

## **Pengaruh Perubahan Saat Penginjeksian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel**

**Lenni Julia, Drs.Martias, M.Pd, Irma Yulia Basri S.Pd. M.Eng**

S1 Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

[lennijulia@gmail.com](mailto:lennijulia@gmail.com)

[martias@ft.unp.ac.id](mailto:martias@ft.unp.ac.id)

[irmayb@ft.unp.ac.id](mailto:irmayb@ft.unp.ac.id)

Saat penginjeksian adalah saat bahan bakar mulai disemprotkan oleh injektor kedalam ruang bakar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besarkan pengaruh perubahan saat penginjeksian yang dimajukan dan dimundurkan dari standar yang ada terhadap konsumsi bahan bakar, dengan putaran mesin yang berbeda-beda.

Hasil uji menunjukan bahwa terjadinya peningkatan konsumsi bahan bakar pada saat penginjeksian dimundurkan disetiap putaran mesin pada putaran 800 Rpm menghasilkan 20,6 cc, dan pada putaran 2200 Rpm dengan konsumsi bahan bakar senilai 27,2 cc, dibandingkan dengan *spesifikasi* yang menghasilkan konsumsi bahan bakar pada putaran 800 Rpm menghasilkan 18,3 cc dan pada putaran 2200 Rpm menghasilkan konsumsi bahan bakar sebanyak 24,75 cc. Peningkatan konsumsi bahan bakar menunjukkan bahwa perubahan saat penginjeksian berpengaruh terhadap hasil konsumsi bahan bakar.

Kata kunci: Saat Penginjeksian, Motor Diesel.

## **Changed Influence the Injection Timing against Fuel Consumption of the Diesel Engine**

**Lenni Julia, Drs.Martias, M.Pd, Irma Yulia Basri S.Pd. M.Eng**

Bachelor Degree Automotive Engineering Education, The Faculty Of Engineering, State

University Of Padang

[lennijulia@gmail.com](mailto:lennijulia@gmail.com)

[martias@ft.unp.ac.id](mailto:martias@ft.unp.ac.id)

[irmayb@ft.unp.ac.id](mailto:irmayb@ft.unp.ac.id)

Injection timing is when the fuel began to be sprayed by the injector into the combustion chamber. This research aims to determine how exaggerated the effect of the change when Injection timing is advanced and backward from the existing standards on fuel consumption and engine speed varied.

Test results showed that the increase in fuel consumption when the engine turns at each Injection timing was scrubbed when a postponed Injection timing round produce 20.6 cc 800 rpm, and at round 2200 rpm with fuel consumption worth 27.2 cc, compared with an average specification resulted in fuel consumption at 800 rpm rotation produces 18.3 cc and at 2200 rpm rotation produces fuel consumption as much as 24.75 cc. Increased fuel consumption indicate that changes when injection timing influence the fuel consumption results.

Key words: timing injection, diesel engine

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu aspek kebutuhan masyarakat yang sudah menjadi kebutuhan utama adalah sarana transportasi. Kendaraan dalam masyarakat bukan lagi menjadi barang yang eksklusif, karena hampir setiap masyarakat memilikinya.

Perkembangan teknologi dibidang otomotif tersebut mempunyai dampak beberapa dampak yang positif dalam kehidupan manusia. Selain bisa memberikan dampak yang positif, pengembangan teknologi ini juga bisa memberikan dampak negatif secara serius, diantaranya kemacetan lalu lintas, masalah keamanan di jalan, meningkatnya polusi lingkungan dan konsumsi bahan bakar.

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menyebabkan meningkat pula konsumsi bahan bakar minyak yang berasal dari fosil. Peningkatan konsumsi ini tidak diiringi dengan pertambahan atau pembaharuan sumber daya alam yang dibutuhkan, karena memang bahan bakar minyak dari fosil tidak dapat diperbaharui, dalam artian sumber energi tersebut suatu saat akan habis.

