



TUGAS AKHIR – TM141585

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH MAGNETISASI  
PADA *INJECTOR* BIOETHANOL TERHADAP  
KARAKTERISTIK SEMPROTAN UNTUK APLIKASI  
PADA MESIN SINJAI-150**

AMALIA DWI UTAMI  
NRP. 2113100050

Dosen Pembimbing:  
Dr. Bambang Sudarmanta, ST., MT.

PROGRAM SARJANA  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



FINAL PROJECT – TM141585

**EXPERIMENTAL STUDY OF MAGNETIZATION  
EFFECT IN BIOETHANOL INJECTOR ON SPRAY  
CHARACTERISTICS FOR APPLICATIONS ON  
SINJAI-150 ENGINE**

AMALIA DWI UTAMI  
NRP. 2113100050

Advisory Lecturer  
Dr. Bambang Sudarmanta, ST.,MT.

BACHELOR PROGRAM  
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2018

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH MAGNETISASI  
PADA INJECTOR BIOETHANOL TERHADAP  
KARAKTERISTIK SEMPROTAN UNTUK APLIKASI  
PADA MESIN SINJAI-150**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

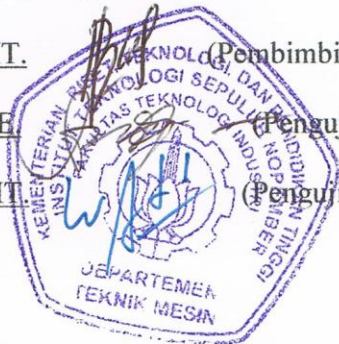
Oleh :

**AMALIA DWI UTAMI**

NRP. 2113 100 050

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT. (Pembimbing)  
NIP. 197301161997021001
2. Dr. Ir. Budi Utomo Kukuh W, ME (Penguji I)  
NIP. 195312191981031001
3. Dr. Wawan Aries Widodo, ST.,MT (Penguji II)  
NIP. 197104051997021001



**SURABAYA**

**JANUARI, 2018**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH MAGNETISASI  
PADA INJECTOR BIOETHANOL TERHADAP  
KARAKTERISTIK SEMPROTAN  
UNTUK APLIKASI PADA MESIN SINJAI-150**

**Nama** : Amalia Dwi Utami  
**NRP** : 2113 100 050  
**Departemen/Fakultas** : Teknik Mesin / FTI – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT

**Abstrak**

*Bioethanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil yang persediannya semakin menipis. Pada umumnya molekul hidrokarbon pada bahan bakar melakukan aktifitas getaran ke arah intinya dan cenderung untuk saling tarik menarik satu sama lain, membentuk molekul-molekul yang bergelombang (clustering). Pemberian medan magnet dapat merubah molekul bahan bakar sehingga susunannya menjadi lebih teratur (de-clustering). Adanya efek de-clustering inilah yang menyebabkan molekul bahan bakar lebih mudah bereaksi dengan udara sehingga terjadi peningkatan nilai air fuel ratio. Efek de-clustering dapat diamati dengan melakukan pengujian FTIR. Dan untuk mengetahui proses atomisasi bahan bakar pada engine dapat dilakukan pengamatan semprotan bahan bakar yang diinjeksikan oleh injector. Sehingga dilakukan penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik semprotan pada injector, perubahan %transmittance pada FTIR bahan bakar bioethanol E100 dan laju aliran bahan bakar akibat adanya magnetisasi.*

*Penelitian dimulai dengan pembuatan induksi magnetik dari baja karbon yang dililiti oleh kawat tembaga. Kemudian dilakukan pengujian bahan bakar dengan pemberian medan magnet sebelum bahan bakar bioethanol memasuki injector pada Launch Injector Tester. Variasi pengujian berupa arus listrik*

*pada medan magnet sesuai dengan keluaran alternator dan juga laju aliran bahan bakar yang melewati medan magnet dengan memvariasikan putaran mesin pada injector tester. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian karakteristik semprotan, spektroskopi FTIR dan properties bahan bakar, yaitu viscositas, tegangan permukaan dan densitas. Dari hasil pengujian properties dapat dihitung nilai SMD semprotan injector.*

*Data yang didapatkan dari pengujian berupa perubahan %transmittance, properties, volume bahan bakar keluaran injector setelah diberikan medan magnet sebesar 250-330 gauss. Dari percobaan diketahui terjadi penurunan laju aliran massa bahan bakar akibat pemberian medan magnet hingga  $26.85 \times 10^{-6}$  kg/s. Hasil pengujian FTIR menunjukkan adanya persentase peningkatan %transmittance bahan bakar hingga 41.32% pada senyawa C-O, 48.48% pada senyawa C-O dan 114% senyawa O-H akibat pemberian medan magnet. Terjadi perubahan properties bahan bakar akibat magnetisasi berupa penurunan nilai densitas, tegangan permukaan dan viscositas, menjadi  $620.41 \text{ kg/m}^3$ , 19.88 mN/m dan 0.315 cP. Hal ini menyebabkan kecenderungan penurunan nilai SMD bahan bakar pada injector hingga 1.312 mm dan peningkatan nilai sudut semprotan bahan bakar hingga  $2^\circ$  akibat pemberian medan magnet. Namun, tidak terjadi perubahan panjang penetrasi akibat pemberian medan magnet.*

***Keywords: Bioethanol E100, FTIR, Induksi magnetik, Launch Injector Tester, Unjuk Kerja Injector***



# EXPERIMENTAL STUDY OF MAGNETIZATION EFFECT IN BIOETHANOL INJECTOR ON SPRAY CHARACTERISTICS FOR APPLICATIONS ON SINJAI-150 ENGINE

**Name** : Amalia Dwi Utami  
**NRP** : 2113 100 050  
**Departement** : Mechanical Engineering FTI – ITS  
**Advisory Lecturer** : Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT

## Abstract

*Bioethanol is one of alternative fuel for fossil fuel replacement. Commonly, hydrocarbon molecule of fuel does vibration activity toward the point and mutual attraction to each other form molecules to be huddle (clustering). Magnetization on fuel can change molecule more regular (de-clustering). The effect of de-clustering can make fuel easier to oxidized. So, it can increase air fuel ratio mixing air. The effect de-clustering on molecule can observe with FTIR test and also with fuel spray characteristic in injector. Experiment done to find out the effect of magnetization in spray characteristic of injector, %transmittance infrared of Bioethanol E100 and mass flow rate of fuel.*

*Using Launch injector tester with modification of electromagnetic field additions in injector, the experiment was carried out by electric current from alternator and mass flow rate of fuel past the magnetic field. Fuel spray characteristic observed in different magnetic field. The effect of magnetic field will observed bay spray cone and the length of penetration. Samples taken from fuel that has been sprayed to FTIR test and properties test for viscosity, surface tension and density. From the properties test will get the value of Sauter Mean Diameter.*

The results of the data obtained from the experiment show that magnetization can decrease the value of fuel mass flow rate until  $26.85 \times 10^{-6}$  kg/s. FTIR test showed that magnetization can

*increase % transmittance of fuel until 41.32% in C-O compound, 48.48% in C-H compound and 114% in O-H compound against standard condition. It's also decrease value of density, surface tension and viscosity to 620.41kg/m<sup>3</sup>, 19.88 mN/m and 0.315 cP. This trendline influence SMD value to 1.312 mm. It's also increase the cone spray value about 2°. But no impact in the value of penetration length.*

***Keywords: Bioethanol E100, FTIR, Magnetic Field, Launch Injector Tester, Injector Spray Characteristic***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dihaturkan kehadirat Allah Subhanallahu Wa Ta'ala, hanya karena tuntunan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orangtua penulis, yaitu Bapak Nur Wachid dan Ibu Siti Rubianningsih yang senantiasa mendoakan, mendorong, dan menyemangati penulis dalam segala kondisi.
2. Saudara kandung penulis, Mas Danang dan Akbar yang selalu mendoakan dan menjadi semangat penulis untuk segera menyelesaikan studinya.
3. Dr. Bambang Sudarmanta, ST MT yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Ir. Budi Utomo Kukuh W,ME dan Dr. Wawan Aries Widodo, ST.,MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis tentang Tugas Akhir ini.
5. Alief Wikarta, ST., M.Sc.Eng. Ph.D selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan motivasi diawal semester sehingga penulis segera menyelesaikan studi S1.
6. Segenap dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama ini.
7. Teman seperjuangan TA penulis Ramadhan Ayu yang selalu bersama melewati segala ujian dalam pengerjaan TA.
8. Mas Yoga yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan dalam pengerjaan TA.

9. Sahabat penulis, Putri, Rini, Kiki, Aza, Noko yang selalu memberikan semangat dan dukungan bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Mbak Venny, Mas Hasrul dan Mbak Yayak yang sudah mau direpotkan selama pengerjaan TA penulis.
11. Teman-teman seperjuangan wisuda Intan, Ayzam dan Dewani yang berjuang bersama-sama menuju wisuda 117.
12. PLH SIKLUS ITS, yang menjadi tempat penulis menempa diri, menimba ilmu, mencari kawan, merasakan canda, tawa, suka, duka dan kehangatan sekretariat.
13. Teman-teman angkatan M56 yang senantiasa memberi motivasi, menemani, dan meninggalkan banyak cerita selama masa perkuliahan.

Dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis, tidak menutup kemungkinan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Semoga hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK .....	1
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR SIMBOL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	3
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Hasil Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Induksi Elektromagnet .....	7
2.2 Pengaruh Magnet Terhadap unsur Hidrokarbon .....	8
2.3 Alternator .....	11
2.4 Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy (FT-IR) .....	13
2.5 Bahan Bakar Bensin .....	17
2.6 Perbandingan properties Bahan Bakar Bensin dan Bioethanol .....	19
2.7 Sistem Injeksi Bahan Bakar .....	19
2.8 Injektor .....	20
2.9 Karakteristik Semprotan Bahan Bakar .....	22
2.10 Droplet .....	22
2.10.1 Ukuran Rata-rata .....	22
2.10.2 Distribusi ukuran droplet .....	23
2.10.3 Droplet Break-up .....	23

2.10.4	Sudut Semprotan.....	23
2.10.5	Penetrasi Semprotan .....	24
2.11	Atomisasi Bahan Bakar .....	24
2.12	Penelitian Terdahulu .....	25
2.12.1	Studi Pengaruh Magnetisasi Sistem Dipol Terhadap Karakteristik Kerosin.....	25
2.12.2	Studi Eksperimental Variasi Kuat Medan Magnet Induksi Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Mesin Sinjai 2 Silinder 650 Cc (Mapping Sumber Tegangan) .....	27
2.12.3	Pengaruh Pemberian Induksi Medan Magnet Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Penyerapan Rasiasi Infra Merah Molekul Hidrokarbon Dan Unjuk Kerja Mesin Sinjai 650 Cc 2 Silinder (Studi Kasus : Sumber Tegangan Alternator) .....	29
2.12.4	<i>Effect of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emission in Two-Stroke Engine</i> .....	30
BAB III METODELOGI PENELITIAN .....		33
3.1	Perancangan induksi magnetik .....	33
3.2	Pengujian instrument medan magnet .....	33
3.2.1	Peralatan Uji kuat medan magnet .....	34
3.2.2	Prosedur Pengujian Kuat medan magnet .....	34
3.3	Pengujian bahan bakar pada injector .....	35
3.3.1	Peralatan Uji .....	35
3.3.2	Prosedur Pengujian pada Injector .....	38
3.3.3	Flowchart Pengujian Pada Injector .....	42
3.4	Pengujian Properties Bahan Bakar .....	45
3.4.1	Bahan Bakar yang digunakan .....	46
3.4.2	Prosedur Pengujian Properties Bahan Bakar .....	46
3.5	Pengujian <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	48
3.5.1	Peralatan Pengujian <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	48
3.5.2	Mengoprasikan FTIR-840049.....	

3.5.3	Cara membaca grafik <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	51
3.5.4	Bahan Bakar Pengujian .....	52
3.6	Flowhart Penelitian.....	53
3.7	Rancangan Eksperimen .....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		57
4.1	Perancangan Medan Magnet .....	57
4.2	Analisa pengaruh medan magnet pada ikatan Hidrokarbon dengan pengujian FTIR .....	60
4.2.1	Analisa Untuk <i>sample</i> Bioethanol (tanpa pemberian kuat medan magnet) .....	61
4.2.2	Analisa Pengaruh Besarnya Medan Magnet pada Grafik Pengujian FTIR .....	63
4.2.3	Analisa Pengaruh Laju Aliran Bahan Bakar Terhadap Grafik Pengujian FTIR .....	65
4.2.4	Analisa Pengaruh Perubahan %transmittance senyawa C-H Alkana terhadap magnetisasi .....	66
4.2.5	Analisa Pengaruh Perubahan %transmittance senyawa C-O terhadap magnetisasi.....	69
4.2.6	Analisa Pengaruh Perubahan %transmittance senyawa O-H terhadap magnetisasi .....	71
4.3	Analisa Properties Bahan Bakar Akibat Pemberian Medan Magnet.....	73
4.3.1	Contoh Perhitungan Properties Bahan Bakar .....	73
4.3.2	Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap Densitas Bioethanol.....	74
4.3.3	Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap Viscositas Bioethanol .....	76
4.3.4	Analisa Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap Nilai Tegangan Permukaan Bioethanol.....	77
4.4	Contoh Perhitungan dan Analisa Pengaruh Medan Magnet Terhadap Laju Aliran Massa Bahan Bakar Bioethanol E100.....	79

4.5 Analisa Pengaruh Medan Magnet terhadap Karakteristik Semprotan Injector.....	81
4.5.1 Contoh Perhitungan SMD.....	82
4.5.2 Analisa Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap nilai SMD.....	84
4.5.2 Analisa Pengaruh Pemberian Medan Magnet Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Sudut Semprotan dan Panjang Penetrasi Keluaran <i>Injector</i> .....	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN.....	93
BIODATA PENULIS.....	99



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Medan magnet sekitar kumparan.....	7
Gambar 2. 2	Magnetic nuclear spin.....	8
Gambar 2. 3	Ilustrasi molekul hidrokarbon yang sulit bereaksi dengan oksigen .....	9
Gambar 2. 4	Ilustrasi bensin melewati medan magnet.....	10
Gambar 2. 5	Animasi molekul yang termagnetisasi bereaksi dengan oksigen .....	11
Gambar 2. 6	Alternator.....	12
Gambar 2. 7	Alat uji FTIR tipe michelson 8400 .....	14
Gambar 2. 8	Grafik tampilan hasil uji FTIR berbasis transmittance .....	17
Gambar 2. 9	Ilustrasi dari kerja injektor sistem elektronik .....	21
Gambar 2. 10	Komposisi senyawaan dalam kerosin pada berbagai kekuatan.....	25
Gambar 2. 11	Grafik pengaruh waktu magnetisasi terhadap persen transmittance .....	26
Gambar 2. 12	Grafik Pengaruh magnetisasi terhadap kemolaran bahan bakar.....	26
Gambar 2. 13	Pengaruh magnetisasi terhadap viskositas bahan bakar .....	27
Gambar 2. 14	Grafik efisiensi thermal engine .....	28
Gambar 2. 15	Grafik perubahan nilai air fuel ratio bahan bakar akibat magnetisasi. ....	28
Gambar 2. 16	Grafik perbandinagn efisiensi thermal dan efisiensi volumetris .....	30
Gambar 2. 17	Grafik FTIR kenaikan %transmitans bahan bakar setelah diberikan medan magnet.....	31
Gambar 2. 18	Grafik pengaruh pemberian medan magnet.....	39

Gambar 3. 1	Injektor bioetanol E100 .....	35
Gambar 3. 2	<i>Injector Tester</i> .....	36
Gambar 3. 3	Kamera Go Pro Hero 5 .....	37
Gambar 3. 4	Skema Pengujian Karakteristik Semprotan .....	38
Gambar 3. 5	Skema Pengujian Pada Injector Tester Unit .....	39
Gambar 3. 6	Skema Peralatan Uji Tegangan Permukaan.....	48
Gambar 3. 7	<i>Menu Instrument FTIR</i> .....	49
Gambar 3. 8	<i>Toolbar BKG FTIR</i> .....	50
Gambar 3. 9	<i>Spectra FTIR</i> .....	50
Gambar 3. 10	Toolbar BKG FTI.....	54
Gambar 4. 1	Animasi struktur molekul ethanol ( $C_2H_5OH$ ).....	60
Gambar 4. 2	Animasi molekul hidrokarbon yang bergerombol .	60
Gambar 4. 3	Rumus kimia ethanol .....	61
Gambar 4. 4	<i>Grafik hasil pengujian FTIR untuk sampel Bioethanol E100 tanpa dimagnetisasi.</i> .....	62
Gambar 4. 5	Hasil pengujian FTIR terhadap sample bahan bakar Bioethanol E 100 yang dikenai medan magnet (a) pada putaran 2000 rpm (b) pada putaran 4000 rpm (c) pada putaran 6000 rpm (d) pada putaran 8000 rpm.....	64
Gambar 4. 6	Hasil pengujian FTIR terhadap sample bahan bakar Bioethanol E 100 yang dikenai medan magnet (a) sebesar 250 gauss (b) 280 gauss (c) 310 gauss (d) pada 330 gauss.....	67
Gambar 4. 7	Pengaruh Magnetisasi Terhadap Kenaikan % Transmittance Senyawa C-H Alkana pada 2000 rpm.....	68
Gambar 4. 8	Grafik Kenaikan % Transmittance Senyawa C-H Alkana akibat magnetisasi terhadap kondisi standart (tanpa magnetisasi) .....	69

Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Magnetisasi Terhadap Kenaikan % Transmittance Senyawa C-O pada 2000 rpm .....	70
Gambar 4. 10 Grafik Kenaikan % Transmittance Senyawa C-O akibat magnetisasi terhadap kondisi standart (tanpa magnetisasi).....	71
Gambar 4. 11 Grafik Pengaruh Magnetisasi Terhadap Kenaikan % Transmittance Senyawa O-H pada 2000 rpm..	72
Gambar 4. 12 Grafik Kenaikan % Transmittance Senyawa O-H akibat magnetisasi terhadap kondisi standart (tanpa magnetisasi).....	72
Gambar 4. 13Grafik Pengaruh Besarnya Medan Magnet terhadap Nilai Densitas Bahan Bakar Bioethanol E100.....	75
Gambar 4. 14Grafik Pengaruh Besarnya Medan Magnet terhadap Nilai Viscositas Bahan Bakar Bioethanol E100..	76
Gambar 4. 15 Grafik Pengaruh Besarnya Medan Magnet terhadap Nilai Tegangan Permukaan Bahan Bakar Bioethanol E100 .....	78
Gambar 4. 16 Grafik Pengaruh Medan Magnet Terhadap Perubahan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Bioethanol E100 pada 2000 rpm. ....	80
Gambar 4. 17 Grafik Pengaruh medan magnet terhadap perubahan laju aliran massa bahan bakar Bioethanol E100 pada 2000 rpm hingga 8000 rpm. ....	81
Gambar 4. 18Grafik Pengaruh Medan Magnet terhadap Perubahan Nilai SMD pada Bahan Bakar Bioethanol E100 .....	85
Gambar 4. 19Visualisasi Semprotan Bahan Bakar.....	86

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Serapan khas gugus fungsi .....	16
Tabel 2. 2 Perbandingan properties gasoline dan bio-ethanol....	19
Tabel 3. 1 Rancangan penelitian .....	54
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran sumber listrik keluaran Alternator Mesin SINJAI 150cc .....	58
Tabel 4. 2 Spesifikasi kumparan medan magnet .....	58
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Medan Magnet .....	59

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR SIMBOL

$B$	Kuat medan magnet (Gauss)
$We$	<i>Weber Number</i>
$Re$	<i>Reynolds Number</i>
$\rho$	Densitas Bahan Bakar ( $\text{kg/m}^3$ )
$\sigma$	Tegangan permukaan ( $\text{mN/m}$ )
$d_{nozz}$	Diameter lubang injector (m)
$v$	Kecepatan semprotan bahan bakar keluar dari injector (m/s)
$On$	<i>Ohnesorge Number</i>
$\mu$	<i>Dynamic viscosity</i> bahan bakar (cP)
$A$	Luasan lubang injector ( $\text{m}^2$ )
$\mu_f$	<i>Dynamic viscosity</i> udara pada temperature kamar (cP)
$\rho_g$	Densitas udara pada temperature kamar ( $\text{kg/m}^3$ )
$W_0$	Massa wadah bahan bakar (gram)
$W_1$	Massa bahan bakar dan wadah (gram)
$V$	Volume bahan Bakar (ml)
$d$	diameter cincin (m)
$\ell$	panjang permukaan cincin (m)
$m$	Massa bahan bakar (gram)
$\Delta F$	Selisih gaya pada cincin (mN)
$F_1$	Gaya pada saat seluruh permukaan cincin tenggelam dalam bahan bakar (mN)
$F_2$	Gaya pada saat ujung permukaan cincin menyentuh permukaan bahan bakar (mN)
$d_1$	Diameter luar cincin (mm)
$d_2$	Diameter dalam cincin (mm)
$t$	Waktu penginjeksian bahan bakar (s)
$\dot{m}$	Laju aliran massa bahan bakar ( $\text{kg/s}$ )

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya berbanding lurus dengan jumlah konsumsi energi nasional yang dibutuhkan. Sebagian besar konsumsi energi nasional saat ini berasal dari bahan bakar fosil (*non renewable energy*). Beberapa ahli berpendapat bahwa bahan bakar fosil akan habis dalam beberapa puluh tahun kedepan apabila tidak ada upaya untuk beralih ke *renewable energy*. Pada tahun 2015 tercatat hanya sekitar 4-5% dari total sumber daya energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan nasional [1]. Oleh karena itu dibutuhkan riset dan *study* lebih dalam tentang sumber energi yang terbarukan (*renewable energy*) untuk menghadapi kelangkaan bahan bakar fosil kedepannya. Salah satu bahan bakar *renewable energy* yang sudah diterapkan oleh beberapa negara dan memiliki prospek yang baik kedepannya adalah bahan bakar bioethanol.

