

## **”PENGARUH PEMAJUAN SAAT PENGINJEKSIAN TERHADAP KETEBALAN ASAP MESIN DIESEL”**

Defri Mrjoni<sup>1</sup>, Martias<sup>2</sup>, Toto Sugiarto<sup>3</sup>  
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif  
FT Universitas Negeri Padang  
Email: chaeniaego@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini direncanakan sebagai penelitian eksperimen yang mempunyai tujuan utama untuk mengetahui pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap gas buang mesin diesel. Alasan pengambilan judul ini yang pertama adalah rendahnya kualitas bahan bakar solar yang dipakai oleh para pengguna kendaraan mesin diesel menyebabkan titik nyala bahan bakar menjadi lambat sehingga sering menyebabkan pembakaran tidak sempurna, efek dari pembakaran yang tidak sempurna adalah ketebalan asap pada gas buang mesin diesel. Saat penginjeksian yang tidak tepat mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna akan menyebabkan kecenderungan tingkat ketebalan asap gas buang yang dihasilkan menjadi tinggi. Dengan pemajuan saat penginjeksian, diharapkan tingkat ketebalan asap yang dihasilkan berkurang.

Desain penelitian ini adalah *pre-test and post-test group design*, penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian ketebalan gas buang mesin diesel antara saat penginjeksian standar dengan pemajuan saat penginjeksian. Pengujian dilakukan pada putaran mesin 800, 1500, 2000, 3000 rpm dan akselerasi I dan II dengan standar saat penginjeksian 7° sesudah TMA dengan variasi saat penginjeksian yang dimajukan 6°, 5° dan 4° sesudah TMA, dengan pengambilan data dilakukan 2 kali pada setiap putaran dengan waktu 60 detik.

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 28 Agustus 2014 di bengkel PT. Suka Fajar Padang. Dari hasil penelitian terlihat bahwa rata-rata ketebalan asap minimum didapatkan pada pemajuan saat penginjeksian, sedangkan ketebalan asap maksimum didapatkan pada saat penginjeksian standar. Hasil penghitungan menggunakan rumus uji t menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada pemajuan saat penginjeksian yang diterima pada taraf signifikansi 5%.

Hasil penelitian saat penginjeksian yang dimajukan (6° sesudah TMA) tingkat ketebalan asap yang dihasilkan pada putaran 800 Rpm adalah 5,65 %, pada putaran 1500 Rpm 5,29 %, pada putaran 2000 Rpm 9,44 %, pada putaran 3000 Rpm 12,19 %, dan pada saat akselerasi 1 dan 2 adalah 29,91 % dan 38,15 %. Dibandingkan dengan saat penginjeksian yang standar (7° sesudah TMA) maka tingkat ketebalan asap yang dihasilkan pada putaran 800 Rpm adalah 6,99 %, pada putaran 1500 Rpm 5,64 %, pada putaran 2000 Rpm 10,07 %, pada putaran 3000 Rpm 13,50 %, dan pada saat akselerasi 1 dan 2 adalah 33,37 % dan 42,46 %. Dari hasil penelitian menunjukkan tingkat ketebalan asap yang dihasilkan pada pemajuan saat penginjeksian lebih rendah dari saat penginjeksian standar.

**Kata kunci : saat penginjeksian mesin diesel**

## abstract

*The study was planned as an experimental research that has the main objective to determine the effect of the thickness of the promotion of the current injection diesel engine exhaust gas fumes. The reason making it the first title is the low quality of diesel fuel used by the users of diesel engine vehicles cause flash point fuel becomes slow and often causes incomplete combustion, the effect of incomplete combustion is the thickness of the smoke in the exhaust gas of diesel engines. When improper injection resulted in incomplete combustion will cause the smoke level trends thickness exhaust gases produced to be high. With the advancement of the injection current, the expected level of reduced thickness of the resulting smoke.*

*The study design is a pre-test and post-test group design, research conducted by comparing the results of testing the thickness of the diesel engine exhaust gas between the current standard injection with injection current promotion. Tests conducted at rpm 800, 1500, 2000, 3000 rpm and acceleration I and II to the current standard 7° injection after injection of TMA with current variations are promoted 6°, 5° and 4° after TDC, the data collection was done 2 times on each round with a time of 60 seconds.*

