlalu lambat selama langkah usaha menyebabkan terjadinya kerugian tenaga; Mengendalikan kecepatan pengiriman bahan bakar. Kerja motor diesel yang halus pada tiap-tiap silinder tergantung pada lama waktu yang diperlukan untuk menginjeksikan bahan bakar. Kecepatan putar motor yang lebih tinggi harus dicapai dengan pemasukan bahan bakar yang lebih cepat pula: Mengabutkan bahan bakar, Bahan bakar harus sepenuhnya tercampur dengan udara untuk pembakaran sempurna. Dalam hal ini bahan bakar harus dikabutkan menjadi partikel-partikel yang halus. Dengan demikian penginjeksian bahan bakar ke dalam silinder harus pada saat yang tepat dan jumlah yang tepat pula sesuai dengan jumlah yang diperlukan.

**Durasi fuel cam**

Waktu penginjeksian ini diatur melalui hubungan antara sistem injeksi bahan bakar (*fuel cam*) dengan *timing gear* yang tersambung dengan *crankshaft engine*. Pengaturan injeksi bahan bakar merupakan hal yang mutlak untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, sehingga diperoleh daya motor yang maksimum dan penghematan bahan bakar yang baik. Bentuk dari *cam* menentukan titik pembukaan dan penutupan pompa injeksi, dan besarnya pengangkatan nok (*cam*).

**Unjuk Kerja Motor**

Ada beberapa unsur unjuk kerja motor penggerak mula, diantaranya adalah torsi, daya, tekanan pembakaran rata-rata (bmep), konsumsi bahan bakar spesifik (sfc), efisiensi thermal, emisi gas buang dan ketahanan motor. (Heywood, J.B, 1988: 42-59)

1. Daya motor : adalah besarnya kerja motor selama waktu tertentu (KW). Rumus untuk menghitung daya adalah:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} \text{ (KW)} \dots\dots\dots (1)$$

- T = torsi (Nm)
- P = daya (KW)
- n = putaran mesin (rpm)

2. Torsi , Torsi yang dihasilkan oleh motor dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = \frac{P \times 60000}{2 \pi \times N} \text{ (N.m)} \dots\dots\dots (2)$$

- T = torsi (Nm)
- P = Daya (Kw)
- N = putaran mesin (Rpm)

3. Konsumsi bahan bakar spesifik atau *specifik fuel consumption* (Sfc) adalah banyaknya bahan bakar yang dipakai tiap detik untuk menghasilkan satu satuan daya.

$$Sfc = \frac{mf}{p} \text{ (kg/Kw.h)} \dots\dots\dots (3)$$

$$mf = \frac{b \cdot 3600}{t \cdot 1000} \cdot pbb \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots (4)$$

- mf = laju aliran konsumsi bahan bakar (kg/h)
- pbb= berat jenis bahan bakar
- Sfc = bahan bakar yang dipakai (kg/kw.h)
- b = volume buret yang dipakai dalam pengujian (cc)

t = waktu yang diperlukan untuk mengkosongkan buret (ml)  
 P = daya motor (Kw)

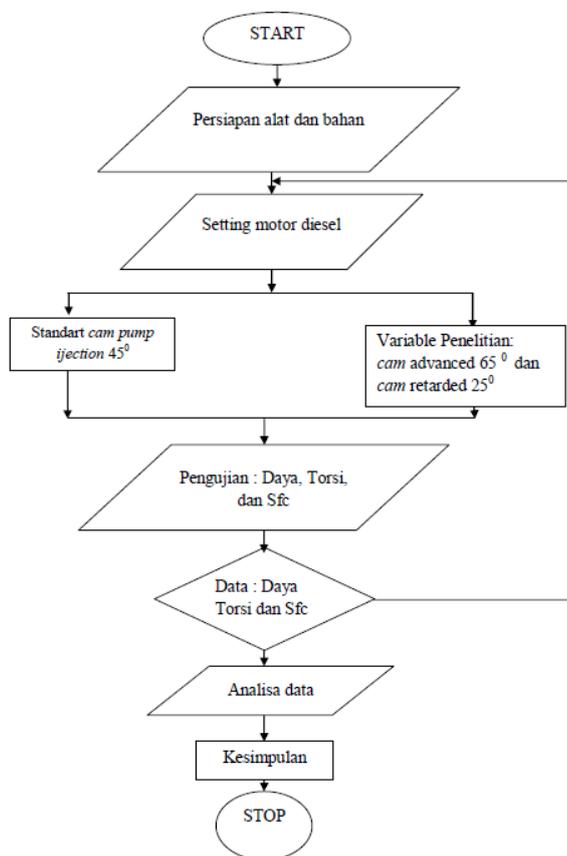
**Metode Penelitian :**

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan menekankan pada subyek perubahan sudut nok/cam sebagai penggerak pompa injeksi (*injection pump*) pada sistem bahan bakar motor diesel silinder tunggal tunggal 4 langkah .