Bioethanol merupakan *biofuel* dalam bentuk cair yang diproduksi dari berbagai jenis biomassa seperti gandum, tebu, jagung, singkong maupun limbah pertanian melalui teknologi biokonversi. Indonesia sendiri merupakan negara agraris, yang memiliki ketersediaan bahan baku pembuatan bioethanol melimpah. Pengembangan bahan bakar bioethanol sebagai pengganti bahan bakar fosil sangat menjanjikan. Di beberapa negara seperti Brazil dan Amerika Serikat, pemanfaatan ethanol sebagai campuran bahan bakar gasoline sudah diterapkan beberapa tahun silam. Beberapa penelitian pun membuktikan bahwa campuran bahan bakar gasoline dengan ethanol dapat meningkatkan efisiensi volumetric. Peningkatan efisiensi volumetric menyebabkan peningkatan jumlah udara yang masuk ke dalam chamber sehingga dapat mereduksi emisi CO<sub>2</sub> dan UHC [2].

Pada umumnya molekul hidrokarbon pada senyawa bahan bakar akan melakukan aktifitas getaran (*vibrasi*) kearah intinya. Selain itu senyawa hidrokarbon akan cenderung tarik menarik antar molekul sehingga membentuk molekul-molekul yang bergerombol (*clustering*). *Clustering* pada bahan bakar ini yang menyebabkan molekul-molekul hidrokarbon tidak saling berpisah pada saat bereaksi dengan oksigen. Pada *Spark Ignation Engine* (*SIE*) pembakaran sejumlah bahan bakar yang telah bercampur dengan udara diawali oleh percikan bunga api dari busi (*spark plug*). Pada proses tersebut terjadi reaksi kimia yang cepat antara hidrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen yang terkandung dalam udara bakar. Akibat dari efek *clustering* diperkirakan masih ada bahan bakar yang belum terbakar dan berubah menjadi uHC (*unburn Hydrocarbon*) dan karbon monoksida. Sehingga untuk menurunkan kadar emisi dan meningkatkan efisiensi pembakaran dibutuhkan perbaikan proses atomisasi. Salah satu cara untuk memperbaiki proses atomisasi bahan bakar adalah dengan pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar.

Penelitian tentang pemberian medan magnet pada bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin telah dilakukan oleh Mirza Hamdani dan Anang Firmansyah. Penelitian Mirza Hamdani dilakukan pada bahan bakar gasoline dengan memvariasikan besarnya medan magnet sesuai dengan variasi tegangan dan resistensi. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kenaikan %transmittance FTIR paling besar didapatkan dari bahan bakar yang dimagnetisasi dengan tegangan yang paling tinggi. Sedangkan peningkatan unjuk kerja mesin terbaik didapatkan dari bahan bakar yang dimagnetisasi dengan tegangan tertinggi dan resistansi terendah. Sedangkan penelitian Anang Firmansyah menggunakan variasi medan magnet berdasarkan tegangan dari alternator yang dipengaruhi oleh putaran mesin. Dari hasil penelitian didapatkan unjuk kerja maksimal mesin terjadi pada beberapa variasi putaran mesin. Kenaikan %transmittance tertinggi pada putaran 5000 rpm. Pada putaran 3500 rpm terjadi

kenaikan maksimal torsi, bmep, efisiensi volumetris, efisiensi thermal dan juga penurunan konsumsi bahan bakar dan emisi. Sedangkan kenaikan power maksimal terjadi pada putaran engine 4500 rpm.

Salah satu penelitian tentang pengaruh pemberian medan magnet pada bahan bakar terhadap properties bahan bakar telah dilakukan oleh Mochamad Chalid. Penelitian ini dilakukan pada bahan bakar kerosin dengan memvariasikan nilai induksi medan magnet dan waktu magnetisasi. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa magnetisasi tidak mempengaruhi senyawa penyusun bahan bakar. Nilai induksi medan magnet dan lama magnetisasi mempengaruhi viskositas dan kepolaran dari bahan bakar kerosin.

Proses pembakaran bahan bakar pada *chamber* dipengaruhi oleh atomisasi bahan bakar dengan udara. Salah satu cara untuk memperbaiki atomisasi adalah dengan memberikan efek *declustering* pada molekul bahan bakar. Perlakuan yang digunakan untuk menimbulkan efek *declustering* adalah dengan pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar. Efek *declustering* pada molekul bahan bakar dapat dilihat dari pengujian spektroskopi FTIR bahan bakar. Sedangkan pada *engine*, salah satu cara untuk mengamati atomisasi bahan bakar adalah dengan memperhatikan semprotan bahan bakar pada injector. Sehingga pada penelitian ini dilakukan pengujian pengaruh pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar terhadap unjuk kerja injector.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pemberian magnetisasi terhadap spektroskopi FTIR bahan bakar bioethanol E100?
2. Bagaimana pengaruh laju aliran bahan bakar selama magnetisasi terhadap perubahan spektroskopi FTIR bahan bakar bioethanol E100?

3. Bagaimana pengaruh magnetisasi bahan bakar terhadap perubahan properties berupa viskositas, densitas dan tegangan permukaan dari bahan bakar bioethanol E100?
4. Bagaimana pengaruh adanya magnetisasi bahan bakar terhadap unjuk kerja injector berupa SMD, Sudut Semprotan dan Panjang Penetrasi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh pemberian magnetisasi terhadap spektroskopi FTIR bahan bakar bioethanol E100.
2. Mengetahui pengaruh laju aliran bahan bakar selama magnetisasi terhadap perubahan spektroskopi FTIR bahan bakar bioethanol E100.
3. Mengetahui pengaruh magnetisasi bahan bakar terhadap perubahan properties berupa viskositas, densitas dan tegangan permukaan dari bahan bakar bioethanol E100.
4. Mengetahui pengaruh adanya magnetisasi bahan bakar terhadap unjuk kerja *injector* berupa SMD, Sudut Semprotan dan Panjang Penetrasi

### 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini digunakan beberapa batasan masalah untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, yaitu sebagai berikut :

1. Bahan bakar yang digunakan dalam pengujian yaitu Bioethanol E100 produksi PT Enero dengan kemurnian 99.6%
2. Magnet yang digunakan adalah hasil rangkaian sendiri
3. Sumber arus listrik medan magnet berasal dari alternator.
4. Tidak membahas proses pembuatan bioethanol.
5. Tidak membahas proses design injector.
6. Pengujian karakteristik semprotan dilakukan pada temperature kamar.

### **1.5 Manfaat Hasil Penelitian**

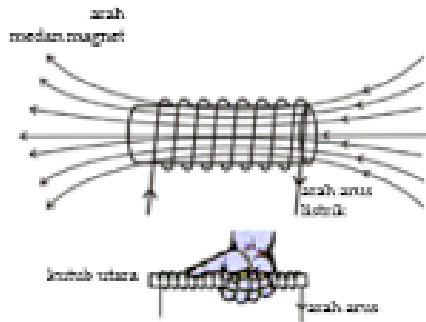
Penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangsih untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mengenai perancangan sistem pemasukan bahan bakar pada motor gasolin dengan bahan bakar bioethanol E100.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Induksi Elektromagnet

Bila suatu kumparan diberi arus listrik, setiap bagian kumparan ini menimbulkan medan magnet disekitarnya. Medan magnet yang timbul merupakan gabungan medan magnet dari tiap bagian itu. Garis-garis medan magnet didalam selenoida (kumparan) saling sejajar satu dengan lainnya, yang dinamakan medan magnet homogen. Untuk menentukan arah medan magnet dalam selenoida digunakan aturan tangan kanan seperti pada penghantar melingkar. [3]. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Medan magnet sekitar kumparan  
(sumber : [http://tugasfisikamedanmagnet.blogspot.co.id/2010\\_09\\_01\\_archive.html](http://tugasfisikamedanmagnet.blogspot.co.id/2010_09_01_archive.html))

Besar medan magnet disumbu kawat melingkar berarus listrik dengan jumlah lilitan kawat  $N$ , kuat medan magnetnya dapat ditentukan dengan rumus :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{2\pi \cdot r} \quad (2.1)$$

dengan :

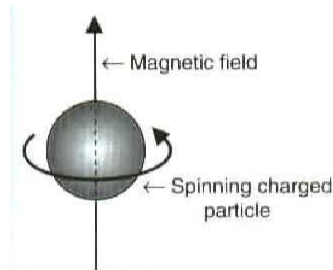
$B$  = kuat medan magnet dalam tesla (T)

$\mu_0$  = Permeabilitas ruang hampa ; bernilai  $= 4\pi \cdot 10^{-7}$

- I = Kuat arus listrik dalam ampere (A)  
 r = Jari- jari lilitan kawat dibuat dalam meter (m)  
 N = Banyaknya jumlah lilitan yang dibuat

## 2.2 Pengaruh Magnet Terhadap unsur Hidrokarbon

Inti atom suatu unsur dapat dikelompokkan menjadi dua, yakni inti atom yang mempunyai *spin* dan inti atom yang tidak mempunyai spin. Inti atom yang memiliki spin akan menimbulkan medan magnet kecil seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Magnetic nuclear spin

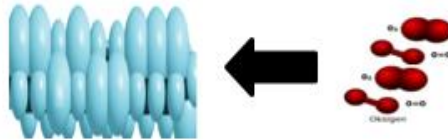
(sumber : <http://www.umkcradres.org>

[/Spec/RADPAGE/Magnetizednuclearspinsystems.htm](http://www.umkcradres.org/Spec/RADPAGE/Magnetizednuclearspinsystems.htm))

Senyawa hidrokarbon adalah senyawa karbon yang terdiri atas unsur karbon (C) dan hydrogen (H). Jika senyawa hidrokarbon dibakar akan menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan uap air (H<sub>2</sub>O). Adanya CO<sub>2</sub> menunjukkan adanya unsur C dan uap air (H<sub>2</sub>O) menunjukkan adanya unsur H. Pada umumnya Molekul hidrokarbon dalam senyawa bahan bakar akan melakukan aktifitas getaran (vibrasi) dalam arah intinya. Selain itu cenderung untuk saling tarik menarik satu sama lain, membentuk molekul-molekul yang bergerombol (clustering). Penggumpalan ini akan terjadi, sehingga menyebabkan molekul molekul hidrokarbon tidak saling berpisah pada saat bereaksi dengan oksigen seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Hal ini mengakibatkan



ketidaktepatan pembakaran yang dapat diukur pada kandungan gas buang [4].



Gambar 2. 3 Ilustrasi molekul hidrokarbon yang sulit bereaksi dengan oksigen

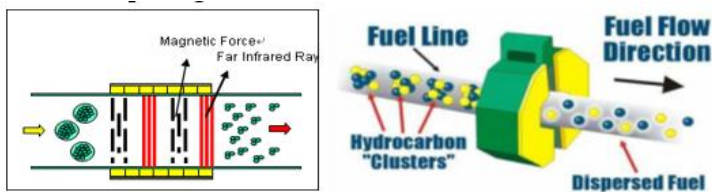
(sumber : <https://istisitepu.wordpress.com/senyawa-hidrokarbon/>)

Molekul penyusun utama bensin (hidrokarbon) bersifat diamagnetik yang memiliki momen spin elektron berpasangan sebagai akibat ikatan C-H. Saat diberikan medan magnet eksternal, momen magnet terinduksi secara lemah. Momen magnet ini berasal dari orbit elektron sekitar inti yang menghasilkan medan magnet. Pada suatu medan magnet eksternal, ekstra torque diaplikasikan ke elektron menghasilkan orientasi anti paralel momen magnet atau yang lemah terhadap medan magnet.

Suatu medan magnet yang cukup kuat pada molekul hidrokarbon menyebabkan reaksi penolakan antar molekul hidrokarbon (*de clustering*), sehingga terbentuk jarak optimal antar molekul hidrokarbon dengan oksigen. Fenomena tersebut diilustrasikan pada gambar 2.4.

Gambar 2.4 diilustrasikan sebagai seberkas rambut yang terkena imbasan medan magnet dari sebuah penggaris. Jika sebuah penggaris digosok-gosokkan pada rambut maka akan timbul suatu medan magnet antara penggaris dengan rambut tersebut. Hal ini menggambarkan terjadinya mekanisme polarisasi medan magnet yang menyebabkan ikatan antar muatan penggaris dengan muatan seberkas rambut cukup kuat. Begitu pula terjadi pada molekul Hidrokarbon yang terkena pengaruh kekuatan medan magnet dari luar. Molekul-molekul Hidrokarbon yang telah melewati frekwensi resonansi magnetik dan akan

dipengaruhi oleh frekuensi tersebut. Ini dapat dilihat dari pengurangan interaksi antara molekul-molekul Hidrokarbon yang lebih teratur dan lebih jarang. Hal ini disebabkan oleh getaran antar proton hidrogen dalam hidrokarbon akan mempengaruhi proton lainnya yang ada didaerah sekitarnya. Sehingga molekul hidrokarbon mudah untuk dipengaruhi dan lebih reaktif dalam proses pembakaran dan pembakaran tersebut menjadi lebih sempurna.

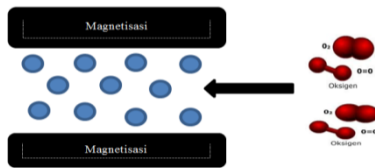


Gambar 2. 4Ilustrasi bensin melewati medan magnet

(Sumber : <https://www.celica hobby.com>

[/forums/ubbthreads.php/topics/13790/fuel-rail-magnets-general-information.html](https://forums.ubbthreads.php/topics/13790/fuel-rail-magnets-general-information.html))

Unsur dominan dalam BBM adalah C (karbon) dan H (hidrogen), pada saat pembakaran bereaksi dengan  $O_2$  (oksigen). Dalam reaksi yang sempurna, unsur C bereaksi dengan  $O_2$  membentuk  $CO_2$  dan unsur H bereaksi dengan  $O_2$  membentuk  $H_2O$ . Unsur C dan H dalam BBM cenderung mempunyai ikatan yang kuat dan bergerombol, sehingga menyulitkan  $O_2$  untuk masuk dalam ikatan senyawanya. Dengan teknik magnetisasi dapat membantu proses reaksi dengan  $O_2$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Animasi molekul yang termagnetisasi bereaksi dengan oksigen

(sumber : <https://istisitepu.wordpress.com/senyawa-hidrokarbon/>)

Penyaluran BBM melalui medan magnet terlebih dahulu sebelum masuk ke nozzle injeksi akan merenggangkan ikatan C dan H dalam BBM sehingga memberikan kekuatan C dan H dan lebih mudah untuk mengikat  $O_2$ . Dengan demikian jumlah campuran BBM dan  $O_2$  akan ideal sehingga pembakaran yang berlangsung lebih efisien dan bersih, yang ditunjukkan lebih rendahnya gas polutan dalam kandungan.

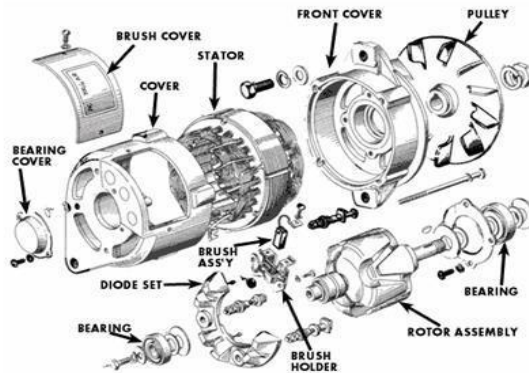
### 2.3 Alternator

Fungsi baterai pada *automobile* adalah untuk mensuplai kebutuhan listrik pada komponen-komponen listrik mobil, seperti motor starter, lampu-lampu besar dan penghapus kaca. Namun demikian kapasitas baterai sangatlah terbatas, sehingga tidak akan dapat mensuplai tenaga listrik secara terus menerus. Dengan demikian, baterai harus selalu terisi penuh agar dapat mensuplai kebutuhan listrik setiap waktu yang diperlukan oleh tiap-tiap komponen-komponen listrik. Untuk itu pada mobil diperlukan sistem pengisian yang akan memproduksi listrik agar baterai selalu terisi penuh.

Sistem pengisian (*charging system*) akan memproduksi listrik untuk mengisi kembali baterai dan mensuplai kelistrikan ke komponen yang memerlukannya pada saat mesin dihidupkan. Sebagian besar mobil dilengkapi dengan alternator yang menghasilkan arus bolak-balik yang lebih baik dari pada

dynamo yang menghasilkan arus searah dalam hal tenaga listrik yang dihasilkan maupun daya tahannya. Mobil yang menggunakan arus searah (*direct current*), arus bolak-balik yang dihasilkan oleh alternator harus diubah menjadi arus searah sebelum dikeluarkan.

Fungsi alternator adalah untuk mengubah energi mekanis yang didapatkan dari mesin tenaga listrik. Energi mekanik dari mesin disalurkan sebuah puli, yang memutar roda dan menghasilkan arus listrik bolak-balik pada stator. Arus listrik bolak-balik ini kemudian dirubah menjadi arus searah oleh diode-diode. Komponen Alternator dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Alternator

(Sumber : <http://www.rfsystemlab.us/glossary/alternator/>)

Fungsi utama dari komponen alternator antara lain :

1. Puli  
Sebagai penerima putaran dari engine untuk memberikan energi mekanis pada alternator.
2. Rotor

Mendapatkan arus DC 12 V dari baterai sehingga menghasilkan medan magnet listrik dan kemudian mengubahnya menjadi listrik

3. Stator  
Pada saat rotor berputar, stator akan memotong medan magnet dan mengubahnya menjadi listrik. Saat ini yang dihasilkan ialah arus AC.
4. Diode Rectifier  
Sebagai pengubah arus AC menjadi DC sesuai kebutuhan beban padakendaraan yang hanya dapat menerima arus DC.

Arus listrik AC (*alternating current*), merupakan listrik yang besarnya dan arah arusnya selalu berubah-ubah dan bolak-balik. Arus listrik AC akan membentuk suatu gelombang yang dinamakan dengan gelombang sinus atau lebih lengkapnya sinusoida. Sedangkan untuk arus listrik DC (*Direct current*) merupakan arus listrik searah. Pada awalnya aliran arus pada listrik DC dikatakan mengalir dari ujung positif menuju ujung negatif.

## **2.4 Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy (FT-IR)**

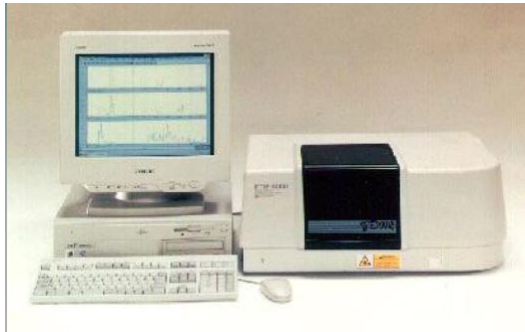
Untuk mendapatkan hasil yang valid dalam pengujian pengaruh magnet terhadap kandungan hidro karbon, maka akan dilakukan analisa sampel yang telah dipengaruhi kuat medan magnet, yang nantinya akan diuji dengan metode penyerapan infra merah atau *FTIR (Fourier Transform-Infra Red)*.

Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy atau yang dikenal dengan FTIR merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menganalisa komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral. FT-IR mampu menganalisa suatu material baik secara keseluruhan, lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, serbuk, serat, dan bentuk yang lainnya dari suatu material. Spektroskopi FT-IR tidak hanya mempunyai

kemampuan untuk analisa kualitatif, namun juga bisa untuk analisa kuantitatif. [5].

Metode spektroskopi inframerah modern dilengkapi dengan teknik transformasi Fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Dalam hal ini metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah oleh molekul suatu materi. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yakni kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi.

Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7Alat uji FTIR tipe michelson 8400 [6]

Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Diantaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan

untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair).

Dasar lahirnya spektroskopi FT-IR adalah dengan mengasumsikan semua molekul menyerap sinar infra merah, kecuali molekul-molekul mono atom (He, Ne, Ar, dll) dan molekul-molekul homopolar diatomik ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ , dll). Molekul akan menyerap sinar infra merah pada frekuensi tertentu yang mempengaruhi momen dipolar atau ikatan dari suatu molekul.

Agar terjadi penyerapan radiasi inframerah, maka ada beberapa hal yang perlu dipenuhi, yaitu:

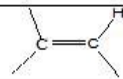
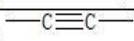
1. Absorpsi terhadap radiasi inframerah dapat menyebabkan eksitasi molekul ke tingkat energi vibrasi yang lebih tinggi dan besarnya absorpsi adalah terkuantitasi.
2. Vibrasi yang normal mempunyai frekuensi sama dengan frekuensi radiasi elektromagnetik yang diserap.
3. Proses absorpsi (spektra IR) hanya dapat terjadi apabila terdapat perubahan baik nilai maupun arah dari momen dua kutub ikatan.