*The research was conducted on August 28, 2014 in the garage PT. Like Dawn Padang. From the research, it appears that the average minimum thickness obtained on the promotion of smoke when the injection, while the maximum thickness of the smoke obtained during standard injection. The result of the calculation using the formula t test showed that there is a significant effect on the promotion of the current injection received the 5% significance level. The results of the current study are advanced injection (6° after TDC) the thickness of smoke generated on lap 800 rpm is 5.65%, at 1500 rpm rotation 5.29%, at 9.44% round of 2000 rpm, 3000 rpm round 12, 19%, and at the time of acceleration 1 and 2 were 29.91% and 38.15%. Compared with the current standard injection (7° after TDC), the thickness of the level of smoke generated on lap 800 rpm is 6.99%, at 1500 rpm rotation of 5.64%, on the lap of 10.07% 2000 rpm, 3000 rpm round 13.50%, and at the time of acceleration 1 and 2 were 33.37% and 42.46%. The results showed that the thickness of the smoke generated at the time of injection of the promotion is lower than the current standard injection.*

**Keywords : injection timing diesel engine**

## A. Latar Belakang

Sesuai dengan perkembangan zaman, dunia otomotif banyak mengalami perubahan sebagai akibat dari kemajuan yang telah dicapai dalam proses pembangunan, yaitu kemajuan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi serta pengaruh globalisasi yang sangat pesat. Kemajuan kehidupan penduduk sekarang semakin berkembang ini tidak dapat terlepas dari revolusi teknologi yang semakin berkembang dan canggih. Hampir setiap aspek kebutuhan saat ini tidak dapat dilepas dari intervensi teknologi. Kondisi ini memperlihatkan bahwa manusia semakin membutuhkan kemudahan dan efisiensi dalam gaya hidupnya.

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. Keadaan ini dapat dilihat dengan semakin tingginya permintaan kendaraan Indonesia. Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia mencatat, jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi di seluruh Indonesia pada tahun 2013 mencapai 104.211.032 unit, naik 11 persen dari tahun sebelumnya (2012) yang hanya 94.229.299 unit (<http://otomotif.kompas.com>), peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia tahun 2012-2013.

Pertumbuhan transportasi selain memberi dampak positif juga memberikan dampak negatif, terutama terhadap lingkungan. Salah satunya adalah berupa pencemaran udara. Berdasarkan data dari kementerian lingkungan hidup (sumber polusi di

Indonesia tahun 2010) menunjukkan bahwa penyebab polusi terbesar adalah alat transportasi yang hampir mencapai 60%, selebihnya sektor industri 25%, sampah 10%, dan rumah tangga 5% seperti dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Transportasi yang memakai mesin diesel termasuk salah satu penyebab polusi udara terbesar di Indonesia ini dikarenakan motor diesel menghasilkan emisi gas buang yang cenderung berbeda dengan motor bensin, biasanya secara fisik terlihat lebih tebal atau pekat. Ketebalan asap dalam emisi gas buang motor diesel disebut opasitas. Gas buang motor diesel dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Dalam skala ringan, gas buang yang pekat dan tebal dapat mengakibatkan iritasi pada mata, gangguan pernafasan karena mengandung partikulat, dan dapat mengganggu penglihatan pengguna jalan yang bisa membahayakan keselamatan. Untuk itu opasitas gas buang motor diesel perlu dikontrol dalam periode waktu tertentu secara teratur.

Wakhinuddin (2009:206) menyatakan “Pembakaran pada motor diesel sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar yang digunakan, dan asap hitam yang dihasilkan motor diesel merupakan efek dari pembakaran yang tidak sempurna”. Penggunaan jenis bahan bakar pada kendaraan diesel berperan besar dalam menentukan tingkat ketebalan asap gas buang motor diesel. Untuk mendapatkan emisi gas buang yang bersih pada motor diesel biasanya dianjurkan menggunakan bahan bakar yang kualitasnya bagus yang memiliki angka cetana yang lebih tinggi dari bahan bakar solar, namun

kenyataannya sebagian besar pengguna kendaraan mesin diesel tetap menggunakan solar dengan alasan harga murah, padahal solar merupakan bahan bakar diesel yang mempunyai kualitas rendah dengan angka cetana 45. Rendahnya kualitas bahan bakar solar yang dipakai oleh para pengguna kendaraan mesin diesel menyebabkan titik nyala bahan bakar menjadi lambat sehingga sering menyebabkan pembakaran tidak sempurna, efek dari pembakaran yang tidak sempurna adalah ketebalan asap pada gas buang (*smoke opacity*).