**Bahan dan Alat :**

1. Bahan yang digunakan dalam penelitin ini : Motor diesel silinder tunggal 4 langkah ME 175 ; Perbandingan kompresi 23:1 ; Diameter silinder = 75 mm dan Panjang langkah piston = 80 mm; Daya output = 6,5 Ps/ 2600 rpm. Sebagai beban pengereman motor diesel menggunakan Generator set Merk : Huafa ST -3 ; Power : 3000 Watt ; 230 V; 13 A ; 1500 rpm
2. *Power analyzer*, untuk mengetahui hasil data daya pada pengujian
3. Panel lampu pembebanan, digunakan untuk mengatur kapasitas pembebanan
4. Gelas ukur/buret kapasitas 100 ml, untuk mengukur volume bahan bakar
5. Stopwatch, digunakan untuk mengukur waktu konsumsi bahah bakar pada saat pengujian.

**Prosedur Penelitian.**



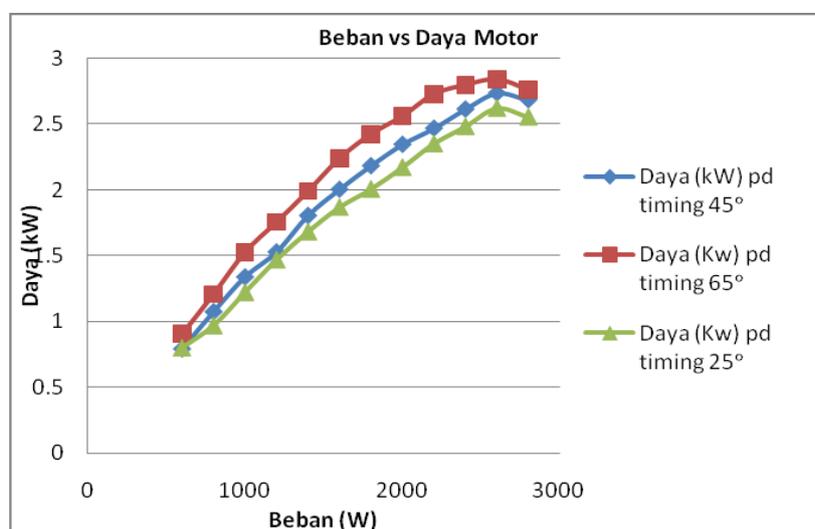
**Hasil Penelitian dan Pembahasan**

1. Hubungan daya terhadap perubahan Beban.

Dari pengujian diperoleh data tentang daya yang dihasilkan oleh motor diesel dengan menggunakan *cam pump injection* standar yang kemudian diganti dengan *cam pump injection* modifikasi dengan fariasi penekanan yang berbeda yaitu dimajukan saat penekanan (*advance*) 20° dan dimundurkan (*retarded*) 20°. Sebagaimana data pada tabel 1. dibawah ini :

Tabel 1. Hubungan daya motor terhadap perubahan Beban.

Beban (W)	Daya (kW) pd timing 45° BTDC	Daya (Kw) pd timing 65° BTDC	Daya (Kw) pd timing 25° BTDC
600	0.796	0.908	0.803
800	1.078	1.211	0.972
1000	1.342	1.529	1.224
1200	1.531	1.757	1.471
1400	1.807	1.992	1.684
1600	2.006	2.241	1.869
1800	2.185	2.425	2.007
2000	2.347	2.561	2.172
2200	2.469	2.729	2.352
2400	2.614	2.798	2.482
2600	2.736	2.842	2.621
2800	2.685	2.762	2.554
Daya rata-rata	1.966	2.146	1.851
Daya tertinggi	2.736	2.842	2.621