Spektroskopi infra merah dilakukan pada daerah infra merah yaitu dari panjang gelombang 0.78 sampai 1000  $\mu m$  atau pada kisaran frekuensi  $12800 - 10 \text{ cm}^{-1}$ . Teknik spektroskopi infra merah terutama untuk mengetahui gugus fungsional suatu senyawa, juga untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan. Daerah serapan khas gugus fungsi suatu senyawa dapat dilihat pada tabel 2.1.

Beberapa keuntungan dari FT-IR untuk analisa suatu material, antara lain:

- Tidak merusak sampel, non-destructive
- Metoda pengukuran dengan tingkat ketelitian yang tinggi tanpa harus dilakukan kalibrasi ulang
- Proses analisa berlangsung lebih cepat
- Sensitif

Tabel 2. 1Serapan khas gugus fungsi [5]

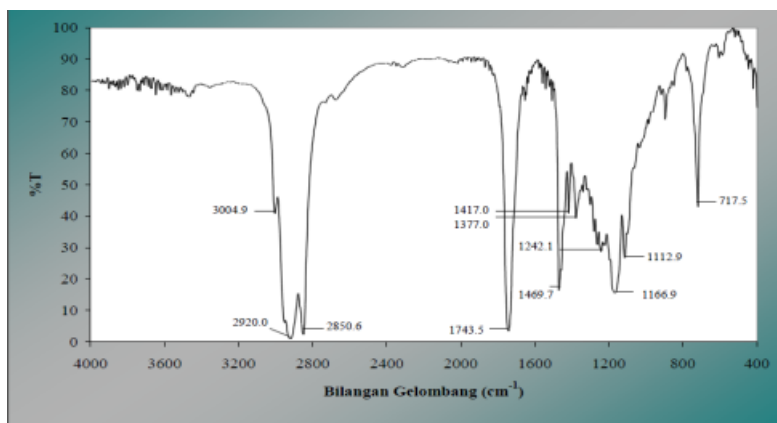
Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm <sup>-1</sup> )	Intensitas
C - H	Alkana	2850 - 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	Alkena 	3010 - 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna 	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 - 3100 690 - 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol	3590 - 3650 3200 - 3600	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar
	monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3500 - 3650 2500 - 2700	Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 - 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 - 1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500 - 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 - 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 - 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 - 2280	Kuat
C - O	Alkohol, Eter, Asam Karborsilat, Ester	1050 - 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO <sub>2</sub>	Senyawa Nitro	1500 - 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

Bila radiasi infra merah dilewatkan melalui suatu sampel, maka molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi maka terjadilah transisi antara tingkat vibrasi dasar (ground state) dan tingkat vibrasi tereksitasi (exited state). Pengabsorpsian energi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer infra merah, yang



memplot jumlah radiasi infra merah yang diteruskan melalui suatu cuplikan sebagai fungsi frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi. Plot grafik dari hasil pengujian FTIR dapat dilihat pada gambar 2.8.

Plot tersebut disebut spektrum inframerah yang akan memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul. Vibrasi molekul hanya akan terjadi bila suatu molekul terdiri dari dua atom atau lebih. Untuk dapat menyerap radiasi infra merah (aktif infra merah), Vibrasi molekul harus menghasilkan perubahan momen dwi kutub. .



Gambar 2. 8 Grafik tampilan hasil uji FTIR berbasis transmittance [6]

## 2.5 Bahan Bakar Bensin

Salah satu jenis Bahan bakar hidrokarbon adalah bahan bakar bensin adalah produk utama dari petroleum dan biasanya Terdiri dari bermacam campuran seperti: parafin, olefin, naphthane dan aromatik. Komposisi gasoline berubah tergantung dari minyak bumi dan proses refining. Karakteristik yang umum untuk menilai kinerja bahan bakar mesin bensin antara lain :

### 1. Bilangan oktan

Angka oktan pada bahan bakar mesin bensin menunjukkan kemampuan menghindari terbakarnya campuran udara bahan bakar sebelum waktunya. Jika campuran udara bahan bakar terbakar sebelum waktunya akan menimbulkan fenomena knocking yang berpotensi menurunkan daya mesin bahkan menimbulkan kerusakan pada komponen mesin.

### 2. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan suatu angka yang menyatakan jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Dari bahan bakar yang ada dibakar, nilai kalor yang terkandung akan diubah menjadi energi mekanik melalui kerja komponen mesin. Besarnya nilai kalor atas diuji menggunakan bomb calorimeter.

### 3. Viskositas

Viskositas terkait dengan tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi, biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tertentu. Jika viskositas semakin tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja karburator pada mesin bensin.

### 4. Titik Nyala

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan temperatur terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalaan api sesaat, apabila pada permukaan minyak tersebut didekatkan pada nyala api. *Flash point* mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan untuk terbakar dari suatu bahan bakar.

### 5. Titik Tuang (Pour Point)

Titik tuang adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir karena gaya gravitasi. Titik tuang

merupakan ukuran daya atau kemampuan bahan bakar pada temperatur rendah, yang berarti bahwa kendaraan dapat menyala pada temperatur rendah karena bahan bakar masih dapat mengalir. Selain itu terkait dengan proses penyimpanan dalam tangki dan pengaliran pada suatu pipa.

#### 6. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Besar nilai berat jenis suatu zat dapat dicari dengan menggunakan Piknometer. Penggunaan specific gravity adalah untuk mengukur berat/massa minyak bila volumenya telah diketahui. Bahan bakar minyak umumnya mempunyai specific gravity antara 0,74 dan 0,96.

### 2.6 Perbandingan properties Bahan Bakar Bensin dan Bioethanol

Berikut ini merupakan perbedaan karakteristik bahan bakar gasoline yang memiliki angka oktan 95 (Pertamax) dengan bioethanol E100.

Tabel 2. 2 Perbandingan properties gasoline dan bio-ethanol

The fuel properties	Gasoline	Bio-ethanol
Density at 20 <sup>o</sup> C [kg/m <sup>3</sup> ]	0.794	0.729
Boiling point [° C]	78.5	30 -190
Viscosity [cP] (25 <sup>o</sup> C)	1.08	0.4 – 0.8
Surface Tension [mN/m] (20 <sup>o</sup> C)	0.42	1.20
Research Octane Number (RON)	129	95

### 2.7 Sistem Injeksi Bahan Bakar

Sistem injeksi bahan bakar adalah sistem pemasukan bahan bakar ke *engine* dengan menggunakan atomisasi bahan bakar

pada tekanan tinggi. Atomisasi ini bertujuan untuk memudahkan homogenisasi antara udara dan bahan bakar. Banyak referensi yang menyatakan awal pengembangan sistem injeksi bahan bakar. Beberapa diantaranya adalah pada tahun 1902, insinyur aviasi dari Prancis, Leon Levavasseur, memasangnya pada mesin pionir V8 Antoinette untuk mesin pesawat terbang [7]. Penggunaan lain dari sistem injeksi bahan bakar terdapat mesin Hesselman yang ditemukan oleh insinyur mesin Swedia Jonas Hesselman pada tahun 1925. Sistem injeksi yang dikembangkan Jonas Hesselman menggunakan prinsip pembakaran sangat miskin [8]. Beberapa kelebihan dari sistem injeksi bahan bakar ini adalah [9] :

1. Meningkatnya efisiensi volumetrik yang berujung pada peningkatan daya dan torsi.
2. Efisiensi termal lebih baik.
3. Emisi gas buang yang lebih rendah.
4. Lebih toleran dengan variasi karakteristik bahan bakar.
5. Kemampuan *stratification charging*.

Kekurangan dari sistem injeksi bahan bakar adalah :

1. Biaya keseluruhan sistem injeksi bahan bakar lebih mahal.
2. Riset yang belum maksimal.
3. Perlu adanya pengaturan dan modifikasi apabila sistem injeksi bahan bakar memakai bahan bakar yang tidak seharusnya.

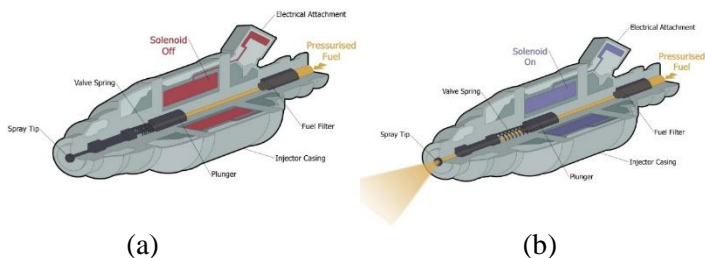
Dari beberapa kelebihan dan kekurangan yang telah disebutkan, usaha untuk meningkatkan kemampuan kerja dari sistem injeksi bahan bakar ini masih terus dilakukan.

## 2.8 Injektor

Salah satu komponen kunci dari sistem injeksi bahan bakar ini adalah injektor. Injektor adalah alat yang menyembrotkan bahan bakar sebelum/saat masuk ke *engine* dengan penyemprotan bertekanan tinggi. Hasil dari penyemprotan bahan bakar ini

adalah ukuran butir *spray* bahan bakar bisa menjadi lebih kecil dibanding dengan menggunakan sistem karburator, khususnya saat *fully open throttle* [10]. Hal ini dikarenakan penggunaan tekanan tinggi untuk menyemprotkan bahan bakar dan independensi kerja dari injektor yang menyemprotkan bahan bakar terhadap laju udara yang memasuki *engine*. Dengan fakta tersebut bisa dipahami bahwa dengan adanya injektor mampu memperbaiki kemudahan bahan bakar untuk bercampur dengan udara.

Dalam perkembangan injektor, injektor yang pertama kali diciptakan bekerja secara mekanis. Injektor sistem mekanis bekerja dengan pompa bahan bakar mekanis dan kerja buka tutup injektor yang dikontrol oleh mekanisme pegas yang menahan katup nosel injektor. Lalu setelah model mekanis, injektor yang bekerja secara elektronik mulai ditemukan dan terus dikembangkan. Injektor sistem elektronik secara umum sudah memakai kontrol elektronik mulai dari pompa bahan bakar hingga ke mekanisme buka tutup injektornya. Untuk injektor bermekanisme elektrik, kerja buka tutup injektor disebabkan oleh perangkat solenoid pada bagian dalam injektor yang menghasilkan gaya magnet saat diberi tegangan listrik dan menarik katup nosel injektor untuk membuka. Ilustrasi dari kerja injektor sistem elektronik bisa ditunjukkan pada gambar 2.9 :



Gambar 2. 9 (a) Ilustrasi dari kerja injektor sistem elektronik saat injektor keadaan *off* (b)Ilustrasi dari kerja injektor sistem elektronik saat injektor keadaan *on*  
(<https://upload.wikimedia.org/wikipedia.gif>)

## 2.9 Karakteristik Semprotan Bahan Bakar

Karakteristik semprotan merupakan hal yang penting untuk meninjau performance pembakaran pada ruang bakar. Karakteristik semprotan dinyatakan dalam ukuran rata-rata droplet, *droplet break up*, distribusi droplet, sudut semprotan (*spray cone angle*) dan penetrasi semprotan [11]. Ukuran rata-rata droplet, distribusi droplet dan *droplet break up* merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Ketiganya merupakan karakteristik semprotan yang sepenuhnya dipengaruhi oleh proses atomisasi yang terjadi pada injector. Sedangkan sudut semprotan dan penetrasi sebagian dipengaruhi oleh atomisasi yang terjadi pada injector dan sebagian dari *aerodynamic influences* yang mengenai semprotan setelah keluar dari injector [12]. Karakteristik semprotan bahan bakar ditentukan oleh tiga parameter tak berdimensi yaitu [11] :

### *Weber Number*

$$We = \frac{\rho_l \cdot v_{rel}^2 \cdot d_o}{\sigma_l} \dots \dots \dots (2.2)$$

### *Reynolds Number*

$$Re = \frac{\rho_l \cdot v_{rel} \cdot d_o}{\mu_l} \dots \dots \dots (2.3)$$

### *Ohnesorge Number*

$$On = \frac{\sqrt{We}}{Re} \dots \dots \dots (2.4)$$

Apabila dilihat dari property bahan bakar pada persamaan 2.2 , 2.3 dan 2.4, maka nilai densitas, kekentalan dan tegangan permukaan menentukan karakteristik semprotan yang terjadi.

## 2.10 Droplet

### 2.10.1 Ukuran Rata-rata

Ukuran droplet rata-rata biasanya diistilahkan dengan *SMD (Sauter Mean Diameter)*, yaitu diameter dari sebuah droplet yang memiliki perbandingan volume dan luas permukaan yang sama dalam seluruh semprotan. *SMD* dapat digunakan

untuk menghitung laju penguapan rata-rata dan sebagai perbandingan kualitas atomisasi dari bermacam-macam semprotan. [11] Dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh Hiroyasu, Arai dan Tabata (1989), untuk *low-pressure injectors*, SMD dapat ditentukan dengan persamaan :

$$SMD = 4.12 d_{nozz} Re^{0.12} We^{-0.75} \left( \frac{\mu_f}{\mu_g} \right)^{0.54} \left( \frac{\rho_f}{\rho_g} \right)^{0.18}$$

.....(2.5)

Dengan  $d_{nozz}$  merupakan diameter nozzle,  $\frac{\mu_f}{\mu_g}$

perbandingan antara viscositas dinamik bahan bakar dan udara. Persamaan tersebut mengasumsikan bahwa droplet pada semprotan memiliki distribusi ukuran yang tidak seragam yang dikemukakan oleh Rosin dan Rammer (1933). [13]

### 2.10.2 Distribusi ukuran droplet

Keragaman ukuran droplet yang terbentuk saat proses atomisasi merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menganalisis kualitas suatu semprotan. Distribusi ukuran droplet merupakan properties yang sangat sulit untuk diprediksikan baik secara teoritis maupun eksperimental

### 2.10.3 Droplet Break-up

Droplet break-up adalah proses pemecahan semprotan menjadi butiran-butiran yang lebih kecil dan selanjutnya mengalami proses penguapan. Breakiup droplet dapat dimodelkan secara *Taylor Analogy Break-up* (TAB) maupun *Wave break-up*.

### 2.10.4 Sudut Semprotan

Sudut semprotan (spray cone angle) memiliki pengaruh yang besar pada kualitas pembakaran. Sudut semprotan dapat

merepresentasikan proses atomisasi yang terjadi pada bahan bakar dan mempengaruhi gas buang sisa pembakaran.

### **2.10.5 Penetrasi Semprotan**

Penetrasi semprotan dapat dinyatakan sebagai jarak maksimum yang dapat ditempuh droplet setelah meninggalkan injector. Panjang semprotan dipengaruhi oleh dua gaya yang berlawanan yaitu energi kinetik awal droplet dan tahanan aerodinamik dari udara sekitar.

Sesaat ketika keluar dari injector, kecepatan dari liquid tinggi tetapi sebagaimana atomisasi berjalan, dan luasan permukaan semprotan bertambah, energi kinetik droplet akan semakin berkurang karena adanya gesekan antara droplet dengan udara disekitarnya[11].

## **2.11 Atomisasi Bahan Bakar**

Proses atomisasi dapat diartikan sebagai proses pemecahan sejumlah bahan bakar hingga menjadi butiran-butiran droplet. Proses atomisasi dimulai ketika bahan bakar disemprotkan keluar dari injector melalui orifice. Kemudian akibat adanya tekanan aerodinamis udara terjadi pemecahan bahan bakar menjadi butiran-butiran droplet.

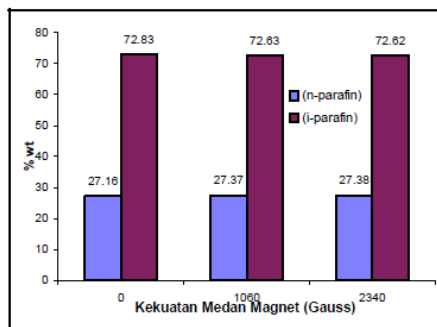
Proses atomisasi pada bahan bakar berpengaruh pada nilai Air Fuel Ratio. Semakin baiknya atomisasi bahan bakar maka nilai Air Fuel Ratio semakin tinggi. Hal ini berpengaruh pada jumlah udara yang masuk kedalam *chamber* akan semakin tinggi. Sehingga menyebabkan campuran bahan bakar cenderung miskin (*lean*). Campuran bahan bakar yang cenderung lebih miskin memiliki efisiensi pembakaran yang lebih baik. Hal ini dikarenakan terjadi pembakaran yang lebih sempurna akibat suplay udara yang cukup untuk proses pembakaran. Sehingga menyebabkan perbaikan emisi hasil pembakaran.



## 2.12 Penelitian Terdahulu

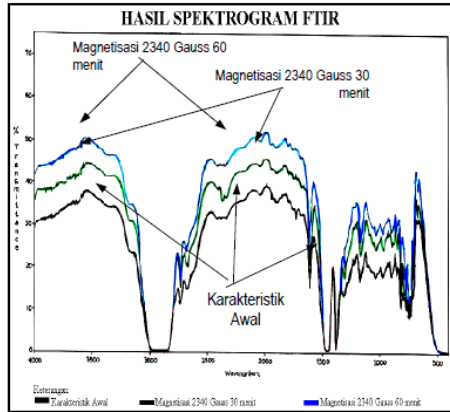
### 2.12.1 Studi Pengaruh Magnetisasi Sistem Dipol Terhadap Karakteristik Kerosin

Penelitian ini dilakukan oleh Mochamad Chalid [4] yang bertujuan untuk mengetahui perubahan komposisi senyawa, kepolaran molekul dan viskositas dari bahan bakar akibat magnetisasi dengan memvariasikan besarnya medan magnet dan waktu magnetisasi.

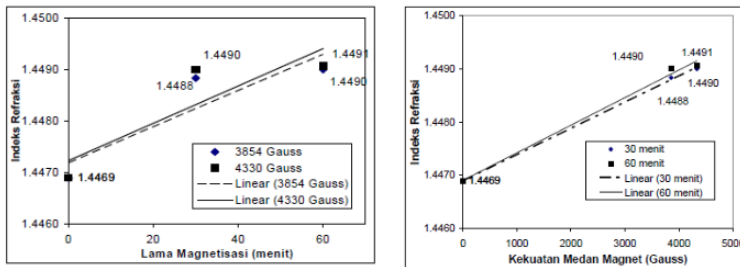


Gambar 2. 10 Komposisi senyawaan dalam kerosin pada berbagai kekuatan medan magnet yang diukur dengan *Gas Chromatography*

Berdasarkan data *Gas Chromatography*, magnetisasi pada kerosin tidak memberikan perubahan komposisi penyusun kerosin. Perbandingan *normal*-paraffin terhadap *iso*-paraffin sebelum dan sesudah magnetisasi mengindikasikan komposisi yang tetap. Hal ini ditunjukkan oleh data persen berat pada berbagai kekuatan medan magnet (Gambar 2.10). Analisis tersebut diperkuat dengan data pengamatan struktur sebelum dan sesudah magnetisasi kerosin melalui pengukuran FTIR, yang ditunjukkan pada Gambar 2.11. Hasil tersebut merepresentasikan tidak ada perubahan struktur senyawaan pada kerosin, namun senyawaan tersebut mengalami perubahan harga serapan atau transmisi radiasi pada strukturnya.



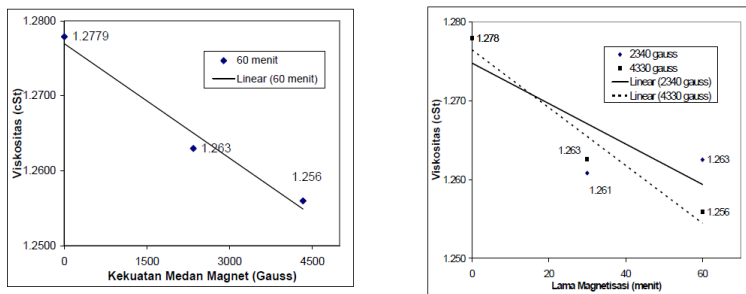
Gambar 2. 11 Grafik pengaruh waktu magnetisasi terhadap persen transmittance



Gambar 2. 12 Grafik Pengaruh magnetisasi terhadap kemolaran bahan bakar

Gambar 2.12 menunjukkan bahwa magnetisasi mengakibatkan terjadinya peningkatan kepolaran molekul yang diindikasikan dengan peningkatan indeks refraksi. Ini dapat mengindikasikan bahwa perubahan kepolaran molekul adalah suatu konsekuensi *de-clustering* karena magnetisasi. Penambahan kekuatan medan magnet memberikan efek *de-clustering* yang lebih kuat pada kerosin. Karena hal ini memungkinkan peningkatan secara kualitatif dan kuantitatif molekul yang terorientasi.