Untuk mendapatkan tenaga yang optimal dan hemat bahan bakar pada sebuah mesin diesel semua harus bekerja dengan optimal. Pada sebuah mesin dalam kurun waktu tertentu komponen-komponen mesin mulai tidak sesuai lagi dengan standar yang telah ditentukan akan tetapi masalah itu sering terabaikan.

Saat penginjeksian pada motor diesel berbeda-beda berdasarkan jenis dari pompanya misalkan pompa tipe inline atau tipe independent saat penginjeksiannya dimulai beberapa derajat sebelum TMA biasanya relatif sesuai dengan spesifikasi *engine* itu dikarenakan pada pompa inline digunakan untuk mesin diesel bertenaga besar sehingga saat penginjeksian pada pompa ini biasanya terjadi sebelum 18° sebelum TMA, pompa inline mempunyai kelebihan yaitu tiap satu pompa melayani satu silinder, dengan ruang bakar langsung dan penyemprotan langsung (*direct injection*), sedangkan tipe pompa distributor saat penginjeksian beberapa derajat setelah TMA dan itu relatif sesuai dengan spesifikasi *engine* itu sendiri, dikarenakan pompa injeksi distributor banyak digunakan untuk mesin diesel bertenaga menengah dan kecil dengan ruang bakar tambahan, yaitu dengan satu pompa melayani semua silinder mengakibatkan saat

penginjeksian terjadi setelah TMA, maka yang akan dibahas adalah tipe pompa distributor pada Mitsubishi L300 dengan saat penginjeksiannya dimulai dari 7°-9° sesudah TMA (Titik Mati Atas) sehingga sesudah TMA bahan bakar harus dapat bercampur dengan udara untuk memulai proses pembakaran.

Kesempurnaan proses pembakaran sangat berpengaruh terhadap tenaga mesin yang dihasilkan dan konsumsi bahan bakar. Untuk memperoleh pembakaran yang sempurna, berbagai upaya dapat dilakukan seperti meningkatkan tekanan kompresi, penyetelan tekanan injeksi serta penyetelan saat penginjeksian yang tepat.

Hal di atas tentu berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, namun belum diketahui seberapa besar pengaruh saat penginjeksian terhadap konsumsi bahan bakar solar pada motor diesel dengan saat penginjeksian yang dimajukan dan dimundurkan dari yang standarnya

## 2. Teori Dasar

### 2.1 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar adalah berapa banyakah bahan bakar yang dibutuhkan engine untuk dapat menghasilkan tenaga dalam persatuan waktu tiap satu liter bahan bakar yang diperlukan engine diubah untuk proses pembakaran dan dapat dihitung selama proses pembakaran berlangsung.

Faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar antara lain adalah saat penginjeksian. Pemakaian bahan bakar menunjukkan jumlah bahan bakar yang dipakai dalam liter/kilogram (kg) dengan rumus :

$$m \cdot f = \frac{V \cdot \rho_f}{t} \times \frac{3600}{1000} \left( \frac{kg}{jam} \right)$$

Keterangan:

$m \cdot f$  = Jumlah konsumsi bahan bakar (kg/jam)

$V$  = Jumlah bahan bakar yang dipakai mesin (cm<sup>3</sup>)

$t$  = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar (dtk)

$\rho_f$  = Berat jenis bahan bakar ( $\rho_{solar} = 0,85$  gr/cm<sup>3</sup>)

3600/1000 = Bilangan konversi

## 2.2 Saat Penginjeksian

Saat penginjeksian adalah saat bahan bakar mulai disemprotkan oleh injektor kedalam ruang bakar dan udara dimampatkan didalam silinder sampai mendekati temperatur pembakaran untuk proses pembakaran pada awal *ignition delay* pada langkah kompresi. Pada motor diesel dengan tipe pompa distributor pada Mitsubishi L300 memiliki saat penginjeksian dimulai dari 7°-9° sesudah TMA (Titik Mati Atas).