Pemajuan saat penginjeksian akan mempengaruhi ketebalan asap gas buang yang dihasilkan. Untuk bahan bakar diesel, memajukan saat penginjeksian akan berdampak pada titik nyala bahan bakar. Ketika saat penginjeksian dimajukan, maka akan mempercepat titik nyala bahan bakar dan mempercepat proses pembakaran, Sehingga proses pembakaran yang dihasilkan sempurna dan ketebalan asap pada gas buang menurun. Paul S. Wang (2004:4) mengemukakan bahwa : *“Injection timing in a diesel engine is determined by the combustion timing. Early fuel injection timing leads to early combustion timing causes the burn process earlier resulting in higher gas temperatures and decreased smoke production”*. Dari pernyataan tersebut dijelaskan bahwa saat penginjeksian menentukan saat pembakaran (*combustion timing*) pada motor diesel. Saat penginjeksian yang cepat akan mempercepat saat pembakaran yang juga menyebabkan proses pembakaran menjadi cepat, sehingga menghasilkan temperatur udara yang tinggi dan asap yang rendah.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti menangkap suatu masalah yaitu

harga bahan bakar solar yang relatif murah membuat orang cenderung memilih menggunakan solar dibandingkan bahan bakar yang memiliki kualitas tinggi yang harganya lebih mahal, namun kualitas bahan bakar solar yang rendah menyebabkan ketebalan asap pada gas buang, oleh karena itu diperlukan suatu alternatif bagaimana cara menghasilkan ketebalan asap gas buang yang baik tanpa menggunakan bahan bakar berkualitas tinggi. Sehingga peneliti tertarik untuk meneliti bagaimana pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap gas buang mesin diesel.

## B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Meningkatnya polusi udara yang disebabkan oleh naiknya pertumbuhan transportasi dari tahun ke tahun di Indonesia.
2. Ketebalan asap dalam emisi gas buang motor diesel berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia.
3. Rendahnya kualitas bahan bakar solar yang digunakan para pengguna kendaraan mesin diesel.
4. Bagaimanakah pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap mesin diesel.

## C. Batasan Masalah

Untuk lebih fokusnya penelitian ini, maka penelitian ini dibatasi pada usaha untuk melihat

pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap mesin diesel.

#### D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap mesin diesel.

#### E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap mesin diesel.

#### F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bagi pembaca, sebagai wacana untuk meningkatkan wawasan mengenai pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap mesin diesel.
3. Sebagai bahan pertimbangan dan referensi dalam mengembangkan inovasi dalam dunia otomotif.
4. Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut.

#### A. Landasan Teori

##### 1. Ketebalan Asap

Jennifer M. Granholm (2007:1) mengemukakan bahwa *“Opacity is a measurement of how dense the particulates are in the air and takes into account how much light is obscured by the rising dust. Opacity is measured in percentages from 0 to 100 percent”*. Dari pernyataan

tersebut dijelaskan ketebalan asap adalah pengukuran seberapa tebal partikel asap di udara dan memperhitungkan seberapa banyak cahaya yang dikaburkan oleh asap. Ketebalan asap diukur dalam persentase dari 0 hingga 100 persen.

Sejalan dengan pendapat Tucson (2002: 7) yang mengatakan bahwa: *“Opacity” means the degree to which an air pollutant obscures the view of an observer expressed in percentage of obscuration, or the degree, expressed in percent, to which transmittance of light is reduced by the air pollutant. Complete obscuration must be expressed as 100% opacity*”. Dari pernyataan tersebut dijelaskan ketebalan asap adalah sejauh mana polutan udara dalam mengaburkan pandangan atau penglihatan yang dinyatakan dalam persen, jika pandangan tidak bisa menembus asap maka ketebalan asap dinyatakan 100%.