Perubahan viskositas kerosin memiliki hubungan yang kuat terhadap efek *de-clustering* yang disebabkan oleh peningkatan kepolaran molekul saat magnetisasi. Perubahan kepolaran tersebut meningkatkan tolakan antar molekul yang menurunkan kekentalan kerosin. Hal tersebut diperkuat dengan data percobaan, seperti yang ditunjukkan pada 2.13. Data percobaan seperti yang diindikasikan pada Gambar 2.13 menginformasikan penurunan viskositas kerosin dengan peningkatan kekuatan medan magnet. Hal ini mempunyai hubungan yang kuat dengan pengaruh kekuatan medan magnet terhadap viskositas. Karena lama magnetisasi dapat mengakibatkan peningkatan secara kualitatif dan kuantitatif molekul yang terorientasi

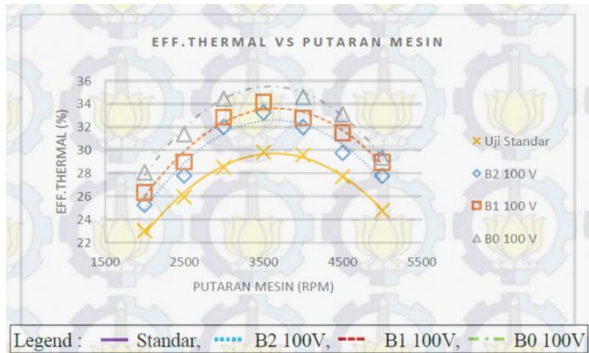


Gambar 2. 13 Pengaruh magnetisasi terhadap viskositas bahan bakar

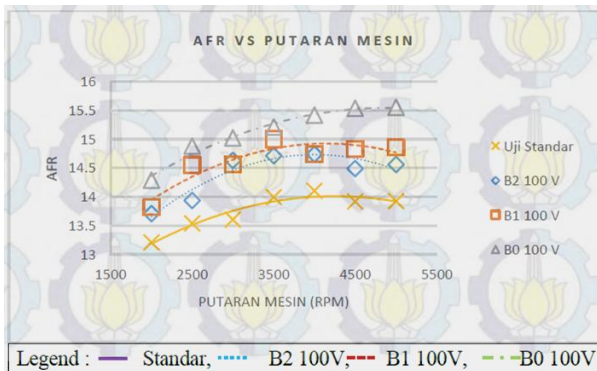
## 2.12.2 Studi Eksperimental Variasi Kuat Medan Magnet Induksi Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Mesin Sinjai 2 Silinder 650 Cc (Mapping Sumber Tegangan)

Penelitian ini dilakukan oleh Mirza Hamdani [14] yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat medan magnet dengan variasi tegangan induksi terhadap unjuk kerja *engine*. Dari penelitain didapatkan bahwa pemberian pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar dapat meningkatkan efisiensi thermal engine. Dari gambar 2.14 dapat diketahui bahwa semakin

besarnya medan magnet yang diberikan maka semakin tinggi nilai efisiensi thermal engine. Pada gambar 2.14, grafik uji standart merupakan efisiensi thermal tanpa adanya magnetisasi. Sedangkan grafik B0 100 V merupakan pemberian medan magnet sebesar 560 gauss, B1 100 V medan magnet sebesar 300 gauss dan B0 100 V sebesar 240 gauss.



Gambar 2. 14Grafik efisiensi thermal *engine*

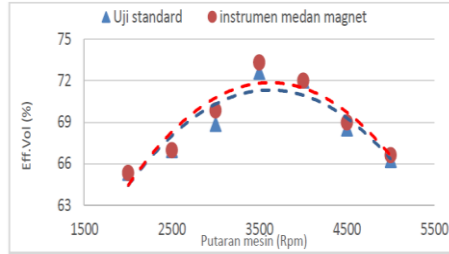


Gambar 2. 15Grafik perubahan nilai *air fuel ratio* bahan bakar akibat magnetisasi.

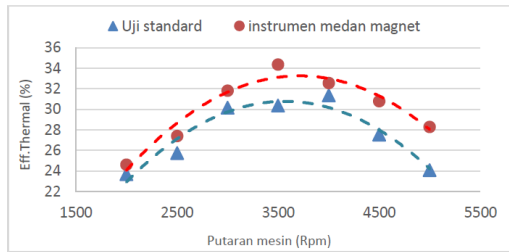
Besarnya nilai medan magnet mempengaruhi kenaikan nilai *air fuel ratio* pada *engine*. Pada gambar 2.15 menunjukkan bahwa semakin besar nilai medan magnet yang diberikan maka semakin besar pula nilai *air fuel ratio* bahan bakar yang masuk ke *engine*. Pada penelitian tersebut besarnya  $\dot{m}$  udara dijaga konstan sesuai dengan perubahan rpm. Dengan kata lain semakin besarnya nilai medan magnet yang diberikan maka akan menyebabkan turunnya nilai  $\dot{m}$  bahan bakar yang diinjeksikan ke *chamber*.

### **2.12.3 Pengaruh Pemberian Induksi Medan Magnet Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Penyerapan Rasiasi Infra Merah Molekul Hidrokarbon Dan Unjuk Kerja Mesin Sinjai 650 Cc 2 Silinder (Studi Kasus : Sumber Tegangan Alternator)**

Penelitian ini dilakukan oleh Anang Firmansyah [15] yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan unjuk kerja mesin standart tanpa magnetisasi dan dengan adanya magnetisasi oleh kumparan medan magnet dengan variasi tegangan mengikuti putaran mesin. Pada penelitian ini tegangan induksi magnet berasal dari tegangan alternator. Tegangan keluaran alternator berubah seiring dengan kenaikan putaran mesin. Pada penelitian medan magnet yang digunakan dapat menghasilkan nilai sebesar 470 gauss pada tegangan tertinggi. Dari hasil penelitian didapatkan perbandingan unjuk kerja mesin dengan ada dan tanpa adanya magnetisasi. Pada gambar 2.16a dan 2.16b dapat dilihat bahwa nilai efisiensi termal *engine* dan efisiensi volumetris lebih besar dengan adanya magnetisasi dibandingkan dengan kondisi standart.



(a)



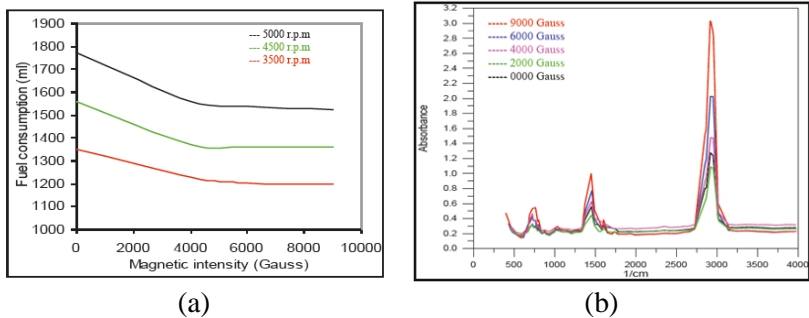
(b)

Gambar 2. 16 (a) Grafik perbandingan efisiensi thermal (b) Grafik perbandingan efisiensi volumetris pada kondisi standart dengan magnetisasi

#### 2.12.4 Effect of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emission in Two-Stroke Engine

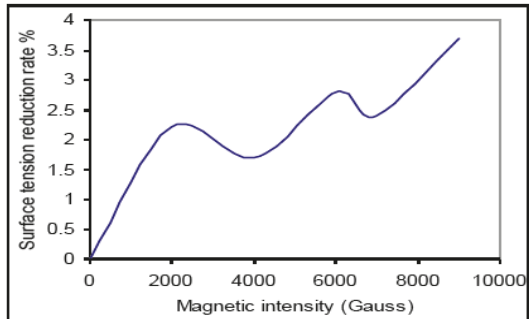
Penelitian ini dilakukan oleh Ali S Faris [16] yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan magnet terhadap konsumsi bahan bakar dan *exhaust gas* pada *engine*. Pada penelitian ini digunakan medan magnet dengan nilai sebesar 2000, 4000, 6000, 9000 gauss dan bahan bakar yang digunakan merupakan gasoline Iraq. Dari hasil pengujian FTIR didapatkan grafik seperti gambar 2.17a. Karena gaya tarik antar molekul hidrokarbon non polar dipengaruhi oleh frekuensi getaran kelompok, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar frekuensi/panjang gelombang maka gaya tarik antar molekulnya semakin lemah. Hal ini ditandai dengan nilai *absortance* yang

tinggi. Sehingga dapat diketahui dari gambar 2.17a bahwa pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar dapat menurunkan gaya tarik antar molekul hidrokarbon yang menyebabkan penurunan nilai viskositas dan tegangan permukaan. Akibat penurunan nilai viskositas maka laju aliran massa bahan bakar pun berkurang seperti ditunjukkan pada gambar 2.17b.



(a) Grafik FTIR kenaikan %transmitans atau *absortance* bahan bakar setelah diberikan medan magnet (b) Pengaruh pemberian medan magnet terhadap konsumsi bahan bakar pada *engine*.

Pada uji tegangan permukaan didapatkan bahwa secara umum pemberian medan magnet pada bahan bakar dapat menurunkan nilai tegangan permukaan seperti pada gambar 2.18. Namun, nilai tegangan permukaan tidak hanya dipengaruhi oleh gaya tarik antar molekul hidrokarbon. Sehingga grafik nilai tegangan permukaan cenderung fluktuatif.



Gambar 2. 18 Grafik pengaruh pemberian medan magnet terhadap nilai tegangan permukaan



## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan empat tahapan yaitu tahap perancangan induksi magnet, tahap pengujian medan magnet, tahap pengujian bahan bakar pada injector, tahap pengujian properties bahan bakar dan pengujian FTIR.

#### **3.1 Perancangan induksi magnetik**

Perancangan induksi magnetik dilakukan dengan langkah awal menentukan diameter inti besi yaitu sebesar 6 mm (sesuai dengan diameter injector Bioethanol E100) dan diameter kawat tembaga. Berikut tahapan rancangan instrumen medan magnet :

1. Melakukan pengukuran tegangan dan arus alternator pada putaran mesin 2000-8000 rpm dengan interval 2000 rpm.
2. Setelah didapatkan nilai tegangan terendah, dilakukan perhitungan jumlah lilitan untuk mendapatkan nilai medan magnet sebesar 200 gauss dengan menggunakan persamaan 2.1.
3. Menentukan panjang kawat yang dibutuhkan
4. Menentukan panjang area yang terkena lilitan kawat sehingga diketahui panjang pipa baja karbon yang dibutuhkan.
5. Mempersiapkan bahan dan peralatan yang dibutuhkan meliputi pipa baja karbon dengan variasi diameter, kawat tembaga dan isolasi kertas.
6. Melilitkan kawat tembaga pada inti besi
7. Merekatkan lilitan dengan isolasi kertas di ujung lilitan inti besi dan memberikan kawat lebih yang tidak dililitkan pada masing-masing ujung inti besi sebagai pemberi sumber listrik.

#### **3.2 Pengujian instrument medan magnet**

Pengujian ini akan dilakukandengan memodelkan keadaan real tegangan output dari alternator (DCV). Tegangan yang diujikan untuk kuat medan magnet adalah sesuai tegangan keluaran alternator berdasarkan putaran mesin.

### 3.2.1 Peralatan Uji kuat medan magnet

Laboratorium Instrumentasi ini menyediakan kebutuhan pengujian yang akan dilakukann serta instruktur penggunaan alat, adapun alat-alat yang digunakan:

1. Instrumen medan magnet yang telah dirancang
2. *Power Supply* digunakan untuk memberikan tegangan input (DCV) dengan interval tegangan sesuai teganaa alternator pada instrmen medan magnet yang sesuai dengan tegangan (DCV) yang dihasilkan alternator berdasarkan putaran mesin. Hal ini dikarenakan tidak memungkinkan membawa *engine SINJAI 150cc* ke Laboratorium Instrumentasi Pengukuran Politeknik Elektronika Negri Surabaya (PENS).

#### 3. Teslameter

Teslameter digunakan untuk mengukur besar medan magnet dalam satuan gauss. Berikut ini adalah skema pengujian dan pengukuran alat kuat medan magnet pada instrument medan magnet :

### 3.2.2 Prosedur Pengujian Kuat medan magnet

Adapun langkah-langkah mengukur besarnya medan magnet yang dihasilkan oleh instrumen medan magnet, sebagai berikut :

1. Siapkan instrument medan magnet yang akan diuji
2. Kaitkan kawat dengan arus positive (+) dengan penjepit pada DCV power supply positif (+) dan kawat denga arus negative (-) dengan penjepit DCV power supply negative (-).
3. Atur masukan tegangan DCV pada power supply sebesar tegangan alternator pada 2000 rpm
4. Letakkan probe Teslameter pada pipa baja karbon medan magnet.
5. Catat nilai yang ditunjukkan jarum pada teslameter.
6. Lanjutkan langkah 3 sampai titik ke 5 dengan setiap variasi arus sesuai putaran mesin SINJAI 150cc.

### 3.3 Pengujian bahan bakar pada injector

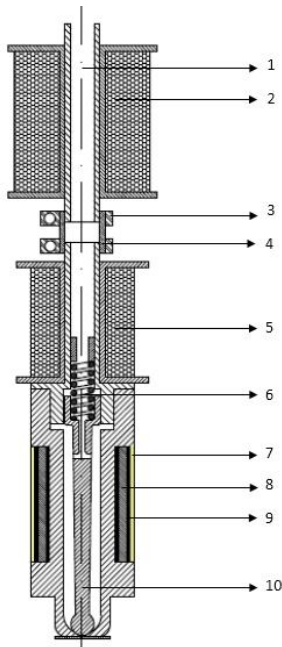
Pengujian bahan bakar pada injector dilakukan pada alat uji Injector Luch CNC-601A dengan membandingkana bahan bakar bioethanol E100 yang diberikan magnetisasi dan tidak dimagnetisasi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pembakaran dan Sistem Energi, Teknik Mesin ITS Surabaya.

#### 3.3.1 Peralatan Uji

Peralatan uji yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

##### a. *Injector*

Berikut merupakan injector yang digunakan pada pengujian dengan tambahan medan magnet.



Keterangan :

1. Saluran masuk bahan bakar
2. Kumparan medan magnet
3. Klem
4. Selang sambungan
5. Selenoid *Injector*
6. Pegas *Injector*
7. Isolator
8. Kawat Nickelin
9. Magnesium Oksida
10. Needle

Gambar 3. 1Injector bioetanol E100

b. Injector Tester Unit

*Injector Tester Unit* merupakan alat yang digunakan untuk proses pembersihan injektor kendaraan bermotor dan melihat kemampuan kerja injektor dengan diberikan berbagai parameter kerja. Pada percobaan ini digunakan *Injector Tester Unit* Luch CNC-601 A. Spesifikasi dari alat *injector tester unit* ini adalah sebagai berikut :



(a)



(b)

Gambar 3. *2Injector Tester* (a) dan tampilan konsol (b)

- Tegangan suplai : 220V , 50/60 Hz
- Daya unit utama : 280 W
- Daya *ultrasonic cleaner* : 100 W
- Rentang simulasi RPM : 10-9990 rpm
- Rentang waktu operasi : 1-9999s
- Lebar *injection pulse* : 0,5-25ms; step: 0,1ms
- Kapasitas tangki : 4000ml
- Dimensi alat : 500×580×1400 mm
- Massa total alat : 95kg

c. *Heater Controller*

Alat ini berfungsi untuk memberikan dan mengontrol listrik pada kumparan pemanas yang selanjutnya diubah menjadi panas oleh kumparan pemanas induksi.

d. Bahan Bakar Pengujian

Bahan bakar yang akan digunakan untuk pengujian karakteristik semprotan bahan bakar adalah bioetanol produksi PT Eneo yang tidak dijual bebas di pasaran dan memiliki kemurnian 99,6% dengan dua perlakuan yaitu tanpa diberikan magnetisasi dan dimagnetisasi sebelum keluar dari injector.

e. Kamera

Kamera digunakan untuk menangkap gambar hasil semprotan injector dengan bahan bakar bioethanol yang telah diberikan variasi medan magnet.



Gambar 3. 3Kamera Go Pro Hero 5

Spesifikasi Kamera Gopro Hero 5

- Max. Image Resolution 12 Megapixel
  - Screen resolution 4000 x 3000
  - Weight : 4.2oz/118 g
  - LCD *Touchscreen*
  - Waterproof
- Movie Size and Recording*

- 1280x 720 (720p) @ 240 FPS
- 1280x 960 (960P) @ 120 FPS
- 1920 x 1080 (1080P) @ 120/90 FPS

f. Power Supply

Alat ini digunakan untuk mengatur arus listrik yang masuk ke medan magnet induksi sesuai dengan arus yang dihasilkan oleh alternator pada putaran 2000-8000 rpm.

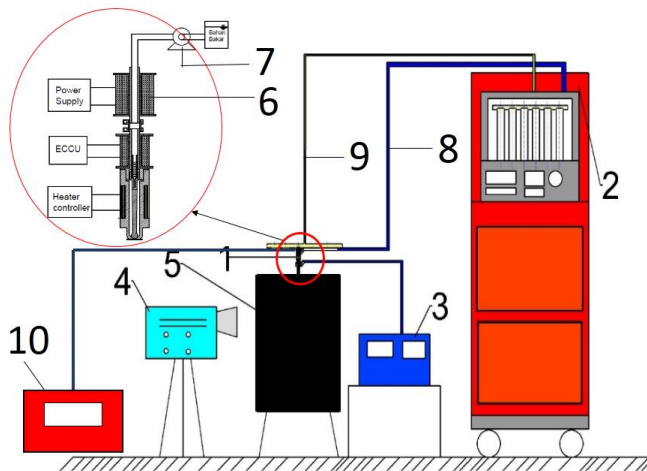
g. Tripod

Alat ini digunakan untuk mengatur tinggi dan letak kamera sehingga didapatkan sudut gambar terbaik untuk semprotan injector.

### 3.3.2 Prosedur Pengujian pada Injector

#### 3.3.2.1 Skema Pengujian Karakteristik Semprotan Injector

Skema pegujian yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini:



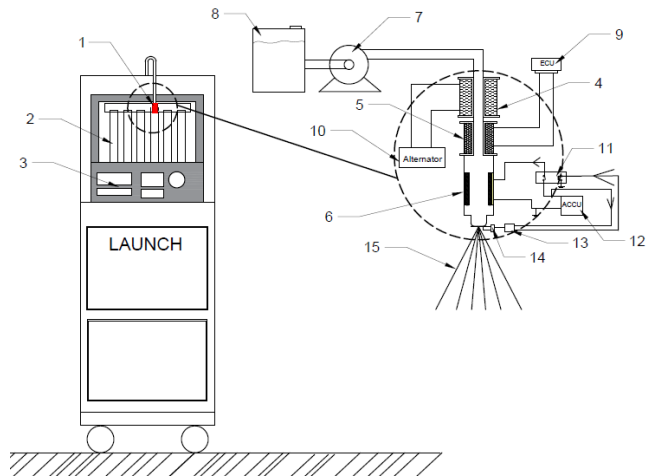
Gambar 3. 4 Skema Pengujian Karakteristik Semprotan

Keterangan :

1. *Injector* bioetanol E100
2. *Injector tester*
3. Heater controller
4. Kamera
5. Screen Hitam
6. Medan Magnet
7. Pompa Bahan Bakar
8. Kabel sambungan Eccu
9. Selang aliran bahan bakar
10. Power Supply

### 3.3.2.2 Skema Pengujian Pada Injector Tester Unit

Skema pegujian yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut ini:



Gambar 3. 5Skema Pengujian Pada Injector Tester Unit

Keterangan :

1. *Injector* bioetanol E100
2. Gelas ukur pada *Injector tester*

3. Controller *Injector tester*
4. Medan magnet
5. Selenoid *injector*
6. Pemanas *injector*
7. Pompa bahan bakar
8. Bahan bakar bioethanol E 100
9. ECU
10. Alternator
11. Stop kontak
12. ACCU
13. Sensor
14. Termocouple
15. Semprotan *injector*

### 3.3.2.3 Tahapan Pengujian Karakteristik Semprotan Injector

Tahapan pengujian pada penelitian adalah sebagai berikut:

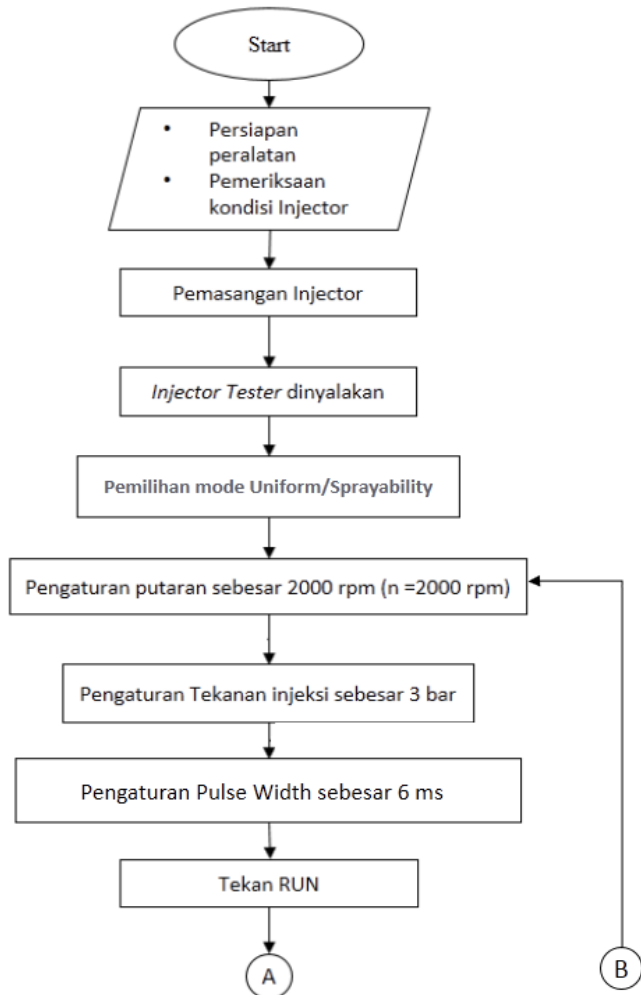
- a. Persiapan Pengujian
  1. Memeriksa kondisi kesiapan dari *injector tester* meliputi kondisi kelengkapan perangkat yang ada di *injector tester*. Menghubungkan alat *injector tester* dengan catu daya listrik 220V 50 Hz
  2. Memeriksa kondisi injektor yang akan digunakan, apakah terdapat kebocoran dan pemanas bisa bekerja dengan temperatur kerja sesuai dengan perancangan.
  3. Memasang injektor pada *screen* dan disambungkan dengan *injector tester*.
  4. Memasang controller heater pada injektor dan memasang power supply pada medan magnet
  5. Menyiapkan alat dokumentasi semprotan injektor.
- b. Pengujian Karakteristik Semprotan Injektor Bakar Bioetanol E100 Tanpa Magnetisasi
  1. Menyalakan alat *injector tester*.