## 2.3 Pengaruh perubahan saat penginjeksian terhadap konsumsi bahan bakar

Waktu penginjeksian yang lebih awal akan menyebabkan terjadinya detonasi, yaitu tekanan melonjak sebelum waktunya. Hal ini disebabkan karena saat bahan bakar diinjeksikan temperatur udara hasil kompresi belum memenuhi syarat untuk membakar bahan bakar. Sehingga konsumsi bahan bakar sangat berpengaruh terhadap perubahan saat penginjeksian. Jika bahan bakar diinjeksikan terlalu lama 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 akibatnya boros bahan bakar diinjeksikan terlambat dalam siklus, maka sebagian bahan bakar akan terbakar pada saat torak telah jauh melampaui TMA sehingga mengakibatkan *engine* akan kehilangan tenaga.

## 2.6 Alat dan Bahan Penelitian

- 1 unit stand Mitsubishi L300
- Tool Box digunakan sebagai alat untuk membongkar pasang bagian-bagian yang diperlukan
- Tachometer Diesel untuk mengukur putaran mesin dalam Rpm
- Stopwatch untuk menghitung waktu yang dibutuhkan
- Gelas Ukur yang di gunakan untuk mengukur jumlah bahan bakar yang di konsumsi
- Dial Indikator alat yang digunakan untuk mengukur sudut penginjeksian
- Solar sebagai bahan bakar motor diesel

## 3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, sebelum dilakukan pengujian maka

- Sebelum pengujian dilakukan, motor diesel yang digunakan dikalibrasi sesuai standar dari pabrikan tanpa ada ubahan atau modifikasi apapun.
- Pengujian pertama, motor diesel Mitsubishi L300 tersebut diukur konsumsinya pada saat penginjeksian standar (7°- 9° sesudah TMA), lalu diukur konsumsi bahan bakarnya dalam waktu 60 detik pada beberapa kondisi putaran mesin yang ditentukan berdasarkan spesifikasi Mitusbishi L300 pada tabel 3, yaitu: saat *idle* (800 rpm), saat putaran mesin *eco driving* (1500 rpm), saat putaran torsi maksimum (2200 rpm), dengan pengujian tiap putaran mesinnya 2 kali pengambilan data.
- Pengujian kedua, motor diesel Mitsubishi L300 diukur konsumsinya pada saat penginjeksian dimajukan menjadi 3° dan 5° sesudah TMA. Pengambilan data disamakan atau berdasarkan pada langkah pengujian pertama.
- Pengujian ketiga, motor diesel Mitsubishi L300 diukur konsumsinya pada saat penginjeksian dimundurkan menjadi 11° dan 13° sesudah TMA. Pengambilan data disamakan atau berdasarkan pada langkah pengujian pertama.
- Hasil pengujian diatas akan dimasukkan pada tabel.

Penelitian dilaksanakan di Workshop Teknik Otomotif, Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

## 4. Hasil Pengujian

### 4.1 Data Hasil Pengujian Saat penginjeksian yang standar.

Saat Injeksi yang standar	Waktu Uji (detik)	Putaran mesin (Rpm)								
		800 Rpm			1500 Rpm			2200 Rpm		
		Pemakaian bahan bakar(ml)								
		I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata
9°	60 detik	18.4	18.2	18.3	21.4	21.1	21.25	24.6	24.9	24.75
7°		16.3	16.7	16.5	19.2	19.6	19.4	22.5	23.4	22.95

4.2 Data Hasil Pengujian saat penginjeksian yang dimundurkan

Saat Injeksi yang dimundurkan	Waktu uji (detik)	Putaran mesin (Rpm)								
		800 Rpm			1500 Rpm			2200 Rpm		
		Proses pengujian								
I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata		
11°	60 detik	20.7	20.5	20.6	24.4	24.5	24.45	27.1	27.3	27.2
13°		22.4	22.1	22.25	26.3	26.9	26.6	29.2	29.3	29.25

4.3 Data Hasil Pengujian saat penginjeksian yang dimajukan

Saat Injeksi yang dimajukan	Waktu pengujian (detik)	Putaran mesin (Rpm)								
		800 Rpm			1500 Rpm			2200 Rpm		
		Proses pengujian								
I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata		
5°	60 detik	14.8	13.9	14.35	17.6	17.2	17.4	20.1	20.6	20.35
3°		12.4	12.7	12.55	15.4	15.5	15.45	18.4	18.8	18.6