Sejalan dengan pendapat Jennifer M. Granholm (2007:1) yang mengatakan bahwa *“Opacity is a measurement of how dense the particulates are in the air and takes into account how much light is obscured by the rising dust. Opacity is measured in percentages from 0 to 100 percent”*. Dari pernyataan tersebut dijelaskan ketebalan asap adalah pengukuran seberapa tebal partikel asap di udara dan memperhitungkan seberapa banyak cahaya yang dikaburkan oleh asap. Ketebalan asap diukur dalam persentase dari 0 hingga 100 persen.

Pendapat lain dikemukakan oleh Van couver (2006:1) *“Opacity is a measure of the amount of light obscured by the particulate matter (PM) or soot in the exhaust from diesel engines, measured under normal operating conditions”*. Dari pernyataan ini dijelaskan ketebalan asap adalah ukuran jumlah cahaya yang dikaburkan oleh partikulat (PM) atau jelaga yang dihasilkan oleh gas buang mesin diesel, yang diukur di bawah kondisi normal.

## 2. Saat Penginjeksian

Menurut Carles (1985:88) *“saat penginjeksian adalah saat dimana piston berada beberapa derajat sebelum titik mati atas dan bahan bakar ditekan oleh pompa injeksi dengan tekanan tinggi dan dikabutkan oleh injektor ke ruang bakar melalui pipa tekanan tinggi”*. Sedangkan menurut Mollenhauer Klaus (2010:3) *“time of injection of the fuel is sprayed injector and started in the compressed air temperature to near ignition cylinder”*. Dari kutipan ini dijelaskan bahwa saat penginjeksian adalah saat yang tepat untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam silinder yaitu dimulai pada saat temperatur udara di dalam silinder sudah mencapai temperatur ignition pada langkah kompresi.

Hal ini sejalan dengan Mitsubishi M-Step II (2008:7) yang menyatakan bahwa *“saat penginjeksian adalah saat bahan bakar mulai disemprotkan oleh injektor ke dalam ruang bakar*

*dan udara dimampatkan di dalam silinder sampai mendekati temperatur ignition untuk proses pembakaran pada awal ignition delay pada langkah kompresi”*. Pendapat lain dikemukakan oleh Breitbach (2002:35) *“start of injection (SOI) or injection timing is the time at which injection of fuel into the combustion chamber begins. It is usually expressed in crank angle degrees (CAD) relative to TDC of the compression stroke”*. Dapat diartikan saat penginjeksian adalah saat bahan bakar mulai disemprotkan ke dalam silinder tepat pada saat langkah kompresi sesuai dengan derajat sudut penginjeksian.

### B. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual pada dasarnya untuk menjelaskan secara teoritis antara variabel yang diteliti. Pada penelitian ini kerangka konseptual berfungsi untuk memberi gambaran mengenai penelitian pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap mesin diesel. Berdasarkan kajian teori diatas maka peneliti menduga bahwa pemajuan saat penginjeksian akan berpengaruh terhadap ketebalan asap dimana peneliti akan melakukan uji beda pada setiap perubahan penyetulan saat penginjeksian.

### C. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian dan kajian teori, hipotesis yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini adalah: Terdapat pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap mesin diesel.

## A. Desain Penelitian

Desain penelitian ini tergolong penelitian eksperimen *pre-test and post-test group design*. Suharsimi (2006:85) menjelaskan yang dimaksud eksperimen *pre-test and post-test group design* yaitu “Terdapat suatu kelompok yang sebelumnya diberi *pretest* (sebelum diberi perlakuan) dan setelahnya diberi *posttest* (treatment atau perlakuan) dan selanjutnya diobservasi hasilnya”. Karena adanya *pretest*, dengan demikian hasil perlakuan dapat diketahui lebih akurat karena dapat membandingkan dengan keadaan sebelum diberi perlakuan.