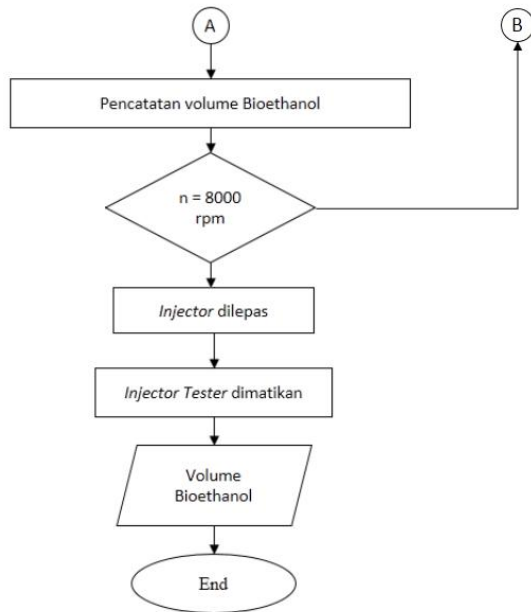


2. Untuk *item selection*, memilih *Uniformity/Sprayability Test* pada *item selection*.
  3. Mengeset temperatur pemanas sebesar 70°C
  4. Mengeset parameter tekanan injeksi bahan bakar sebesar 3 bar.
  5. Mengeset putaran sebesar 2000 rpm
  6. Lalu mengatur *pulse width* sebesar 6 ms
  7. Menyalakan pemanas induksi dari injektor.
  8. Menekan tombol *Run* untuk memulai tes semprotan.
  9. Mendokumentasikan hasil semprotan ketika injektor mulai menyemprotkan bahan bakar
  10. Menunggu hingga tanda peringatan tes selesai.
- c. Pengujian Karakteristik Semprotan Injektor Bakar Bioetanol E100 Dengan Magnetisasi
1. Menyalakan alat *injector tester*.
  2. Menyalakan pemanas induksi dari injektor.
  3. Mengeset temperatur pemanas sebesar 70°C.
  4. Mengatur arus listrik medan magnet pada power supply sesuai tegangan hasil uji alternator pada putaran 2000 rpm
  5. Untuk *item selection*, memilih *Uniformity/Sprayability Test* pada *item selection*.
  6. Mengeset putaran sebesar 2000 rpm
  7. Mengeset parameter tekanan injeksi bahan bakar sebesar 3 bar.
  8. Lalu mengatur *pulse width* sebesar 6 ms
  9. Menekan tombol *Run* untuk memulai tes semprotan.
  10. Mendokumentasikan hasil semprotan ketika injektor mulai menyemprotkan bahan bakar
  11. Menunggu hingga tanda peringatan tes selesai.
  12. Mematikan kontrol pemanas hingga pemanas injektor kembali dingin.
  13. Mengulangi langkah 4 hingga putaran 8000 rpm dengan interval 2000 rpm.

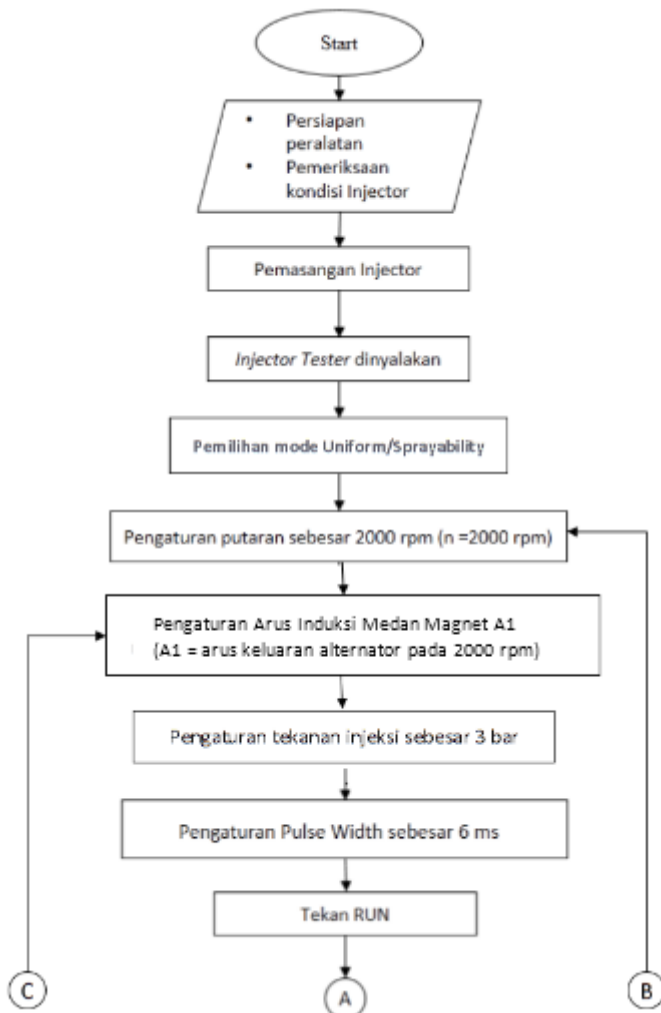
### 3.3.3 Flowchart Pengujian Pada Injector

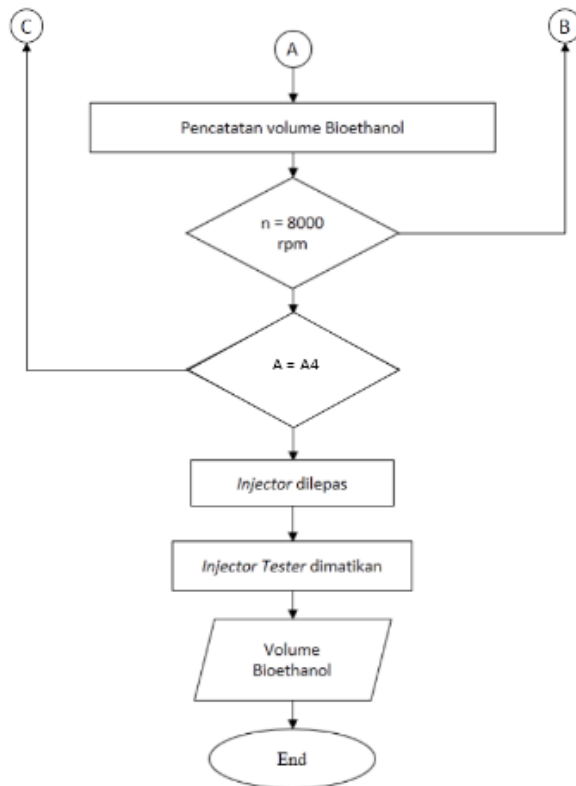
#### 3.3.3.1 Flow chart Pengujian Bahan Bakar Tanpa Magnetisasi





### 3.3.3.2 Flow chart Pengujian Bahan Bakar Dengan Magnetisasi





### 3.4 Pengujian Properties Bahan Bakar

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Pembakaran dan Sistem Energi, Teknik Mesin ITS Surabaya. Pengujian properties yang dilakukan berupa uji densitas, viskositas dan tegangan permukaan dengan variasi besarnya medan magnet.

Peralatan Pengujian Properties Bahan Bakar

#### a. Uji Densitas

Peralatan yang digunakan pada pengujian Densitas adalah:

- Picnometer
  - Timbangan Digital
  - *Sample* bahan bakar bioethanol
- b. Uji Viscositas  
Peralatan yang digunakan pada pengujian Viscositas adalah :
- *Viscotester*
  - Gelas uji
  - *Sample* bahan bakar bioethanol
- c. Uji Tegangan Permukaan
- Gelas Uji
  - Batang besi
  - *spring balance* skala Newton
  - Laboratory (dongkrak)
  - Cincin Aluminium

### 3.4.1 Bahan Bakar yang digunakan

Bahan bakar yang akan digunakan untuk pengujian karakteristik semprotan bahan bakar adalah bioethanol produksi PT Eneo yang tidak dijual bebas di pasaran dan memiliki kemurnian 99,6% dengan 3 perlakuan yaitu tanpa diberikan magnetisasi, dimagnetisasi dengan variasi besarnya medan magnet dan dimagnetisasi laju aliran yang berbeda sesuai dengan putaran mesin.

### 3.4.2 Prosedur Pengujian Properties Bahan Bakar

- a. Uji Densitas
- *Picnometer* yang kosong ditimbang menggunakan timbangan digital, sehingga didapatkan nilai  $W_0$  (berat awal).
  - *Sample* bahan bakar bioethanol dimasukkan ke dalam *picnomete*.

- *Picnometer* yang telah berisi bahan bakar ditimbang kembali dengan menggunakan timbangan digital, sehingga didapatkan nilai  $W_1$
- Nilai densitas dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\rho = \frac{W_1 - W_0}{V} \text{ (g/ml)}$$

- Pengujian dilakukan kembali dengan sampel yang diberikan variasi medan magnet dan waktu magnetisasi.

b. Uji Viscositas

- *Sample* bahan bakar bioethanol dimasukkan ke dalam gelas uji hingga mencapai garis pembatas gelas.
- *Viscositer* dipasang, pastikan bagian pengaduk terendam oleh *sample* bahan bakar yang diuji
- *Viscositer* dinyalakan, lalu ditunggu hingga putaran stabil dan hasil pengukuran dapat terbaca.
- Ulangi pengujian dengan menggunakan *sample* bahan bakar yang telah dimagnetisasi dan diberikan variasi waktu magnetisasi.

c. Uji Tegangan Permukaan

Pengujian nilai tegangan permukaan dilakukan di laboratorium Fisika Dasar, Fisika-FMIPA ITS Surabaya. Skema peralatan ditunjukkan pada Gambar 3.13. Satuan yang dipakai adalah dyne/cm. Dengan persamaan sebagai berikut :

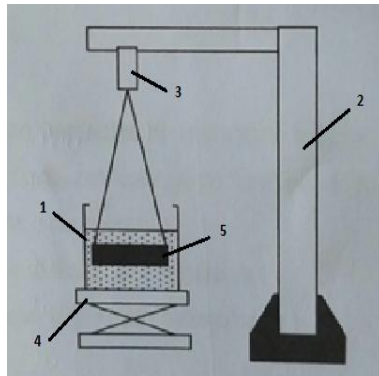
$$\sigma = \frac{\Delta F}{2\ell} = \frac{\Delta F}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

F : gaya (N)

$\ell$  : panjang permukaan (m)

$\sigma$  : tegangan permukaan (N/m)

d : diameter cincin (m)



Gambar 3. 6 Skema Peralatan Uji Tegangan Permukaan

Keterangan :

1. Gelas Uji
2. Batang besi
3. *spring balance* skala Newton
4. Laboratory (dongkrak)
5. Cincin Aluminium

### 3.5 Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pengujian ini akan dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Departemen Kimia FIA-ITS dengan pengujian *standart* (tanpa magnetisasi). Kemudian dilanjutkan pengujian dengan memberikan variasi kuat medan magnet berdasarkan tegangan alternator putaran *engine* dari 2000 - 8000 dengan interval 1000 rpm dan pengujian bahan bakar yang memiliki laju aliran massa berbeda (berdasarkan putaran *engine*) pada saat diberikan medan magnet.

#### 3.5.1 Peralatan Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Laboratorium Instrumentasi Zat Padat ini menyediakan kebutuhan pengujian yang akan dilakukan serta instruktur penggunaan alat, adapun alat-alat yang akan digunakan serta yang perlu dipersiapkan :

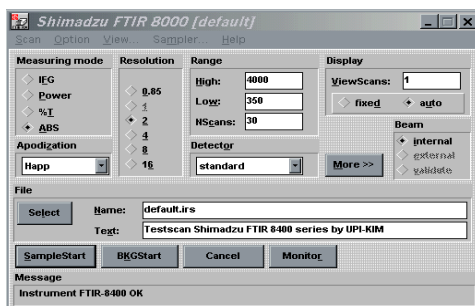


1. Palet KBr (sebagai media jendela)  
Timbang serbuk KBr halus 0.1 g.
2. Cetakan Palet  
Sebaiknya dicuci terlebih dahulu pada bagian sample base sebelum palet diletakkan pada cetakan dan dimasukkan pada *holder* untuk dipadatkan.
3. Cairan Sample  
Teteskan sedikit cairan sampel (bebas air) yang akan diukur pada satu bagian window palet KBr, kemudian pasangkan satu bagian *window* KBr lagi sehingga cairan merata pada permukaan *window* palet.
4. FTIR-8400  
FTIR-8400 digunakan untuk membaca gelombang spectrum penyerapan radiasi KBr.

### 3.5.2 Mengoperasikan FTIR-8400

Pengoperasian alat ini akan dibimbing oleh instruktur Laboratorium Instrumentasi, berikut langkah-langkah yang akan dilakukan :

- 1) Klik ganda shortcut Shimadzu FTIR-8400.
  - 2) Tunggu beberapa saat sampai keluar “dialogbox” kemudian klik “OK”
  - 3) Pada menu “Instrument” klik “ FTIR 8400.
- Di layar akan muncul “menu” seperti pada gambar 3.7.

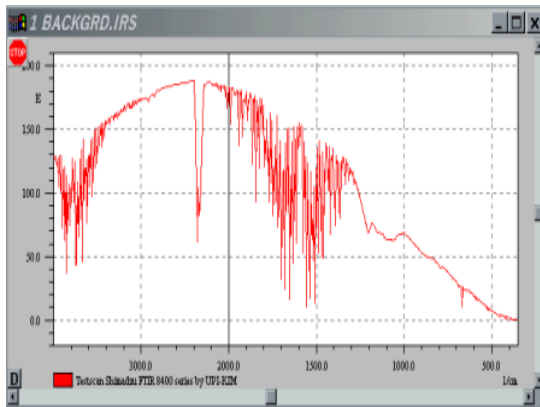


Gambar 3. 7Menu Instrument FTIR [5]

- 4) Untuk pengukuran, klik “BKG Start seperti pada gambar 3.8.”



Gambar 3. 8 Toolbar BKG FTIR [5]



Gambar 3. 9 Spectra FTIR [5]

Pada layar akan muncul spectra seperti pada gambar 3.9. spektra ini merupakan hasil awal dari penyerapan radiasi KBr sebagai pembanding dengan hasil penyerapan sampel yang diuji. kemudian tunggu sampai spektra menghilang.

- 5) Pengukuran “sampel” dilakukan dengan menempatkan sampel siap ukur pada tempat sampel dari alat interforometer. Ulangi langkah 3, kemudian isi dialog box dengan identitas sample, kemudian klik “SampelStart” seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3. 10 Toolbar BKG FTIR [5]

Tunggu sampai diperoleh grafik representasi dari spectra.

- 6) Setelah muncul grafik maka Untuk memunculkan harga bilangan gelombang, klik “ peak table” pada menu “Calc”, tentukan Treshold dan Noise Level untuk mengatur pemunculan harga bilangan gelombang.

### **3.5.3 Cara membaca grafik *Fourier Transform Infrared* (FTIR)**

Di perlukan kejelian dan ketelitian dalam pembacaan hasil dari pengujian FTIR, berikut tata cara yang akan digunakan :

- 1) Tentukan sumbu X dan Y-sumbu dari spektrum. X-sumbu dari spektrum IR diberi label sebagai "bilangan gelombang" dan jumlahnya berkisar dari 400 di paling kanan untuk 4.000 di paling kiri. X-sumbu menyediakan nomor penyerapan. Sumbu Y diberi label sebagai "transmitansi Persen" dan jumlahnya berkisar dari 0 pada bagian bawah dan 100 di atas.
- 2) Tentukan karakteristik puncak dalam spektrum IR. Semua spektrum inframerah mengandung banyak puncak. Selanjutnya melihat data daerah gugus fungsi yang diperlukan untuk membaca spectrum yang ditunjukkan pada gambar 3.8.
- 3) Tentukan daerah spektrum di mana puncak karakteristik ada. Spektrum IR dapat dipisahkan menjadi empat wilayah. Rentang wilayah pertama dari 4.000 ke 2.500. Rentang wilayah kedua dari 2.500 sampai 2.000. Ketiga wilayah berkisar dari 2.000 sampai 1.500. Rentang wilayah keempat dari 1.500 ke 400.
- 4) Tentukan kelompok fungsional diserap di wilayah pertama. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak di kisaran 4.000 hingga 2.500, puncak sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh NH, CH dan obligasi OH tunggal.
- 5) Tentukan kelompok fungsional diserap di wilayah kedua. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak di kisaran 2.500

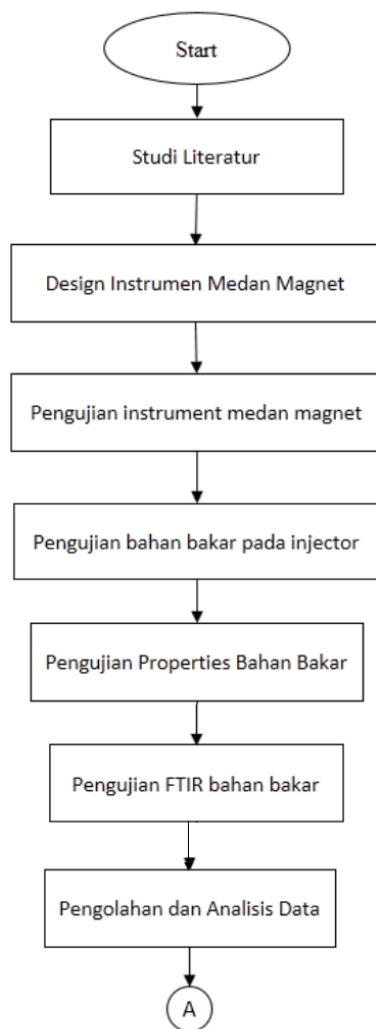
hingga 2.000, puncak sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan rangkap tiga.

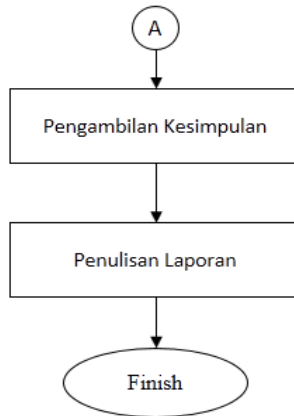
- 6) Tentukan kelompok fungsional diserap di wilayah ketiga. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak di kisaran 2.000 sampai 1.500, puncak sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan rangkap seperti  $C = O$ ,  $C = N$  dan  $C = C$ .
- 7) Bandingkan puncak di wilayah keempat ke puncak di wilayah keempat spektrum IR lain. Yang keempat dikenal sebagai daerah sidik jari dari spektrum IR dan mengandung sejumlah besar puncak serapan yang account untuk berbagai macam ikatan tunggal. Jika semua puncak dalam spektrum IR, termasuk yang di wilayah keempat, adalah identik dengan puncak spektrum lain, maka Anda dapat yakin bahwa dua senyawa adalah identik.

### **3.5.4 Bahan Bakar Pengujian**

Bahan bakar yang akan digunakan untuk pengujian FTIR adalah bioetanol produksi PT Enero yang tidak dijual bebas di pasaran dan memiliki kemurnian 99,6% dengan 3 perlakuan yaitu tanpa diberikan magnetisasi, dimagnetisasi dengan variasi besarnya medan magnet dan dimagnetisasi dengan variasi laju aliran bahan bakar.