5. Analisis Data Konsumsi bahan Bakar

5.1 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada saat penginjeksian yang standar

Saat Injeksi yang standar	Waktu uji (dtk)	Putaran mesin (Rpm)								
		800 Rpm			1500 Rpm			2200 Rpm		
		Proses pengujian								
I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata		
9°	60 dtk	0.939	0.929	0.933	1.091	1.076	1.084	1.255	1.269	1.262
7°		0.831	0.852	0.842	0.979	0.999	0.989	1.148	1.193	1.170

5.2 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada saat penginjeksian yang dimundurkan

Saat Injeksi yang dimundurkan	Waktu Uji (dtk)	Putaran mesin (Rpm)								
		800 Rpm			1500 Rpm			2200 Rpm		
		Proses pengujian								
I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata		
11°	60 dtk	1.056	1.046	1.051	1.244	1.249	1.247	1.382	1.392	1.387
13°		1.142	1.127	1.135	1.341	1.357	1.349	1.489	1.494	1.492

5.3 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada saat penginjeksian yang dimajukan

Saat Injeksi yang maju	Waktu Uji (dtk)	Putaran mesin (Rpm)								
		800 Rpm			1500 Rpm			2200 Rpm		
		Proses pengujian								
I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata		
5°	60 dtk	0.755	0.709	0.732	0.898	0.877	0.888	1.025	1.051	1.038
3°		0.632	0.648	0.640	0.785	0.791	0.788	0.939	0.959	0.949

6. Analisa dengan menggunakan uji beda yaitu t test. Mendiagnosis data dengan rumus:

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y}}}$$

Dimana :

$$H_0 : (\bar{X} - \bar{Y}) = 0$$

= Rata – rata sampel ke-1

= Rata – rata sampel ke-2

= Standar deviasi sampel 1

= Standar deviasi sampel 2

$n_x$  dan  $n_y$  = Jumlah sampel

Kemudian untuk melihat signifikan perbedaan yang ditimbulkan dari data yang didapat, maka data tersebut dibandingkan dengan harga tabel pada taraf signifikan 5 % apabila diperoleh harga  $t_{hitung}$  yang melebihi harga  $t_{tabel}$  maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara kedua data yang dibandingkan adalah signifikan, sebaliknya apabila harga  $t_{hitung}$  lebih kecil dari pada  $t_{tabel}$  maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan yang ada tidak signifikan.

6.1 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada saat penginjeksian yang standar

Perbandingan saat penginjeksian 9° dengan 7° sesudah TMA											
Vrb	Putaran	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	NX	NY	SX	SY	$\frac{((N_x - 1)S_x)^2}{N_x}$	$\frac{((N_y - 1)S_y)^2}{N_y}$	Thtng	Signifikan
BB	800	18.3	16.5	3	3	0.141	0.2828	0.04	0.16	9.860	Signifikan
	1500	21.3	19.4	3	3	0.212	0.2828	0.09	0.16	9.064	Signifikan
	2200	24.8	22.9	3	3	0.212	0.6364	0.09	0.81	4.648	Signifikan

6.2 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada saat penginjeksian yang dimajukan

Perbandingan saat penginjeksian 7° dengan 5° sesudah TMA											
Vrb	Putaran	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	NX	NY	SX	SY	$\frac{((N_x - 1)S_x)^2}{N_x}$	$\frac{((N_y - 1)S_y)^2}{N_y}$	Thtng	Signifikan
BB	800	16.5	14.35	3	3	0.283	0.635	0.81	0.81	4.14	Signifikan
	1500	19.4	17.4	3	3	0.283	0.283	0.16	0.16	8.66	Signifikan
	2200	22.9	20.35	3	3	0.637	0.354	0.81	0.25	6.47	Signifikan