## B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Variabel bebas, yaitu kondisi yang mempengaruhi munculnya suatu gejala. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel bebas adalah pengaruh pemajuan saat penginjeksian pada mesin diesel.
- Variabel terikat, yaitu himpunan sejumlah gejala yang memiliki aspek atau unsur di dalamnya yang menerima atau menyesuaikan diri dengan kondisi variabel lain. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah ketebalan asap.
- Variabel kontrol, merupakan semua faktor yang dapat mempengaruhi hasil kerja yang dilakukan oleh mesin. Adapun faktor-faktor yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah tekanan injeksi, suhu, dan putaran mesin.

## C. Instrumen Penelitian

### 1. Instrumen Penelitian

- 1 unit mesin diesel Mitsubishi L300 tahun 2010
- Tachometer*, untuk mengukur putaran kerja mesin pada berbagai kecepatan.
- Smoke opacimeter*, untuk mengukur tingkat ketebalan gas buang motor diesel.
- Dial indicator*, untuk melihat saat penginjeksian.
- Stopwatch*, untuk menghitung waktu yang dibutuhkan.

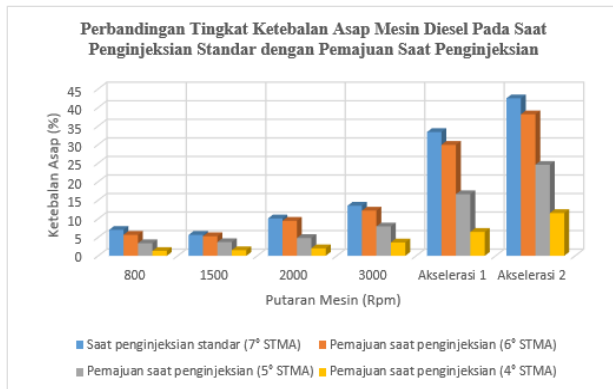
## A. Data Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di bengkel PT. Suka Fajar Padang pada tanggal 28 Agustus 2014 tentang pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap gas buang Mitsubishi L300 tahun 2010. Berikut disajikan data pengolahan tingkat ketebalan asap (%) yang dihasilkan selama 1 menit (60 detik) pada pemajuan saat penginjeksian standar (7° sesudah TMA), dengan pemajuan saat penginjeksian (6°, 5° dan 4° sesudah TMA), maka diperoleh data hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tingkat Ketebalan Asap

Putaran Mesin (Rpm)	Tingkat Ketebalan Asap Mesin Diesel (%) Dalam waktu 1 menit (60 detik)											
	Saat Penginjeksian Standar			Pemajuan Saat Penginjeksian								
	7°STMA			6° STMA			5° STMA			4° STMA		
	P1	P2	X	P1	P2	Y	P1	P2	Y	P1	P2	Y
800	6,36	7,61	6,99	5,12	6,17	5,65	3,48	3,32	3,40	1,27	1,34	1,31
1500	5,78	5,49	5,64	5,23	5,35	5,29	3,74	3,66	3,70	1,56	1,47	1,52
2000	9,92	10,21	10,07	9,65	9,22	9,44	4,13	5,45	4,79	1,87	2,19	2,03
3000	13,26	13,73	13,50	11,94	12,43	12,19	8,24	7,59	7,92	3,76	3,42	3,39
Akselerasi 1	32,58	34,15	33,37	31,25	28,57	29,91	15,82	17,38	16,60	7,28	5,63	6,46
Akselerasi 2	43,37	41,54	42,46	36,84	39,46	38,15	26,39	22,67	24,53	10,85	12,18	11,52

Dari tabel 1 dapat dibuat grafik ketebalan lapisan cat pada setiap pengambilan data sebagai berikut



Grafik yang berwarna biru menunjukkan tingkat ketebalan asap gas buang yang dihasilkan pada saat penginjeksian standar ( 7° STMA ). Tingkat ketebalan asap tertinggi dihasilkan pada akselerasi II yaitu sebesar 42,46 %. Ketebalan asap terendah dihasilkan pada putaran *idle* dengan angka 6,99 %.