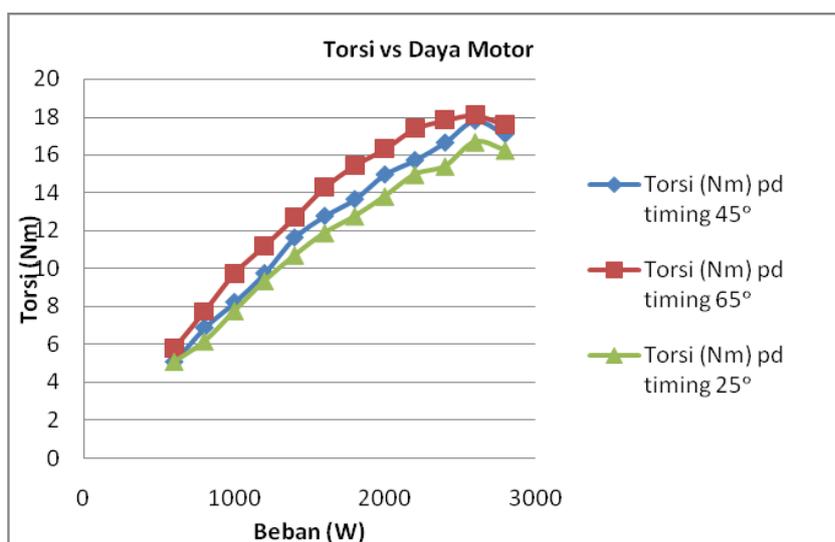
Gambar 1. Grafik daya motor terhadap perubahan beban

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan beban pada motor, daya yang dihasilkan semakin besar pula. Hal ini terjadi pada pembebanan mulai dari 600 W sampai dengan 2600W, kemudian pada penambahan beban berikutnya mengalami penurunan daya motor. Kenaikan daya terjadi disebabkan karena injeksi bahan bakar yang semakin banyak, sehingga mengakibatkan pembakaran yang terjadi menjadi besar. Daya tertinggi dihasilkan pada saat *timing injeksi* bahan bakar ketikadimajukan menjadi 20° dari *timing injeksi* 45° (posisi standar). Untuk *timing injeksi* 45° menunjukkan daya terbesar pada 2,736 kW pada pembebanan 2600 Watt dan daya rata-rata 1,966 kW. Pada *timing injeksi advance* 20° menunjukkan bahwa, daya terbesar dihasilkan pada 2,842 kW pada pembebanan 2600 Watt dan daya rata-rata 2,146 kW. Sehingga pada pemajuan *timing injeksi* 20° terjadi peningkatan daya rata-rata 9,15%. Sedangkan pada *timing injeksi dimundurkan (retarded)* 20° menghasilkan daya terbesar pada 2,621 kW pada pembebanan 2600 Watt, daya rata-rata 1,851 kW, sehingga terjadi penurunan daya rata-rata 5,85% jika dibandingkan dengan penginjeksian standar pada 45°. Secara teoritis dapat dijelaskan bahwa untuk mencegah *diesel knock*, maka harus dihindari terjadinya peningkatan tekanan secara mendadak dengan cara membuat campuran yang mudah terbakar pada temperatur rendah, proses ini dilakukan dengan melakukan pemajuan timing injection. Sehingga mengakibatkan bahan bakar akan lebih mudah terbakar dan kerja dari poros engkol juga akan lebih ringan karena variasi pemajuan timing injeksi mengakibatkan mudahnya bahan bakar di injeksikan dan secara otomatis daya dari poros engkol dapat langsung ditransmisikan ke roda gila untuk menggerakkan beban. Pada timing injection dimundurkan 20° mengakibatkan periode pembakaran lanjut yang terlalu panjang, hal ini mengakibatkan kerugian daya. Karena masih banyak bahan bakar belum sempat dibakar sudah harus terbuang bersama keluarnya gas asap yang diakibatkan katup buang yang sudah mulai dibuka dan mengakibatkan tenaga motor menurun.

2. Hubungan torsi terhadap perubahan beban.

Tabel 2. Hubungan torsi terhadap perubahan beban.