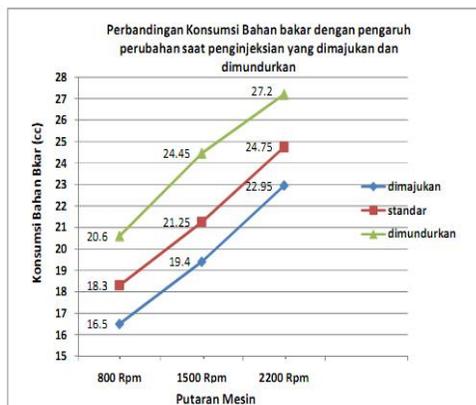
6.3 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada saat penginjeksian yang dimundurkan

Perbandingan saat penginjeksian 11° dengan 9° sesudah TMA											
Vrbl	Putaran	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	NX	NY	SX	SY	$\frac{((NX-1)SX)^2}{(NY-1)SY}$	$\frac{((NY-1)SY)^2}{(NX-1)SX}$	Thtg	Signifikansi
BB	800	20.6	18.3	3	3	0.141	0.141	0.04	0.04	19.92	Signifikan
	1500	24.45	21.25	3	3	0.071	0.212	0.01	0.09	24.79	Signifikan
	2200	27.2	24.75	3	3	0.141	0.212	0.04	0.09	16.65	Signifikan

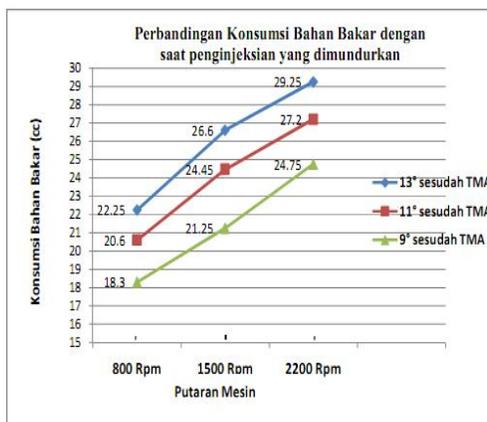
Dari hasil  $t_{hitung}$  yang dibandingkan dengan harga  $t_{tabel}$  maka dapat disimpulkan bahwa hasil dari  $t_{hitung}$  semuanya melebihi harga  $t_{tabel}$  2,290 maka hasil dari  $t_{hitung}$  signifikan.

7. Pembahasan

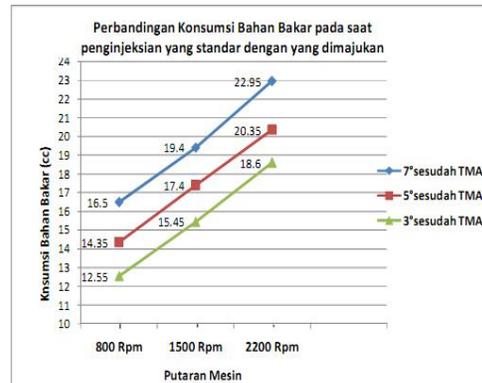
7.1 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar dengan perubahan saat penginjeksian yang dimajukan dan dimundurkan



7.2 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar dengan saat penginjeksian dimundurkan.



7.2 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar dengan saat penginjeksian dimajukan.



Berdasarkan data hasil pengujian Grafik yang menunjukkan tingkat konsumsi bahan bakar pada saat penginjeksian standar (9° sesudah TMA) pada putaran 800 Rpm, 1500 Rpm dan 2200 Rpm. Konsumsi bahan bakar terendah pada putaran 800 Rpm, yaitu 16.5 cc, pada putaran 1500 Rpm sebesar 19.4 cc dan konsumsi bahan bakar tertinggi pada putaran 2200 Rpm yaitu 22.95 cc.