### 3.6 Flowhart Penelitian





### 3.7 Rancangan Eksperimen

Untuk rancangan penelitian, terdapat beberapa parameter yang digunakan. Parameter-parameter ini bisa merupakan parameter *input* dan *output*. Tabel rancangan eksperimen dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3. 1Rancangan penelitian

Parameter Input		Parameter Output	
Tetap	Berubah	Diukur	Hasil
-Injektor bioetanol E100 - - <i>Injector Tester</i>	Putaran (rpm) : - 2000 - 4000 - 6000 - 8000  -Injector dengan medan magnet dan tanpa medan	-Visualisasi <i>spray</i> bioethanol  -Properties bahan bakar	-Sauter Mean Diameter (SMD) -Panjang penetrasi -Sudut penetrasi - <i>Mass flow rate</i> bioethanol -Viscositas, densitas dan

-Bahan bakar bioethanol E100  -Pulse Width 6 ms  -Tekanan kerja injector 3 bar	magnet  Arus Power Supply (Ampere) untuk induksi medan magnet:  -Pada putaran Alternator 2000 rpm -Pada putaran Alternator 4000 rpm -Pada putaran Alternator 6000 rpm -Pada putaran Alternator 8000 rpm	-FTIR bahan bakar	tegangan permukaan bahan bakar.  %transmittance
--	--	-------------------	---

Dari eksperimen didapatkan data – data sebagai berikut:

- Grafik FTIR pengaruh pemberian magnetisasi pada bahan bakar terhadap perubahan %transmittance Bioethanol E100.
- Grafik FTIR pengaruh laju aliran bahan bakar selama magnetisasi terhadap terhadap perubahan %transmittance bioethanol E100.
- Grafik pengaruh magnetisasi bahan bakar bioethanol E100 terhadap laju aliran bahan bakar pada injector.
- Grafik pengaruh magnetisasi terhadap nilai viskositas bahan bakar bioethanol
- Grafik pengaruh magnetisasi terhadap nilai densitas bahan bakar bioethanol
- Grafik pengaruh magnetisasi terhadap nilai tegangan permukaan bahan bakar bioethanol
- Visualisasi pengaruh magnetisasi bahan bakar bioethanol E100 terhadap panjang penetrasi semprotan injector

- h. Grafik pengaruh magnetisasi bahan bakar bioethanol E100 terhadap Sauter Mean Diameter keluaran Injector
- i. Visualisasi pengaruh magnetisasi bahan bakar bioethanol E100 terhadap sudut semprotan bahan bakar pada Injector



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan membahas mengenai pengaruh pemberian medan magnet pada unjuk kerja injector. Analisa pengaruh magnetisasi ini mengacu kepada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya berupa pemberian medan magnet pada bahan bakar pertalite sehingga mempengaruhi hasil pengujian performa *engine* pada mesin SINJAI 650 cc. Analisa dilakukan dengan cara mengamati struktur kimia bahan bakar Bioethanol sebelum dan sesudah dikenai medan magnet. Kemudian dilanjutkan dengan pengamatan pada injector berupa laju aliran bahan bakar, sudut semprotan, panjang penetrasi dan perhitungan SMD. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data yang menunjukkan keuntungan pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar sebelum memasuki ruang bakar.

#### **4.1 Perancangan Medan Magnet**

Pada percobaan kali ini medan magnet yang digunakan merupakan medan magnet yang berasal dari kumparan yang dialiri oleh arus listrik. Arus listrik pada medan magnet yang digunakan berasal dari Alternator. Arus listrik keluaran dari alternator merupakan arus listrik DC. Sehingga pada penggunaan di mesin SINJAI 150 cc dilakukan pengukuran keluaran arus alternator untuk menyesuaikan arus yang diberikan pada medan magnet. Pengujian dilakukan pada putaran mesin 2000 rpm hingga 800 rpm dengan interval 1000 rpm. Data sumber listrik keluaran Alternator ditunjukkan pada table 4.1

Hasil pengujian keluaran Alternator dijadikan variasi arus untuk mendapatkan nilai besarnya medan magnet. Pada penelitian sebelumnya, pemberian medan magnet sebesar 470 gauss pada aplikasi mesin sinjai 650 cc dua silinder dengan bahan bakar pertalite dapat meningkatkan performa *engine*. Sedangkan pada penelitian ini injector yang digunakan merupakan injector untuk

aplikasi pada mesin SINJAI 150cc satu silinder dan bahan bakar Bioethanol E100. Sehingga pada penelitian ini dibatasi besarnya medan magnet yang diberikan pada bahan bakar pada arus terendah sebesar 250 gauss. Spesifikasi kumparan medan magnet dapat dilihat pada table 4.2.

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran sumber listrik keluaran Alternator Mesin SINJAI 150cc

RPM	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Power (Watt)
2000	1.1	2.4	2.64
3000	1.5	5.8	8.7
4000	1.6	8	12.8
5000	1.8	9	16.2
6000	2.4	10.8	25.92
7000	2.6	12.5	32.5
8000	2.9	14.6	42.34

Tabel 4. 2 Spesifikasi kumparan medan magnet

Spesifikasi Kumparan Medan Magnet	
Pipa	
Material	Baja Karbon
Dimensi	Diameter Luar = 6 mm Ketebalan = 1 mm Panjang = 30 mm
Kawat	
Material	Tembaga
Diameter	0.6 mm
Jumlah lilitan	
550 lilitan	

Pembuatan kumparan medan magnet dilakukan pada pipa baja karbon yang berukuran 6 mm. Ukuran ini disesuaikan dengan ukuran injector Bioethanol E100. Penggunaan pipa baja karbon dimaksudkan karena baja karbon merupakan material *ferromagnetic* yang dapat menyalurkan gaya gerak magnet (ggm) dengan baik. Kawat yang digunakan pada kumparan medan magnet merupakan kawat tembaga dengan ukuran 0.6 mm. Hal ini dimaksudkan agar kawat medan magnet tidak mudah terputus akibat diberikan arus listrik secara berkelanjutan. Kemudian panjang kumparan medan magnet dibatasi sepanjang 3 cm untuk menyesuaikan dengan ukuran injector Bioethanol E 100.

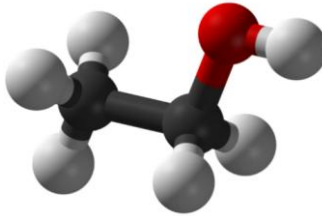
Hasil pengujian medan magnet pada kumparan yang telah dibuat ditunjukkan pada table 4.3. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan arus listrik yang dialiri pada medan magnet sesuai dengan arus listrik keluaran alternator. Pada table 4.3 terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan besarnya medan magnet akibat arus yang divariasikan sesuai dengan keluaran alternator. Sehingga pada percobaan kali ini variasi dibatasi hanya pada arus 1.1 (B1), 1.6 (B2), 2.4 (B3) dan 2.9 Ampere (B4).

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Medan Magnet

Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Power (Watt)	Medan Magnet (Gauss)
1.1	2	2.2	250
1.5	2.5	3.75	280
1.6	2.5	4	280
1.8	3	5.4	290
2.4	4.5	10.8	310
2.6	5	13	320
2.9	5.5	15.95	330

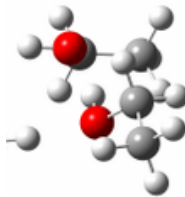
#### 4.2 Analisa pengaruh medan magnet pada ikatan Hidrokarbon dengan pengujian FTIR

Ethanol merupakan salah satu senyawa turunan dari alkana yang merupakan senyawa hidrokarbon yang tersusun dari atom karbon (C) dan hydrogen (H). Secara sederhana, ethanol tersusun dari hidrokarbon rantai lurus yaitu  $C_2$ . Dengan kata lain, ethanol terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon yang terikat antara satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai. Pada gambar 4.1 ditunjukkan bentuk molekular ethanol.



Gambar 4. 1Animasi struktur molekular ethanol ( $C_2H_5OH$ )

Molekul hidrokarbon cenderung untuk saling tertarik satu sama lain, membentuk molekul-molekul yang bergerombol (clustering), ikatan ini merupakan bentuk dari ikatan momen spin elektron berpasangan sebagai akibat ikatan C-H seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2Animasi molekul hidrokarbon yang bergerombol

Selain tertarik dan membentuk gerombolan, atom-atom molekul ikatan hidrokarbon selalu mengalami vibrasi (getaran atom dalam molekul). Jadi dari inilah dasar metode pengujian FTIR (fourier Transform infra red) dilakukan. Sehingga dapat diamati bentuk pola gugus serapan radiasi infra merah dari molekul tersebut dan juga dapat menjelaskan karakteristik dari molekular yang telah dimagnetisasi dengan variasi kuat medan magnet.

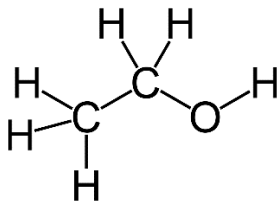
Spektrum inframerah dihasilkan dari pentrasmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian di plot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ) atau bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ).

Untuk pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium instrumentasi, jurusan kimia FMIPA-ITS dengan menggunakan beberapa sampel yakni:

1. *Sample* Bioethanol murni (tanpa pemberian medan magnet)
2. *Sample* Bioethanol dengan magnetisasi.

#### 4.2.1 Analisa Untuk *sample* Bioethanol (tanpa pemberian kuat medan magnet)

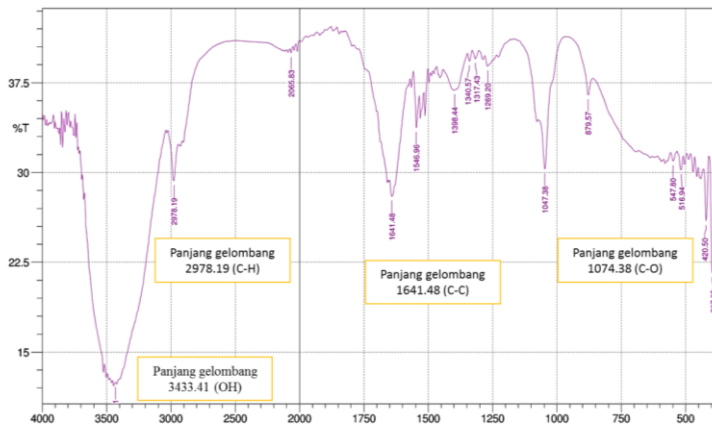
Bioethanol merupakan senyawa yang tersusun dari rantai hidrokarbon  $\text{C}_2$  sehingga hanya mampu membentuk susunan rantai lurus. Rumus kimia ethanol digambarkan pada gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Rumus kimia ethanol

Dari rumus tersebut kemungkinan–kemungkinan vibrasi yang dapat terjadi adalah uluran dan tekukan C–H dari gugus alkil atau alkana dan vibrasi dari gugus lain yang mungkin timbul. Dalam menganalisa spektrum inframerah dari sampel ethanol, pembahasan yang pertama lakukan adalah pada kerangka karbon. Karena ethanol tersusun atas rantai hidrokarbon sehingga dalam spektrum inframerah ethanol akan muncul berbagai macam penyerapan yang ditimbulkan oleh adanya ikatan karbon.

SHIMADZU



Gambar 4. 4 Grafik hasil pengujian FTIR untuk sampel Bioethanol E100 tanpa dimagnetisasi.

Gambar 4.4 merupakan Grafik hasil pengujian FTIR untuk *sample* Bioethanol E100 tanpa dimagnetisasi. Terdapat empat puncak utama yang menandakan bahwa *sample* yang diuji merupakan ethanol dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$ . Pada daerah frekuensi 3200 – 3600 terdapat puncak di panjang gelombang 3433.1. Menurut tabel 2.1 gugus senyawa yang terdapat pada puncak dengan frekuensi gelombang 3200 – 3600 merupakan senyawa ikatan O-H. Kemudian pada daerah frekuensi dibawah  $3000\text{ cm}^{-1}$  terdapat puncak pada panjang gelombang  $2978.18\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya ikatan senyawa CH alkana pada *sample* yang diuji .Pada daerah frekuensi ikatan karbon terdapat puncak di

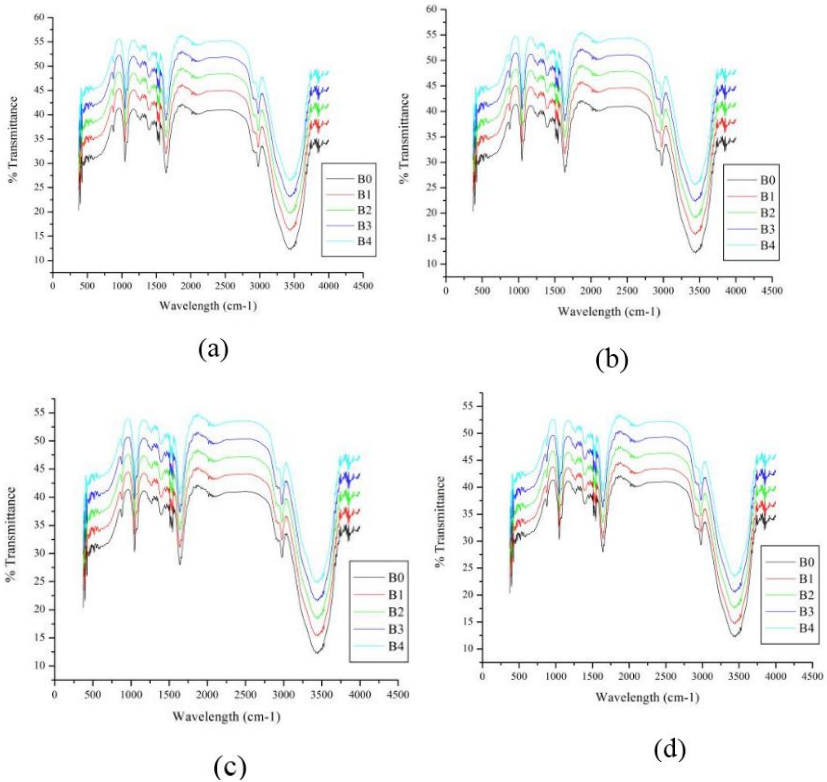
panjang gelombang  $1641.48 \text{ cm}^{-1}$ . Daerah puncak ini menandakan adanya ikatan karbon alkena. Selanjutnya puncak terlihat pada panjang gelombang  $1074.38 \text{ cm}^{-1}$  yang menandakan terdapatnya ikatan senyawa C-O.

Pada gambar 4.4 dapat diamati pula intensitas penyerapan puncak-puncak senyawa pada bahan bakar Bioethanol E100. Untuk senyawa C-H alkana intensitas penyerapan pada *sample* Bioethanol E 100 tanpa magnetisasi bernilai sebesar 29.309 %. Dan senyawa O-H dengan intensitas penyerapan 30.283%.

#### **4.2.2 Analisa Pengaruh Besarnya Medan Magnet pada Grafik Pengujian FTIR**

Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian FTIR bahan bakar Bioethanol E100 yang dikenai medan magnet. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil FTIR bahan bakar bioethanol E100 tanpa magnetisasi (B0) dengan bahan bakar yang diberikan medan magnet 250 gauss (B1), 280 gauss (B2), 310 gauss (B3) dan 330 gauss (B4). Pengujian dilakukan pada laju aliran bahan bakar sesuai dengan rpm mesin SINJAI 150cc.

Dari hasil pengujian terlihat bahwa pemberian medan magnet tidak mempengaruhi struktur senyawa penyusun Bioethanol E100. Pemberian medan magnet hanya mempengaruhi nilai %transmittance. Semakin besar nilai medan magnet yang dikenai ke bahan bakar maka semakin besar terjadi perubahan %transmittance. Pada laju aliran bahan bakar 8000 rpm masih terjadi perubahan daerah serapan untuk pemberian medan magnet sebesar 250 hingga 330 gauss. Perubahan harga serapan pada bahan bakar mengindikasikan terjadinya *de-clustering* senyawa dalam Bioethanol karena magnetisasi, yang mengubah kepolaran gugus fungsi senyawaan. Perubahan ini memungkinkan perubahan intensitas transmisi vibrasi gugus fungsi.



Gambar 4. 5 Hasil pengujian FTIR (a) pada putaran 2000 rpm (b) pada putaran 4000 rpm (c) pada putaran 6000 rpm (d) pada putaran 8000 rpm

Peningkatan kepolaran molekul dimungkinkan oleh perubahan densitas elektron pada daerah ikatan atom atau molekul, karena pengorientasian molekul atau ikatan polar saat magnetisasi. Perubahan ini mengarahkan pada peningkatan momen dipol ikatan. Hal ini mempunyai hubungan yang kuat dengan fenomena *de-clustering*, karena peningkatan momen dipol pada ikatan memungkinkan rangsangan penolakan antar molekul. Akhirnya distribusi molekul meningkat dan indeks refraksi Bioethanol

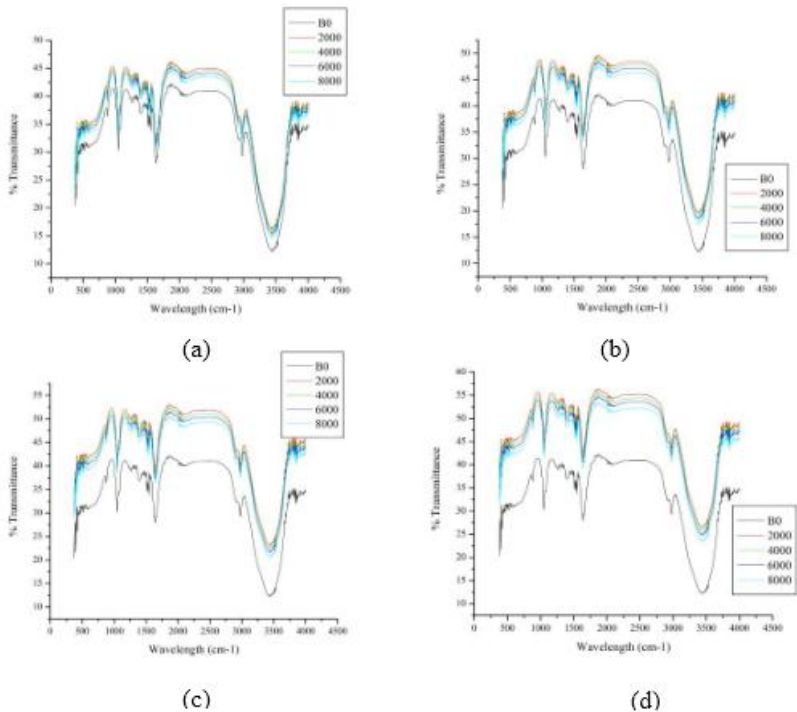


menjadi lebih tinggi dibandingkan sebelum magnetisasi. Perubahan harga serapan pada bahan bakar dapat mengindikasikan kemungkinan terjadinya perubahan pada nilai properties bahan bakar.

#### **4.2.3 Analisa Pengaruh Laju Aliran Bahan Bakar Terhadap Grafik Pengujian FTIR**

Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian FTIR bahan bakar Bioethanol E100 yang dikenai medan magnet pada laju aliran bahan bakar yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil FTIR bahan bakar bioethanol E100 tanpa magnetisasi (BO) dengan bahan bakar yang diberikan medan magnet pada laju aliran di putaran mesin SINJAI 150 cc pada rpm 2000, 4000, 6000 dan 8000. Pengujian dilakukan besarnya medan magnet yang ditimbulkan oleh kumparan yang dialiri arus listrik dari alternator mesin SINJAI 150cc.

Dari hasil pengujian terlihat bahwa semakin rendah laju aliran bahan bakar yang melewati medan magnet maka semakin besar terjadi perubahan %transmittance. Pada medan magnet terendah sebesar 250 gauss masih dapat mempengaruhi % transmittance bahan bakara dengan variasi laju aliran berdasarkan rpm engine. Perubahan harga serapan pada bahan bakar mengindikasikan terjadinya *de-clustering* senyawa dalam Bioethanol karena magnetisasi, yang mengubah kepolaran gugus fungsi senyawaan. Perubahan ini memungkinkan perubahan intensitas transmisi vibrasi gugus fungsi. Peningkatan kepolaran molekul dimungkinkan oleh perubahan densitas elektron pada daerah ikatan atom atau molekul, karena pengorientasian molekul atau ikatan polar saat magnetisasi. Perubahan ini mengarahkan pada peningkatan momen dipol ikatan yang memungkinkan rangsangan penolakan antar molekul. Akhirnya distribusi molekul meningkat dan indeks refraksi Bioethanol menjadi lebih tinggi dibandingkan sebelum magnetisasi. Perubahan harga serapan pada bahan bakar dapat mengindikasikan kemungkinan terjadinya perubahan pada nilai properties bahan bakar.