Grafik yang berwarna orange menunjukkan tingkat ketebalan asap gas buang yang dihasilkan pada pemajuan saat penginjeksian (6° STMA). Terlihat penurunan jika dibandingkan dengan saat penginjeksian standar. Ketebalan asap gas buang tertinggi adalah ketika akselerasi II dengan angka 38,15 % dan terjadi penurunan sebesar 4,31 %. Ketebalan asap paling rendah dihasilkan pada putaran *idle* yaitu sebesar 5,65 %, dan terjadi penurunan sebesar 1,34 % dari saat penginjeksian standar.

Grafik yang berwarna abu – abu menunjukkan tingkat ketebalan asap gas buang yang dihasilkan pada pemajuan saat penginjeksian (5° STMA). Tingkat ketebalan asap

terendah dihasilkan pada putaran *idle* yaitu 3,40 % dan terjadi penurunan sebesar 3,59 % dari saat penginjeksian standar, sedangkan tingkat ketebalan asap tertinggi dihasilkan pada akselerasi II yaitu 24,53 % dan terjadi penurunan sebesar 17,93 % dari saat penginjeksian standar. Pada posisi ini tingkat ketebalan asap yang dihasilkan sudah mulai menurun secara drastis tetapi belum dalam batas aman emisi ketebalan asap gas buang.

Grafik yang berwarna kuning menunjukkan tingkat ketebalan asap gas buang yang dihasilkan pada pemajuan saat penginjeksian (4° STMA). Tingkat ketebalan asap terendah dihasilkan pada putaran *idle* yaitu 1,31 % dan terjadi penurunan sebesar 5,68 % dari saat penginjeksian standar, sedangkan tingkat ketebalan asap tertinggi dihasilkan pada akselerasi II yaitu 11,52 % dan terjadi penurunan sebesar 30,94 % dari saat penginjeksian standar. Pada posisi ini tingkat ketebalan asap yang dihasilkan sudah menurun secara drastis pada setiap putaran mesin dan sudah dalam batas aman emisi ketebalan asap gas buang.

## B. Analisa Data Hasil Penelitian

Analisis ini ditujukan guna mengetahui ada tidaknya pengaruh pemajuan saat penginjeksian terhadap ketebalan asap mesin diesel. Untuk mendukung akurasi hasil penelitian ini dilakukan uji statistik dengan rumus *uji t*, untuk menguji hipotesis dari dua variabel yang berhubungan dengan nilai tingkat signifikan 5 %. Pada *uji t*



hasil penelitian ini terdapat dua buah hipotesis, yaitu:

Ho : Pemajuan saat penginjeksian tidak berpengaruh terhadap ketebalan asap mesin diesel

Ha : Pemajuan saat penginjeksian berpengaruh terhadap ketebalan asap mesin diesel

Untuk menguji hipotesis maka dilakukan uji statistik dengan rumus uji *t* Lipson (1973: 138). Analisis data hasil penelitian ini untuk mengetahui signifikan atau tidaknya hasil penelitian, maka dapat di hitung dengan rumus:

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{y}) - (\mu_x - \mu_y)}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}\right) \left(\frac{(n_x - 1)s_x^2 + (n_y - 1)s_y^2}{n_x + n_y - 2}\right)}}$$

Dimana :

Ho :  $[(\mu_x - \mu_y) = 0]$

$\bar{x}$  = Rata – rata sampel X

$\bar{y}$  = Rata – rata sampel Y

$s_x^2$  = Standar deviasi sampel 1

$s_y^2$  = Standar deviasi sampel 2

$n_x$  dan  $n_y$  = Jumlah sampel

Kriteria pengujian yaitu  $t_{hitung}$  dibandingkan dengan  $t_{tabel}$  dengan taraf signifikan 5 % yakni sebesar 2.571. Jika  $t_{hitung} \leq t_{tabel}$  maka Ha diterima dan Ho ditolak artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara saat penginjeksian standar dengan pemajuan saat penginjeksian. Dengan kata lain pemajuan saat penginjeksian tidak berpengaruh

terhadap ketebalan asap mesin diesel. Jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , maka ditolak Ha dan Ho diterima artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara saat penginjeksian standar dengan pemajuan saat penginjeksian. Dengan kata lain pemajuan saat penginjeksian berpengaruh terhadap ketebalan asap mesin diesel.