Sedangkan pada saat penginjeksian yang dimajukan (7° sesudah TMA) pada putaran 800 Rpm, 1500 Rpm dan 2200 Rpm. Konsumsi bahan bakar terendah pada putaran 800 Rpm, yaitu 18.3 cc, pada putaran 1500 Rpm sebesar 21.25 cc dan konsumsi bahan bakar tertinggi pada putaran 2200 Rpm yaitu 24.75 cc dan saat penginjeksian yang dimundurkan (11° sesudah TMA) pada putaran 800 Rpm, 1500 Rpm dan 2200 Rpm. Konsumsi bahan bakar terendah pada putaran 800 Rpm, yaitu 14.35 cc, pada putaran 1500 Rpm konsumsi bahan bakar sebesar 17.4 cc, dan konsumsi bahan bakar tertinggi pada putaran 2200 Rpm yaitu 20.35 cc. Dari hasil Grafik diatas terlihat bahwa saat penginjeksian yang dimajukan terjadi penurunan bahan bakar dari saat penginjeksian yang standar akan tetapi dan saat penginjeksian yang dimundurkan terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar dari yang standar atau lebih boros bahan bakar.

Pada saat penginjeksian standar merupakan saat penginjeksian yang tepat karena pada saat bahan bakar mulai disemprotkan oleh injektor kedalam ruang bakar dan udara dimampatkan didalam silinder sampai mendekati temperatur pembakaran untuk proses

pembakaran pada awal *ignition* daya maksimum dan konsumsi bahan bakar yang ekonomis.

*Ignition Delay* merupakan proses untuk mempersiapkan reaksi antara bahan bakar dengan udara. *ignition delay* yang baik adalah pendek, hingga tidak perlu terjadi penumpukan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan kedalam silinder. Semakin panjang *ignition delay* maka akan semakin terasa terjadinya detonasi di dalam silinder. Beberapa faktor yang mempengaruhi *ignition delay* adalah kualitas bahan bakar (angka cetane), perbandingan kompresi, temperatur udara yang masuk, dan temperatur air pendingin.

Perubahan saat injeksi mempengaruhi karakteristik atau unjuk kerja motor diesel berupa torsi dan daya, saat penginjeksian memiliki andil dalam menentukan performa motor diesel

Hasil dari penelitian saat penginjeksian dimajukan ( $3^\circ$  dan  $5^\circ$  sesudah TMA) menghasilkan konsumsi lebih sedikit dibandingkan dengan penginjeksian standar, akan tetapi pada penginjeksian dimajukan terjadi detonasi dan *knocking* pada *engine*. Hal tersebut karena saat penginjeksian dimajukan akan menyebabkan tekanan maksimum pada silinder sehingga *delay periode* menjadi pendek disebabkan temperatur udara pada waktu itu belum cukup tinggi dan bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna, sehingga bahan bakar yang tidak terbakar itu akan menyebabkan terjadinya detonasi menimbulkan tekanan yang berlebihan sehingga tenaga yang dihasilkan kecil.

Saat penginjeksian yang dimundurkan ( $11^\circ$  dan  $13^\circ$  sesudah TMA) menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih boros dibandingkan dengan saat penginjeksian yang dimajukan dan saat penginjeksian yang standar. Pada saat ini juga pada *engine* terjadi detonasi dan *knocking* dikarenakan pada saat penginjeksian yang dimundurkan atau terlalu lama maka penyalannya akan lambat dan panjang dikarenakan suhu udara pada titik ini tidak cukup tinggi sehingga bahan bakar sudah banyak semprotkan oleh injektor tetapi temperatur belum cukup tinggi untuk terjadi pembakaran sehingga bahan bakar terlambat terbakar sebelum piston mencapai TMB sehingga *engine* berisik serta meningkatnya pemakaian dari konsumsi bahan bakar