Beban (W)	Torsi (Nm) pd timing 45° BTDC	Torsi (Nm) pd timing 65° BTDC	Torsi (Nm) pd timing 25° BTDC
600	5.065	5.778	5.111
800	6.861	7.725	6.185
1000	8.221	9.731	7.789
1200	9.742	11.18	9.361
1400	11.626	12.676	10.716
1600	12.765	14.262	11.893
1800	13.651	15.431	12.772
2000	14.953	16.297	13.822
2200	15.711	17.366	14.967
2400	16.636	17.805	15.401
2600	17.792	18.085	16.679
2800	17.091	17.576	16.252
Torsi rata-rata	12.510	13.659	11.746
Torsi tertinggi	17.792	18.085	16.679



Gambar 2. Grafik torsi terhadap perubahan beban

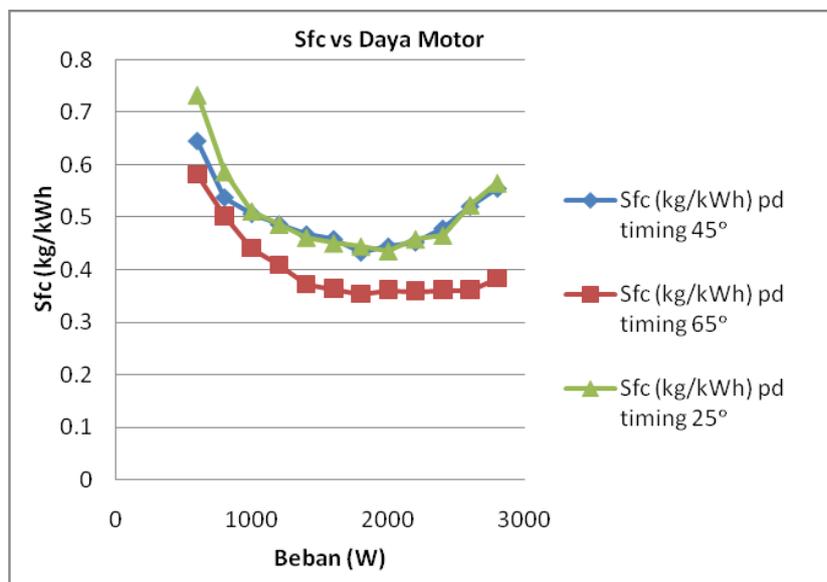
Pada dasarnya Torsi mesin berbanding lurus dengan daya motor, sehingga semakin besar penambahan beban pada motor maka daya motor maupun torsi juga semakin besar. Pada gambar 2 menunjukkan bahwa torsi tertinggi dihasilkan pada saat *timing injeksi* bahan bakar dimajukan menjadi 20° dari posisi saat *timing injeksi* 45° BTDC. Untuk *timing injeksi* 45° menunjukkan torsi terbesar pada 17,792 Nm dan torsi rata-rata 12,510 Nm pada pembebanan 2600 W. Pada *timing injeksi* dimajukan 20° menunjukkan torsi terbesar pada 18,085 Nm, torsi rata-rata 13,659 Nm pada pembebanan 2600 W. Sehingga pada pemajuan *timing injeksi* 20° terjadi peningkatan torsi rata-rata 9.15%. Sedangkan pada *timing injeksi* dimundurkan (*retarded*) 20° menghasilkan torsi terbesar pada 16,679 Nm, torsi rata-rata 11,746 Nm pada pembebanan 2600 W, sehingga terjadi penurunan torsi rata-rata 5,85% jika dibandingkan dengan penginjeksian pada 45°.

3. Hubungan Sfc terhadap perubahan Beban.

Dari pengujian diperoleh analisa perhitungan tentang kebutuhan penggunaan bahan bakar spesifik (Sfc) yang dihasilkan oleh motor diesel dengan menggunakan *cam pump injection* standar yang kemudian diganti dengan *cam pump injection* modifikasi dengan variasi penekanan yang berbeda yaitu dimajukan saat penekanan (*advance*) 20° dan dimundurkan (*retarded*) 20°. Sebagaimana data pada tabel 3. dibawah ini :

Tabel 3. Hubungan Sfc terhadap perubahan beban.