Tabel 2. Analisa data tingkat Ketebalan asap mesin diesel

Kelompok	Putaran Mesin (Rpm)	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$n_x$	$n_y$	$s_x$	$s_y$	$t_{hitung}$	Signifikansi 5% ( $t_{tabel} = 2,571$ )
6 <sup>o</sup> STMA	800	6,99	5,65	6	6	0,883883	0,742462	2,843459	Signifikan
	1500	5,64	5,29	6	6	0,205061	0,084853	3,863139	Signifikan
	2000	10,07	9,44	6	6	0,205061	0,304056	4,207798	Signifikan
	3000	13,50	12,19	6	6	0,332340	0,346482	6,683621	Signifikan
	Akselerasi 1	33,37	29,91	6	6	1,110158	1,895046	3,858903	Signifikan
	Akselerasi 2	42,46	38,15	6	6	1,294005	1,852620	4,671807	Signifikan
5 <sup>o</sup> STMA	800	6,99	3,40	6	6	0,883883	0,113137	9,868392	Signifikan
	1500	5,64	3,70	6	6	0,205061	0,056569	22,339207	Signifikan
	2000	10,07	4,79	6	6	0,205061	0,933381	13,533642	Signifikan
	3000	13,50	7,92	6	6	0,332340	0,459619	24,098201	Signifikan
	Akselerasi 1	33,37	16,60	6	6	1,110158	1,103087	26,247744	Signifikan
	Akselerasi 2	42,46	24,53	6	6	1,294005	2,630437	14,981909	Signifikan
4 <sup>o</sup> STMA	800	6,99	1,31	6	6	0,883883	0,049497	15,716263	Signifikan
	1500	5,64	1,52	6	6	0,205061	0,063640	47,002621	Signifikan
	2000	10,07	2,03	6	6	0,205061	0,226274	64,492231	Signifikan
	3000	13,50	3,59	6	6	0,332340	0,240416	59,179609	Signifikan
	Akselerasi 1	33,37	6,46	6	6	1,110158	1,166726	40,928839	Signifikan
	Akselerasi 2	42,46	11,52	6	6	1,294005	0,940452	47,377198	Signifikan

Dari hasil perhitungan di atas diketahui  $t_{hitung} = 2,843459$ , sedangkan  $t_{tabel} = 2,571$ . Karena  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , maka Ho ditolak dan Ha diterima artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara saat penginjeksian standar dengan pemajuan saat penginjeksian. Dengan kata lain pemajuan saat penginjeksian berpengaruh terhadap ketebalan asap mesin diesel. Untuk lebih jelasnya perhitungan menggunakan uji *t* dapat dilihat pada lampiran 1.

### C. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan himpunan data pada tabel 2 dapat dilihat bahwa

pada kondisi *engine* dan kerja yang sama, terdapat perbedaan yang sangat jelas antara saat penginjeksian standar dengan pemajuan saat penginjeksian dalam mempengaruhi ketebalan asap gas buang mesin diesel. Pemajuan saat penginjeksian cenderung menghasilkan gas buang dengan tingkat ketebalan asap yang lebih rendah dibanding saat penginjeksian standar.

Pada saat penginjeksian standar terlihat pada tabel 7 tingkat ketebalan asap yang dihasilkan pada masing – masing putaran mesin masih tergolong tinggi. Hal ini menunjukkan saat penginjeksian standar kurang sempurna dalam menaikkan titik nyala bahan bakar sehingga kualitas pembakaran yang dihasilkan kurang sempurna. Sedangkan pada pemajuan saat penginjeksian tingkat ketebalan asap yang dihasilkan lebih sedikit dari saat penginjeksian standar. Memajukan saat penginjeksian langsung memberikan dampak menurunnya tingkat ketebalan asap gas buang secara terus menerus. Hal ini terjadi karena pemajuan saat penginjeksian akan memperpanjang periode persiapan pembakaran (*ignition delay*) yang menyebabkan bahan bakar lebih cepat mencapai temperatur penyalaan sehingga lebih cepat terbakar, menyebabkan periode pembakaran maksimal menjadi lebih cepat akibatnya pembakaran yang dihasilkan sempurna dan ketebalan asap pada gas buang menurun.