## 8. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data penelitian yang telah dibahas pada bagian muka, yaitu pengaruh perubahan saat penginjeksian terhadap konsumsi bahan bakar motor diesel, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Pengaruh perubahan saat penginjeksian setelah dianalisa berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar dengan hasil penelitian saat penginjeksian yang dimajukan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan pada putaran 800 Rpm adalah 0,73 dan 0,64 kg/jam, pada putaran 1500 Rpm menghasilkan 0,88 dan 0,78 kg/jam dan pada putaran 2200 Rpm adalah 1,038 kg/jam dan 1,95 kg/jam, dibandingkan dengan perubahan saat penginjeksian yang standar konsumsi bahan bakar yang dihasilkan pada putaran 500 Rpm adalah 0,93 dan 0,84 kg/jam pada putaran 1500 Rpm 1,084 dan 0,989 kg/jam dan pada putaran 2200 Rpm adalah 1,262 dan 1,170 kg/jam dengan demikian saat penginjeksian yang dimajukan lebih irit dibandingkan dengan yang standar tetapi pada saat penginjeksian yang dimajukan akan menghasilkan detonasi, tenaga yang kecil dan kebisingan pada *engine*.

Selanjutnya pada saat penginjeksian yang dimundurkan pada putaran 800 Rpm adalah 1,051 dan 1,135 kg/jam pada putaran 1500 Rpm 1,247 dan 1,349 kg/jam, sedangkan pada putaran 2200 Rpm konsumsi bahan bakar yang dihasilkan adalah 1,387 dan 1,492 kg/jam dan dibandingkan dengan perubahan saat penginjeksian yang standar konsumsi bahan bakar yang dihasilkan pada putaran 500 Rpm adalah 0,93 dan 0,84 kg/jam pada putaran 1500 Rpm 1,084 dan 0,989 kg/jam dan pada putaran 2200 Rpm adalah 1,262 dan 1,170 kg/jam. Maka saat penginjeksian yang dimundurkan terjadi kerugian bahan bakar akibatnya boros dari yang standarnya, sehingga *engine* kehilangan tenaga dan asap yang dihasilkan lebih panas dan tebal dari yang biasanya.

## Daftar Pustaka

Allan Bonnick.(2008). *Automotive Science and Mathematics*. Elsevier Ltd: Hungary  
Arismunandar, Wiranto.(1975). *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Bandung: Pradya Paramita

- Breitbach, H.(2002). "Fuel Injection systems Overview".Delphi corporation, March 2002.  
[https://www.dieselnet.com/tech/diesel\\_fi.php](https://www.dieselnet.com/tech/diesel_fi.php). Diakses tanggal 21 Mei 2014
- Charles Fayette Taylor .(1985). "The Internal Combustion Engine un Theory and Practice".Volume 2 Combustion Fuels, Material, Design. Library of Congress Cataloging un Publication Data.
- David, K. Iynkaran & Tandy. J. (1993). *Basic Thermodynamics Applications And Pollution Control*. Singapore : Ngee Ann Polytechnic.
- Edgar.J.Kates.(1974). *Engeneering of Fundamental*. Germany :
- Jalius Jama dan Wagino.(2008). *Teknologi Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Klaus B Binder (Klaus Mollenhours).(2010). "Handbook of diesel engines". Germany
- Lipson .(1973). *Statitcal Design and Analysis Og Engeneering Exsperimnts*. Tokyo Japan : Mc Graw-Hill Kogakhusa,Ltd.
- Maleev.(1954). *Operasi dana Pemeliharaan Mesin Diesel*. (Terjemahan Bambang Priambodo) Jakarta: Erlangga.
- Mathur L.R Sharma.(1980). *A Course In Internal Combustion Engine*.Delhi : Rai & Sons
- Mitsubishi.1995."Engine 4D56 General Information".Mitsubishi.Motors Corporation.
- Nokoela Soenarto & Shoichi Furuhamas.(1985)."*Motor*
- Sugiyono.(2010). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sukoco & Zainal Arifin.(2008). *Teknologi Motor Diesel*. Bandung: Alfabeta
- Tim Penyusun UNP.(2011). *Buku Panduan Penelitian Tugas Akhir/Skiripsi Universitas Negeri Padang*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Wakhinuddin S.(2009). *Motor Diesel*. Padang: UNP Press.
- Wiliard W. Pulkrabek. Tanpa Tahun (Second Edition).*Internal Combustion Engine Fundamental*. Singapore