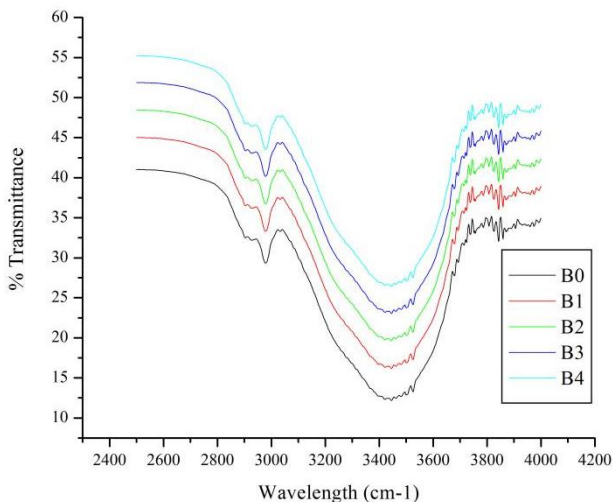


Gambar 4. 6 Hasil pengujian FTIR terhadap sample bahan bakar Bioethanol E 100 yang dikenai medan magnet (a) sebesar 250 gauss (b) 280 gauss (c) 310 gauss (d) pada 330 gauss

#### 4.2.4 Analisa Pengaruh Perubahan %transmittance senyawa C-H Alkana terhadap magnetisasi

Grafik 4.7 merupakan grafik hasil pengujian FTIR pada daerah panjang gelombang 2500-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Pada panjang gelombang 2978.16  $\text{cm}^{-1}$  terdapat puncak yang mengindikasikan adanya gugus senyawa C-H Alkana. Adanya magnetisasi pada bahan bakar menyebabkan terjadinya peningkatan nilai serapan. Hal ini dapat terlihat dari adanya peningkatan nilai %transmittance pada grafik 4.7. Pengujian bahan bakar tanpa adanya magnetisasi digambarkan oleh grafik B0. Kemudian

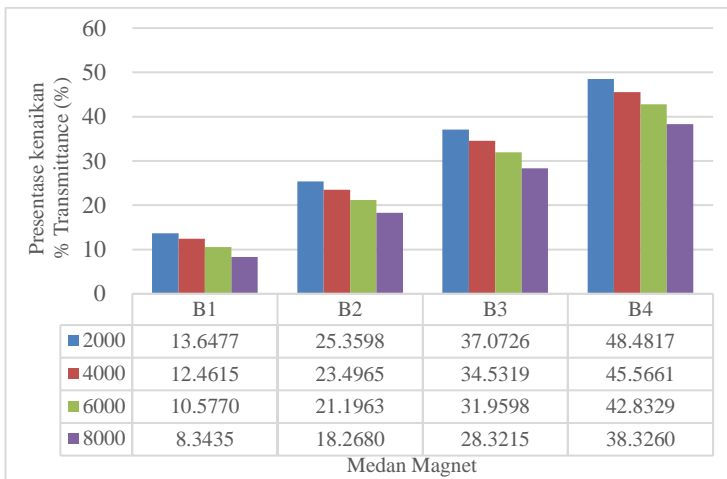
grafik B1 hingga B4 merupakan bahan bakar yang sebelumnya sudah dimagnetisasi dengan medan magnet sebesar 250, 280, 310 dan 330 gauss.



Gambar 4. 7 Pengaruh Magnetisasi Terhadap Kenaikan % Transmittance Senyawa C-H Alkana pada 2000 rpm

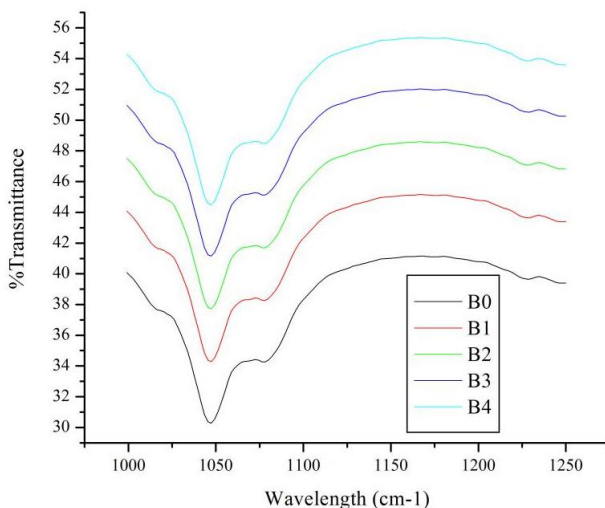
Dari grafik gambar 4.8 percobaan dapat dilihat nilai presentase kenaikan %transmittance akibat adanya magnetisasi terhadap kondisi standart. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa dengan variasi medan magnet yang sama di tiap rpm yang berbeda, perubahan nilai serapan cenderung mengalami penurunan seiring dengan semakin tingginya nilai rpm. Pada medan magnet B1 (250 gauss), nilai presentase kenaikan harga serapan C-H Alkana menurun seiring dengan peningkatan laju aliran bahan bakar melewati medan magnet. Pada 8000 rpm kenaikan presense nilai serapan hanya berkisar 8.34%, sedangkan pada putaran rendah yaitu 2000 rpm kenaikan %transmittance bahan bakar mencapai 13.65%. Hal ini disebabkan oleh perbedan waktu bahan bakar mengenai medan magnet. Semakin lama waktu magnetisasi maka kenaikan %transmittance semakin tinggi.

Pada senyawa C-H Alkana bahan bakar Bioethanol E100, pemberian medan magnet sebesar 330 gauss dapat menaikkan %transmittance senyawa hingga 48% dari kondisi standart. Peningkatan %transmittance ini dapat mengindikasikan adanya perbesaran jarak antara molekul sehingga dapat memperbesar momen dipol pada ikatan senyawa. Peningkatan momen dipol ini disebabkan oleh efek *declustering* pada senyawa hidrokarbon akibat dikenai induksi medan magnet.



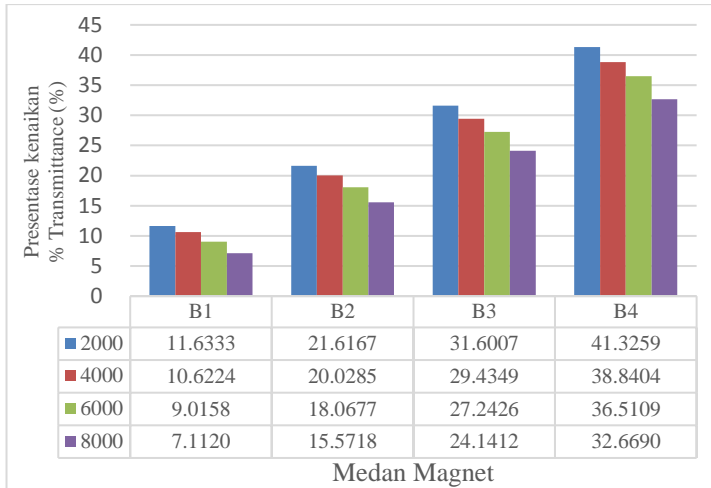
Gambar 4. 8 Grafik Kenaikan % Transmittance Senyawa C-H Alkana akibat magnetisasi terhadap kondisi standart (tanpa magnetisasi)

#### 4.2.5 Analisa Pengaruh Perubahan %transmittance senyawa C-O terhadap magnetisasi



Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Magnetisasi Terhadap Kenaikan % Transmittance Senyawa C-O pada 2000 rpm

Grafik 4.9 merupakan grafik hasil pengujian FTIR pada daerah panjang gelombang 1000-1250  $\text{cm}^{-1}$ . Pada panjang gelombang 1074.38 $\text{cm}^{-1}$  terdapat puncak yang mengindikasikan adanya gugus senyawa C-O. Adanya magnetisasi pada bahan bakar menyebabkan terjadinya peningkatan nilai serapan. Hal ini dapat terlihat dari adanya peningkatan nilai %transmittance pada grafik 4.9. Pengujian bahan bakar tanpa adanya magnetisasi digambarkan oleh grafik B0. Kemudian grafik B1 hingga B4 merupakan bahan bakar yang sebelumnya sudah dimagnetisasi dengan medan magnet sebesar 250, 280, 310 dan 330 gauss.

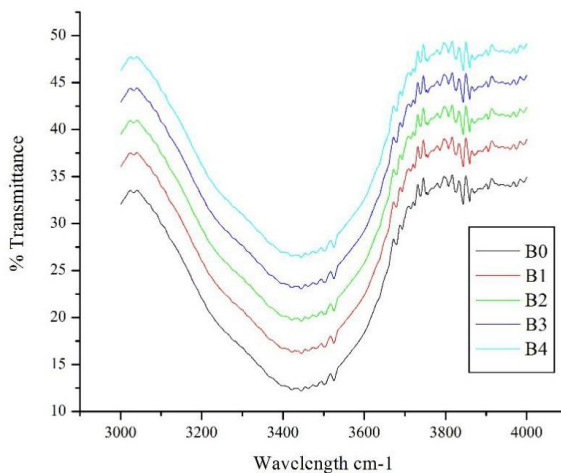


Gambar 4. 10 Grafik Kenaikan % Transmittance Senyawa C-O akibat magnetisasi terhadap kondisi standart (tanpa magnetisasi)

Pada medan magnet B1 (250 gauss), nilai presentase kenaikan harga serapan C-O menurun seiring dengan peningkatan laju aliran bahan bakar melewati medan magnet. Pada 8000 rpm kenaikan presense nilai serapan hanya berkisar 7.11%, sedangkan pada putaran rendah yaitu 2000 rpm kenaikan %transmittance bahan bakar mencapai 11.63%. Hal ini disebabkan oleh perbedaan waktu bahan bakar mengenai medan magnet. Semakin lama waktu magnetisasi maka kenaikan %transmittance semakin tinggi.

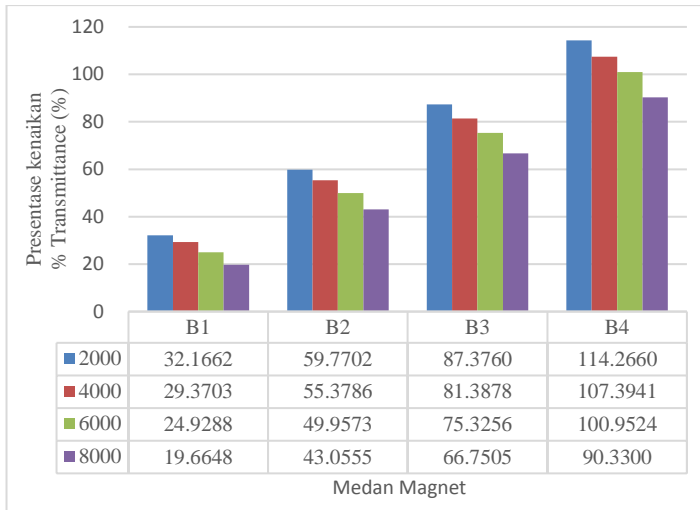
Pada senyawa C-O bahan bakar Bioethanol E100, pemberian medan magnet sebesar 330 gauss dapat menaikkan %transmittance senyawa hingga 41.33% dari kondisi standart. Peningkatan %transmittance ini dapat mengindikasikan adanya efek *declustering* pada senyawa akibat dikenai induksi medan magnet.

#### 4.2.6 Analisa Pengaruh Perubahan %transmittance senyawa O-H terhadap magnetisasi



Gambar 4. 11 Grafik Pengaruh Magnetisasi Terhadap Kenaikan % Transmittance Senyawa O-H pada 2000 rpm

Grafik 4.11 merupakan grafik hasil pengujian FTIR pada daerah panjang gelombang 3000-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Pada panjang gelombang  $3433.4\text{cm}^{-1}$  terdapat puncak yang mengindikasikan adanya gugus senyawa O-H. Adanya magnetisasi pada bahan bakar menyebabkan terjadinya peningkatan nilai serapan. Hal ini dapat terlihat dari adanya peningkatan nilai %transmittance pada grafik 4.11. Pengujian bahan bakar tanpa adanya magnetisasi digambarkan oleh grafik B0. Kemudian grafik B1 hingga B4 merupakan bahan bakar yang sebelumnya sudah dimagnetisasi dengan medan magnet sebesar 250, 280, 310 dan 330 gauss.



Gambar 4. 12 Grafik Kenaikan % Transmittance Senyawa O-H akibat magnetisasi terhadap kondisi standart (tanpa magnetisasi)

Dari grafik 4.12 percobaan dapat dilihat nilai presentase kenaikan %transmittance akibat adanya magnetisasi terhadap kondisi standart. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa dengan variasi medan magnet yang sama di tiap rpm yang berbeda, perubahan nilai serapan cenderung mengalami penurunan seiring dengan semakin tingginya nilai rpm. Pada medan magnet B1 (250 gauss), nilai presentase kenaikan harga serapan O-H menurun seiring dengan peningkatan laju aliran bahan bakar melewati medan magnet. Pada 8000 rpm kenaikan presense nilai serapan hanya berkisar 19.668%, sedangkan pada putaran rendah yaitu 2000 rpm kenaikan %transmittance senyawa O-H pada bahan bakar mencapai 32.16% dari kondisi standart. Hal ini disebabkan oleh perbedan waktu bahan bakar mengenai medan magnet. Semakin lama waktu magnetisasi maka kenaikan %transmittance semakin tinggi.

Pada senyawa O-H bahan bakar Bioethanol E100, pemberian medan magnet sebesar 330 gauss dapat menaikkan



%transmittance senyawa hingga 114.26% dari kondisi standart. Peningkatan %transmittance ini dapat mengindikasikan adanya efek *declustering* pada senyawa akibat dikenai induksi medan magnet.

### 4.3 Analisa Properties Bahan Bakar Akibat Pemberian Medan Magnet

#### 4.3.1 Contoh Perhitungan Properties Bahan Bakar

Pada pengujian properties yaitu densitas dan tegangan permukaan, data yang didapatkan bukanlah nilai properties langsung. Pada pengujian densitas, data yang didapatkan berupa massa bahan bakar dan volume bahan bakar. Sedangkan pada pengujian tegangan permukaan, data yang didapatkan berupa gaya pada saat cincin pertama kali menyentuh permukaan bahan bakar dan gaya pada saat keseluruhan cincin tenggelam ke dalam bahan bakar. Sehingga untuk mendapatkan nilai properties yang diinginkan, dilakukan perhitungan seperti contoh berikut:

- Densitas

Data yang didapatkan pada pengujian densitas berupa massa dan volume bahan bakar. Pada pengujian densitas dengan pemberian medan magnet sebesar 250 gauss didapatkan data berupa massa bahan bakar ( $m$ ) = 63 gram dengan volume ( $V$ ) = 98 ml. Dari data tersebut dapat dihitung besarnya densitas bahan dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ &= \frac{63 \text{ gram}}{98 \text{ ml}} \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ gram}} \cdot \frac{1 \text{ ml}}{10^{-6} \text{ m}^3} \\ &= 642.857 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- Tegangan Permukaan

Data yang didapatkan pada pengujian tegangan permukaan berupa gaya pada saat cincin pertama kali menyentuh permukaan bahan bakar dan gaya pada saat keseluruhan cincin

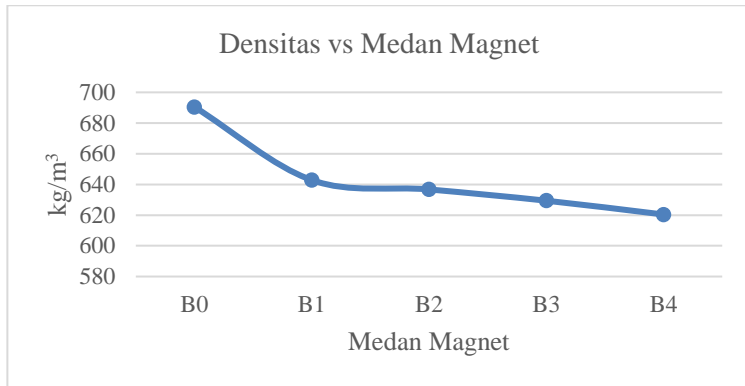
tenggelam ke dalam bahan bakar. Pada pengujian tegangan permukaan dengan pemberian medan magnet sebesar 250 gauss didapatkan data berupa gaya pada cincin saat menyentuh permukaan bahan bakar ( $F_2$ ) = 50.35 mN dan gaya pada saat cincin tenggelam sepenuhnya kedalam bahan bakar ( $F_1$ ) = 43 mN. Cincin yang digunakan memiliki dimensi berupa diameter luar ( $d_1$ ) = 59.13 mm dan diameter dalam ( $d_2$ ) = 57.81 mm. Dari data tersebut dapat dihitung besarnya tegangan permukaan bahan dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{(F_2 - F_1)}{3.14 \cdot (d_1 + d_2)} \\ &= \frac{(50.35 - 43) \text{ mN}}{3.14 \cdot (59.13 + 57.81) \text{ mm}} \cdot \frac{1 \text{ mm}}{10^{-3} \text{ m}} \\ &= 20.016 \text{ mN/m}\end{aligned}$$

#### 4.3.2 Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap Densitas Bioethanol

Berdasarkan hasil pengujian densitas yang dilakukan, terlihat bahwa aliran bahan bakar yang melewati medan magnet mengalami penurunan nilai densitas. Hal ini ditunjukkan pada grafik 4.13 yang cenderung menurun seiring dengan pemberian medan magnet yang lebih besar. Pada mulanya bahan bakar Bioethanol E 100 yang bertemperature 70°C (B0) memiliki nilai densitas sebesar 690.47 kg/m<sup>3</sup>. Selanjutnya densitas bahan bakar mulai menurun seiring penambahan besarnya medan magnet. Pada saat dikenai medan magnet sebesar 250 gauss (B1) nilai densitas menjadi 642.857 kg/m<sup>3</sup>. Saat dikenai medan magnet sebesar 280 gauss (B2) nilai densitas menjadi 636.734 kg/m<sup>3</sup>. Kemudian pada saat dikenai medan magnet sebesar 310 gauss (B3) nilai densitas berubah menjadi 629.411 kg/m<sup>3</sup>. Trendline ini terus berlanjut hingga pemberian medan magnet sebesar 330 gauss (B4)

sehingga menyebabkan densitas bahan bakar Bioethanol menjadi  $620.408 \text{ kg/m}^3$ .

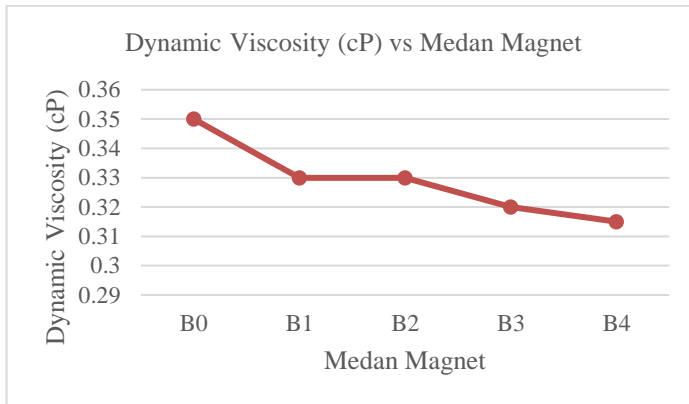


Gambar 4. 13 Grafik Pengaruh Besarnya Medan Magnet terhadap Nilai Densitas Bahan Bakar Bioethanol E100

Pada saat pertama kali diberikan medan magnet, bahan bakar Bioethanol E 100 cenderung mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena adanya proses *de-clustering* pada molekul bahan bakar Bioethanol E100. Sehingga jarak molekul hidrokarbon yang merenggang dan menyebabkan terjadinya peningkatan volume bahan bakar pada kondisi massa bahan bakar yang konstan. Seiring dengan penambahan besarnya medan magnet yang diberikan pada aliran bahan bakar nilai densitas pun semakin menurun. Namun, penurunan densitas tidak terjadi terlalu signifikan akibat perbedaan besarnya medan magnet yang satu dengan yang lain tidak terlalu jauh.

Berdasarkan grafik 4.13 dapat diketahui bahwa semakin besar medan magnet yang diberikan pada aliran bahan bakar, dapat menurunkan nilai densitas dari bahan bakar Bioethanol E100. Hal ini dapat menjelaskan penelitian sebelumnya yang menjelaskan tentang adanya peningkatan nilai AFR bahan bakar setelah diberikan medan magnet yang berpengaruh pada unjuk kerja *engine*.

### 4.3.3 Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap Viscositas Bioethanol



Gambar 4. 14 Grafik Pengaruh Besarnya Medan Magnet terhadap Nilai Viscositas Bahan Bakar Bioethanol E100

Berdasarkan hasil pengujian densitas yang dilakukan, terlihat bahwa aliran bahan bakar yang melewati medan magnet cenderung mengalami penurunan nilai viscositas dynamic. Hal ini ditunjukkan pada grafik 4.14 yang cenderung menurun seiring dengan pemberian medan magnet yang lebih besar. Pada mulanya bahan bakar Bioethanol E 100 yang bertemperatur  $70^{\circ}\text{C}$  (B0) memiliki nilai viscositas sebesar 0.35 cP. Selanjutnya viscositas bahan bakar mulai menurun saat diberikan medan magnet. Pada saat dikenai medan magnet sebesar 250 gauss (B1) dan 280 gauss (B2) nilai viscositas menjadi 0.33 cP. Kemudian pada saat pemberian medan magnet sebesar 300 gauss (B3) dan 330 gauss (B4) viscositas bahan bakar Bioethanol E 100 menjadi 0.32 cP dan 0.315 cP.