Beban (W)	Sfc (kg/kWh) pd timing 45° BTDC	Sfc (kg/kWh) pd timing 65° BTDC	Sfc (kg/kWh) pd timing 25° BTDC
600	0.645	0.582	0.734
800	0.538	0.503	0.587
1000	0.507	0.441	0.512
1200	0.487	0.409	0.487
1400	0.468	0.372	0.462
1600	0.459	0.364	0.451
1800	0.434	0.354	0.445
2000	0.445	0.361	0.436
2200	0.453	0.359	0.459
2400	0.479	0.361	0.466
2600	0.521	0.362	0.524
2800	0.555	0.383	0.566
Sfc rata-rata	0.499	0.404	0.511
Sfc terendah	0.434	0.354	0.436



Gambar 3. Grafik Sfc motor terhadap perubahan beban

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) terendah dihasilkan pada saat *timing injeksi* dimajukan (*advance*) 20° dari *timing injeksi* 45° BTDC. Untuk *timing injeksi* 45° menunjukkan konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) terendah pada 0,434 kg/kWh pada pembebanan 1800 W, konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) rata-rata 0,499 kg/kWh. Pada *timing injeksi* dimajukan (*advance*) 20° menunjukkan konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) terendah pada 0,354 kg/kWh pada pembebanan 1800 Watt dan konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) rata-rata 0,404 kg/kWh. Sehingga pada pemajuan (*advance*) 20° dari 45° BTDC terjadi penurunan konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) rata-rata 19%. Sedangkan pada pemunduran (*retarded*) 20° dari 45° BTDC menunjukkan konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) terendah pada 0,436 kg/kWh pada pembebanan 2000 W dan Sfc rata-rata 0,511 kg/kWh. Sehingga terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) rata-rata 2,4%. Secara teoritis dapat dijelaskan bahwa dengan *timing injection* dimajukan (*advance*) maka dapat mengurangi atau mencegah terjadinya *diesel knock*, yang dapat mengakibatkan gas diruang pembakaran meningkat sangat tinggi, hal ini memungkinkan penguapan gas pembakaran dan menjadikan terjadinya pemborosan dalam penggunaan bahan bakar, daya motor menurun, terjadinya over heating. Sebaliknya dengan *timing injection* yang dimundurkan memungkinkan terjadinya periode pembakaran lanjut yang terlalu panjang, yang mengakibatkan sebagian bahan bakar belum sempat terbakar sudah harus dikeluarkan dari ruang bakar, karena

faktor katup buang yang sudah mulai dibuka. Hal ini menyebabkan penggunaan bahan bakar menjadi boros, suhu gas buang masih tinggi dan menyumbang terjadinya pemanasan global.

### Kesimpulan

1. Pengukuran unjuk kerja motor diesel menunjukkan bahwa, peningkatan daya dan torsi motor terjadi pada pemajuan (*advance*) timing injection  $20^{\circ}$ . Dimana daya dan torsi rata-rata meningkat 9,15% sedangkan pada pemunduran (*retarded*) timing injection  $20^{\circ}$  terjadi penurunan daya dan torsi rata-rata 5,85% dibandingkan dengan penginjeksian standar pada  $45^{\circ}$  BTDC.
2. Konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) yang dihasilkan pada saat *timing injeksi* dimundurkan (*retarded*)  $20^{\circ}$  dari posisi saat *timing injeksi*  $45^{\circ}$  BTDC, menghasilkan konsumsi bahan bakar yang terendah, dimana menghasilkan penurunan rata-rata 19%, sedangkan saat perlakuan timing injeksi advanced  $20^{\circ}$ , mengalami peningkatan konsumsi bahan bakar sebesar 2,4% dari kondisi standar pada  $45^{\circ}$  BTDC.

### Daftar Pustaka

- Arismunandar, Wiranto. (1983). Penggerak mula motor bakar torak. Bandung: ITB Bandung.. pp. 39
- Gunawan, Susanto. (2009). Pengujian performa motor diesel berbahan bakar biosolar melalui perubahan timing injeksi bahan bakar. Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill Publishing Company. New York. pp. 42-59
- Nakoela Soenarta dan Shoichi Furuhamu. (1995). **Motor Serba Guna**, Jakarta :Penerbit PT Pradnya Paramita.
- Sungkono, D dkk. (2008). Pengaruh pengaturan derajat waktu injeksi terhadap unjuk kerja dan emisi motor diesel berbahan bakar biodiesel, Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi Vol. 7 No.2, pp. 76-86.
- Wahyudi. (2008). Pengaruh Saat Injeksi dan Pilot Fuel Quantity Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar LPG dan Minyak Solar. Tesis. Jurusan Teknik Mesin dan Industri Program Pasca Sarjana. UGM Yogyakarta. pp. 12