Peningkatan tingkat ketebalan asap gas buang mesin diesel menunjukkan tidak sempurnanya pembakaran, Pembakaran yang tidak sempurna akan menyebabkan dekomposisi

karbon atau partikulat yang bisa mencemari udara.

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemajuan saat penginjeksian dapat menurunkan tingkat ketebalan asap gas buang mesin diesel, hal tersebut disebabkan oleh temperatur penyalaan bahan bakar meningkat akibat periode persiapan pembakaran yang panjang sehingga campuran bahan bakar dan udara bercampur dengan baik menjadi campuran yang merata dan tipis (*lean premixed*). Akibatnya kualitas pembakaran yang dihasilkan sempurna dan tingkat ketebalan asap yang dihasilkan rendah.
2. Setelah dilakukan analisa data secara keseluruhan dengan menggunakan uji t, maka diketahui bahwa hipotesis ( $H_a$ ) yang peneliti ajukan diterima, yang mana dengan pemajuan

#### B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah lakukan, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat khususnya para pemilik kendaraan bermesin diesel yang menggunakan bahan bakar yang memiliki kualitas rendah seperti solar sebaiknya melakukan pemajuan saat penginjeksian untuk mendapatkan tingkat ketebalan asap yang baik, karena dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pemajuan saat penginjeksian dapat menurunkan tingkat ketebalan asap gas buang pada

mesin diesel. Sehingga dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan, khususnya yang bersumber dari kendaraan bermesin diesel.

2. Penelitian ini hanya memperhitungkan dari segi tingkat ketebalan asap yang dihasilkan belum diketahui berapa daya (torsi) yang dihasilkan berhubungan karena keterbatasan peralatan yang dimiliki serta dana, untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk memperhitungkan dari segi daya yang dihasilkan.
3. Penelitian ini masih terbatas hanya pada beberapa putaran mesin yang mewakili, sehingga pada penelitian selanjutnya agar bisa melakukan penelitian yang lebih mendalam pada putaran yang lebih tinggi, kualitas bahan bakar dan performa motor diesel.

#### Daftar Pustaka

- Arismunandar, Wiranto. (1988). *Penggerak Mula: Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB.
- Badan Pusat Statistik.(2013). "Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor di indonesia".<http://otomotif.kompas.com>. Diakses tanggal 30 mei 2014.
- Breitbach, H. (2002). *Fuel Injection systems Overview*. Delphi corporation, [https://www.dieselnet.com/tech/diesel\\_fi.php](https://www.dieselnet.com/tech/diesel_fi.php). Diakses tanggal 20 mei 2014
- Couver, Van. (2006). *Air Pollution. Department of Motor Vehicles*.
- Granholm, Jennifer M. (2007). *Diesel exhaust Emissions*. New Jarsey : University of Wisconsin.
- Heywood, John B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill.
- Emissions Control Systems*. New Jersey: Natef.
- Kementrian Lingkungan Hidup. (2010). Status Lingkungan Hidup Indonesia Tahun 2010 <http://www.menlh.go.id>. Diakses tanggal 24 Mei 2014.
- Lipson, Charles, dkk. (1973). *Statistical Design And Analysis Of Engineering Experiments*. Tokyo: McGraw-Hill.
- Mathur, M.L. and Sharma, R.P. (1980). *A Course In Internal Combustion Engine*. Delhi: Rai & Sons.
- Mitsubishi M-Step II. (2008). *Diesel Engine*. PT Krama Yudha Tiga Berlian Motors.
- Mollenhauer, Klaus. (2010). *Handbook of diesel engines*. Germany: Magdeburg.
- Strehlow, R. (1998). *Combustion Fundamentals*. New York: McGraw-Hill. 142-143.
- Tat, M.E. and Van Gerpen, J.H. (2003). "The Specific Gravity of Biodiesel and its Blends with Diesel Fuel". *Journal of American Oil Chemists Society*, Vol. 77(2):115-119.gi
- Wakhinuddin S. (2009). *Motor Diesel*. Padang: UNP Press.
- Wang, Paul S. (2004). *Mechanical Engineering Department*. Moscow: Idaho 83844-0904.