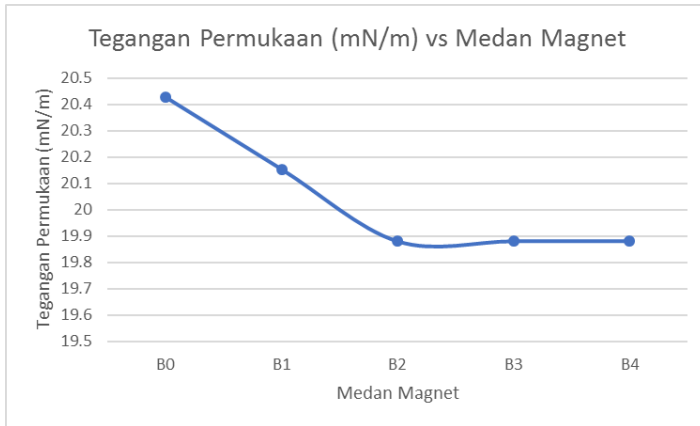
Pada saat aliran bahan bakar diberikan medan magnet, bahan bakar Bioethanol E 100 cenderung mengalami penurunan nilai viscositas. Perubahan viskositas bahan bakar memiliki hubungan yang kuat terhadap efek *de-clustering* yang disebabkan oleh peningkatan kepolaran molekul saat magnetisasi. Perubahan

kepolaran tersebut meningkatkan tolakan antar molekul yang menurunkan kekentalan Bioethanol. Hal ini didukung dengan adanya pengujian FTIR yaitu ditandai dengan terjadinya peningkatan harga serapan yang mengindikasikan proses *de-clustering*.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai viscositas turun seiring dengan pemberian medan magnet pada bahan bakar. Namun pada pemberian medan magnet sebesar B1, B2 viscositas bahan bakar menunjukkan nilai yang sama pada 0.33 cP. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat nilai minimum pemberian medan magnet sehingga bahan bakar mengalami penurunan viscositas.

#### **4.3.4 Analisa Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap Nilai Tegangan Permukaan Bioethanol**

Grafik 4.15 merupakan grafik pengaruh nilai tegangan permukaan bahan bakar akibat dikenai medan magnet. Nilai tegangan permukaan bahan bakar bioethanol cenderung turun seiring dengan bertambah besarnya medan magnet yang dikenai aliran bahan bakar. Pada kondisi standart atau tanpa magnetisasi (B0) bahan bakar bioethanol bertemperatur 70°C memiliki nilai tegangan permukaan sebesar 20.425 mN/m. Setelah dikenai medan magnet sebesar 250 gauss (B1), bahan bakar mengalami penurunan nilai tegangan permukaan menjadi 20.016 mN/m. Kemudian saat dikenai medan magnet sebesar 280, 310 dan 330 gauss tegangan permukaan mengalami penurunan menjadi 19.88 mN/m.



Gambar 4. 15 Grafik Pengaruh Besarnya Medan Magnet terhadap Nilai Tegangan Permukaan Bahan Bakar Bioethanol E100

Pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar menyebabkan nilai tegangan permukaan cenderung menurun. Penurunan nilai tegangan permukaan ini disebabkan oleh fenomena *de-clustering* pada bahan bakar akibat dikenai medan magnet. Fenomena *de-clustering* bahan bakar menyebabkan getaran dan gaya tarik menarik antar molekul hydrogen melemah. Pelemahan daya tarik molekul hidrokarbon inilah yang menyebabkan nilai tegangan permukaan zat cenderung menurun.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai tegangan permukaan turun seiring dengan pemberian medan magnet pada bahan bakar. Namun, pada pemberian medan magnet sebesar B2, B3 dan B4 tidak terjadi penurunan nilai tegangan permukaan bahan bakar. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat nilai minimum pemberian medan magnet sehingga bahan bakar mengalami penurunan nilai tegangan permukaan.

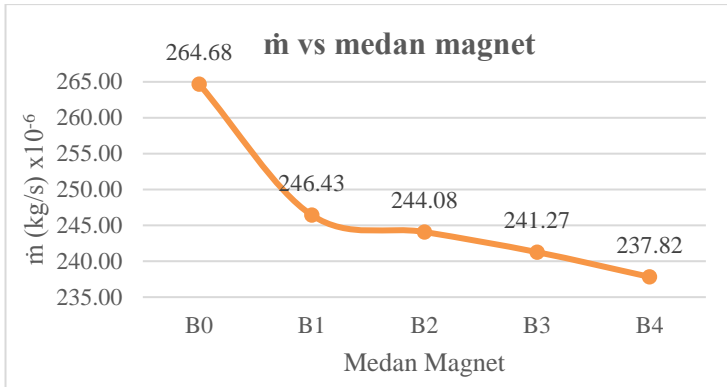
#### 4.4 Contoh Perhitungan dan Analisa Pengaruh Medan Magnet Terhadap Laju Aliran Massa Bahan Bakar Bioethanol E100

Laju aliran massa bahan bakar merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi performa dari *injector* satu dengan lainnya. Laju aliran massa bahan bakar sendiri dipengaruhi oleh volume bahan bakar yang keluar dari *injector* per satuan waktu dan nilai densitas bahan bakar.

Pada putaran 2000 rpm dengan pemberian medan magnet sebesar 250 gauss didapatkan data besarnya volume bahan bakar yang disemprotkan *injector* ( $V$ ) = 17 ml, dalam waktu ( $t$ ) = 43 second. Dari hasil pengujian properties bahan bakar Bioethanol E100 didapatkan nilai densitas bahan bakara Bioethanol E100 pada pemberian medan magnet sebesar 250 gauss ( $\rho$ ) yaitu 642.587 kg/m<sup>3</sup>. Sehingga dari data tersebut dapat diketahui besarnya laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) dengan persamaan :

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{V}{t} \cdot \rho \\ &= \frac{17 \text{ ml}}{43 \text{ s}} \cdot \frac{10^{-7} \text{ m}^3}{\text{ml}} \cdot 642.587 \text{ kg/m}^3 \\ &= 246.63 \times 10^{-6} \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Dari hasil percobaan diketahui bahwa volume bahan bakar yang disemprotkan oleh *injector* pada putaran mesin 2000, 4000, 6000 dan 8000 bernilai sama dengan adanya magnetisasi maupun kondisi standart (Hasil data pengujian terlampir). Akibat perubahan properties bahan bakar yaitu densitas, maka trendline perubahan laju aliran bahan bakar mengikuti trendline perubahan nilai densitas akibat diberikan medan magnet.



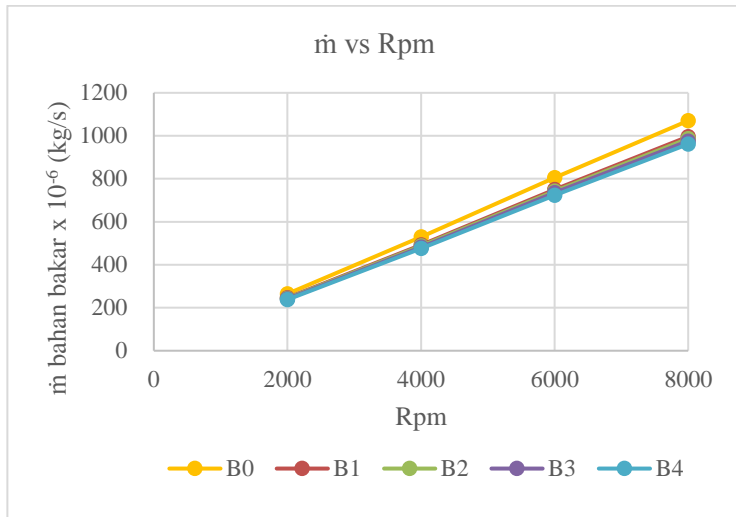
Gambar 4. 16 Grafik Pengaruh Medan Magnet Terhadap Perubahan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Bioethanol E100 pada 2000 rpm.

Grafik 4.16 merupakan grafik pengaruh medan magnet terhadap perubahan laju aliran massa bahan bakar Bioethanol E100 pada 2000 rpm. Dari grafik dapat diketahui bahwa pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar dapat menyebabkan terjadinya penurunan laju aliran massa bahan bakar. Penurunan laju aliran massa bahan bakar terjadi secara signifikan dari B0 (keadaan standart) ke B1 (diberikan medan magnet sebesar 250 gauss). Seiring dengan penambahan kuat medan magnet yang diberikan, terjadi penurunan laju aliran massa pada bahan bakar Bioethanol E100.

Grafik 4.17 merupakan grafik pengaruh medan magnet terhadap perubahan laju aliran massa bahan bakar Bioethanol E100 pada 2000 rpm hingga 8000 rpm. Dari grafik dapat diketahui bahwa pemberian medan magnet pada aliran bahan bakar dapat menyebabkan terjadinya penurunan laju aliran massa bahan bakar pada rpm 2000 hingga 8000. Penurunan laju aliran massa bahan bakar terjadi secara signifikan dari B0 (keadaan standart) ke B1 (diberikan medan magnet sebesar 250 gauss). Seiring dengan penambahan kuat medan magnet yang diberikan,



terjadi penurunan laju aliran massa pada bahan bakar Bioethanol E100. Namun, akibat dari perbedaan nilai medan magnet yang tidak terlalu signifikan maka grafik aliran massa bahan bakar cenderung berhimpit.



Gambar 4. 17 Grafik Pengaruh medan magnet terhadap perubahan laju aliran massa bahan bakar Bioethanol E100 pada 2000 rpm hingga 8000 rpm.

#### 4.5 Analisa Pengaruh Medan Magnet terhadap Karakteristik Semprotan Injector.

Karakteristik injector dapat diamati melalui Satur Mean Diameter (SMD), panjang penetrasi dan sudut semprotan. Panjang penetrasi dan sudut semprotan bahan bakar pada injector dapat dilakukan dengan mengamati visualisasi semprotan bahan bakar secara actual. Sedangkan untuk mengetahui nilai Satur Mean Diameter bahan bakar keluaran injector dapat dilakukan dengan pendekatan menggunakan persamaan 2.5. Dalam perhitungan nilai Satur Mean Diameter (SMD) dibutuhkan data berupa Properties Bahan Bakar yakni densitas dan viscositas. Selain itu

dibutuhkan pula kecepatan semprotan bahan bakar keluaran dari injector.

#### 4.5.1 Contoh Perhitungan SMD

- Perhitungan Kecepatan bahan bakar keluar dari Injector

Injector yang digunakan pada pengujian memiliki diameter lubang sebesar 0.2 mm. Injector yang digunakan merupakan injector dengan empat buah lubang. Sehingga nilai laju aliran massa bahan bakar menjadi :

$$\dot{m} = \frac{1}{4} \cdot \dot{m}_t$$

$$\dot{m} = \frac{1}{4} \cdot 265 \times 10^{-6} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m} = 66.5 \times 10^{-6}$$

Berdasarkan hasil perhitungan laju aliran massa bahan bakar, kecepatan bahan bakar meninggalkan injector dapat diketahui dengan persamaan :

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A$$

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v = \frac{66.5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s}}{690.47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot (0.1^2) \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$v = 3.05 \text{ m/s}$$

- Perhitungan *Weber Number*

Setelah didapatkan kecepatan aliran bahan bakar keluar dari injector dapat dilakukan perhitungan *Weber Number* dengan persamaan:

$$We = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot d}{\sigma}$$

$$We = \frac{690.47 \frac{kg}{m^3} \cdot (3.05 \frac{m}{s})^2 \cdot 0.2 \cdot 10^{-3} m}{20.425 \frac{mN}{m}}$$

$$We = 62.977$$

- Perhitungan *Reynolds Number*

Untuk mendapatkan nilai SMD diperlukan perhitungan Reynold Number dari properties bahan bakar yang telah diketahui. Nilai Reynold Number didapatkan dengan persamaan:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot do}{\mu}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

$$Re = \frac{690.47 \frac{kg}{m^3} \cdot (3.05 \frac{m}{s}) \cdot 0.2 \cdot 10^{-3} m}{35 \cdot 10^{-5} Pa \cdot s}$$

$$Re = 1204.2$$

- Perhitungan *SMD*

Pada pengujian karakteristik semprotan injector, bahan bakar disemprotkan ke udara 1 atm bertemperature kamar. Dengan mengasumsikan temperature udara sebesar 27 °C, didapatkan nilai viscositas dynamic udara ( $\mu_g$ ) = 0.00001846 Pa.s dan

densitas udara ( $\rho_g$ )= 1.1614 kg/m<sup>3</sup>. Sehingga nilai SMD dapat diketahui dengan persamaan :

$$SMD = 4.12d_{nozz} Re^{0.12} We^{-0.75} \left( \frac{\mu_f}{\mu_g} \right)^{0.54} \left( \frac{\rho_f}{\rho_g} \right)^{0.18}$$

$$SMD = 4.12 \times 0.2 \cdot 10^{-3} m \cdot (1204.2)^{0.12} \cdot (62.977)^{-0.75} \left( \frac{35 \times 10^{-5}}{18.46 \times 10^{-6}} \right)^{0.54} \left( \frac{690.47}{1.1614} \right)^{0.18}$$

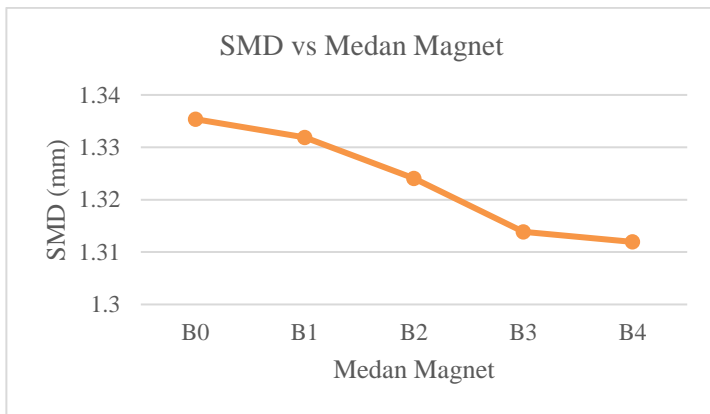
$$SMD = 1.335 mm$$

#### 4.5.2 Analisa Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap nilai SMD

Berdasarkan hasil pengujian SMD yang dilakukan, terlihat bahwa aliran bahan bakar yang melewati medan magnet cenderung mengalami penurunan nilai SMD. Hal ini ditunjukkan pada grafik 4.18 yang cenderung menurun seiring dengan pemberian medan magnet yang lebih besar. Pada mulanya bahan bakar Bioethanol E 100 yang bertemperatur 70°C (B0) memiliki nilai SMD sebesar 1.335 mm . Selanjutnya nilai SMD bahan bakar mulai menurun saat diberikan medan magnet. Pada saat dikenai medan magnet sebesar 250 gauss (B1), 280 gauss (B2) dan 310 gauss (B3) nilai SMD menjadi 1.331 mm, 1.324 dan 1.314 mm. Kemudian pada saat pemberian medan magnet sebesar 330 gauss (B4) SMD bahan bakar Bioethanol E 100 menjadi 1.312 mm.

Pada saat aliran bahan bakar diberikan medan magnet, bahan bakar Bioethanol E 100 cenderung mengalami penurunan nilai densitas, viscositas dan tegangan permukaan. Hal inilah yang menyebabkan nilai SMD mengalami penurunan seiring dengan pertambahan nilai induksi medan magnet. Berdasarkan persamaan 2.5, nilai SMD dipengaruhi oleh bilangan Reynolds dan Weber. Bilangan Reynolds dan Weber sendiri dipengaruhi oleh perbandingan nilai densitas dengan tegangan permukaan dan

viscositas. Seiring dengan pemberian induksi medan magnet, bahan bakar bioethanol mengalami penurunan nilai densitas yang diikuti dengan penurunan nilai tegangan permukaan dan viscositas. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai SMD. Penurunan nilai SMD dapat mengindikasikan adanya perbaikan atomisasi bahan bakar pada saat bercampur dengan udara. Sehingga dapat menyebabkan pembakaran lebih sempurna pada aplikasi dalam ruang bakar.

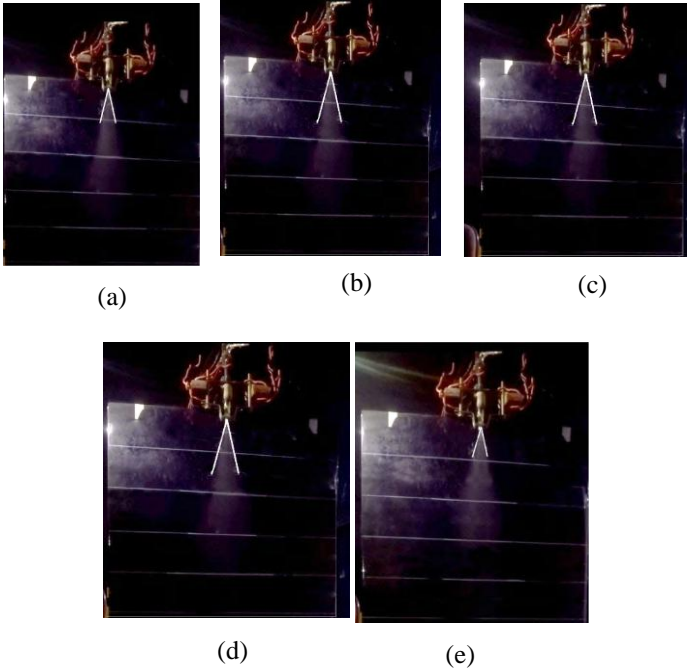


Gambar 4. 18 Grafik Pengaruh Medan Magnet terhadap Perubahan Nilai SMD pada Bahan Bakar Bioethanol E100

#### 4.5.2 Analisa Pengaruh Pemberian Medan Magnet Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Sudut Semprotan dan Panjang Penetrasi Keluaran *Injector*

Pada gambar 4.17 terlihat visualisasi semprotan bahan bakar pada perlakuan magnetisasi yang berbeda. Pada saat tanpa magnetisasi terlihat bahwa semprotan bahan bakar membentuk sudut  $26^{\circ}$  dengan panjang penetrasi sekitar 13 cm. Setelah diberikan medan magnet, gambar 4.7 b,c dan d sudut semprotan mengalami peningkatan sudut menjadi  $27.3^{\circ}$ . Peningkatan sudut semprotan ini tidak diikuti dengan perubahan panjang penetrasi. Dan pada saat diberikan medan magnet B4, terjadi

peningkatan sudut semprotan menjadi 28. Namun, tetap tidak terjadi perubahan panjang penetrasi akibat induksi medan magnet.



Gambar 4.19 Visualisasi Semprotan Bahan bakar a) tanpa magnetisasi, (b) magnetisasi oleh B1 (c) magnetisasi oleh B2 (d) magnetisasi oleh B3 dan (e) magnetisasi oleh B4

Pada saat aliran bahan bakar diberikan medan magnet, bahan bakar bioethanol cenderung untuk mengalami penurunan nilai properties akibat fenomena *de-clustering*. Penurunan nilai properties inilah yang menyebabkan adanya perbedaan sudut semprotan. Properties bahan bakar yang sangat mempengaruhi perubahan sudut semprotan adalah nilai viscositas. Dari hasil pengujian pemberian medan magnet pada bahan bakar akan

menurunkan nilai viscositas. Hal ini lah yang menyebabkan distribusi keluaran bahan bakar dari injector lebih luas dan mempengaruhi ukuran sudut semprotan. Namun, penurunan ini tidak seiring dengan penambahan sudut semprotan. Hal ini mengindikasikan adanya nilai viscositas tertentu sehingga berpengaruh dengan adanya perubahan sudut semprotan. Nilai SMD juga berpengaruh terhadap sudut semprotan keluaran injector. Dari hasil visulisasi dapat diketahui bahwa peningkatan sudut semprotan akibat adanya perubahan nilai ukuran droplet bahan bakar. Akibat ukuran droplet bahan bakar yang mngecil maka bahan bakar yang terkena kontak langsung dengan udara bebas mudah menguap dan beraksi dengan udara sehingga menimbulkan kabut pada semprotan bahan bakar.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data dan analisa yang telah dilakukan, didapatkan beberapa poin penting dari eksperimen ini yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terjadi peningkatan %transmittance bahan bakar bioethanol setelah diberikan aliran medan magnet yang berasal dari induksi kumparan berarus listrik keluaran dari alternator. Pada senyawa C-H, persentase peningkatan nilai %transmittance hingga 48.48% akibat dimagnetisasi dengan medan magnet sebesar 330 gauss. Dan untuk senyawa C-O terjadi persentase peningkatan nilai %transmittance hingga 41.33%. Sedangkan untuk senyawa O-H sebesar 114% dari kondisi standart.
2. Laju aliran bahan bakar melewati medan magnet mempengaruhi peningkatan % transmittance. Semakin cepat aliran bahan bakar melewati medan magnet maka semakin kecil kenaikan %transmittance bahan bakar. Perbedaan persentase kenaikan % transmittance pada senyawa bahan bakar akibat perbedaan laju aliran bahan bakar mencapai 8.6% pada 2000 rpm dan 8000 rpm.
3. a. Pemberian medan magnet pada bahan bakar bioethanol mempengaruhi nilai properties bahan bakar. Densitas, Tegangan Permukaan dan Viscositas cenderung mengalami penurunan seiring dengan besarnya medan magnet yang dikenai bahan bakar. Akibat magnetisasi 330 gauss nilai densitas, tegangan permukaan dan viscositas mengalami penurunan menjadi  $620.41\text{kg/m}^3$ , 19.88 mN/m dan 0.315 cP.  
b. Pemberian medan magnet pada bahan bakar yang melewati injector mengakibatkan laju aliran massa bahan bakar menurun seiring dengan penurunan nilai densitas akibat magnetisasi.

4. a. Pemberian medan magnet pada bahan bakar di injector dapat menurunkan nilai SMD (Sauter Mean Diameter) semprotan bahan bakar hingga menjadi 1.312 mm.
- b. Pemberian medan magnet 250-310 gauss pada bahan bakar dapat memperbesar sudut semprotan pada keluaran bahan bakar bioethanol dari injector hingga  $2^\circ$ . Namun, pemberian induksi medan magnet tidak mempengaruhi panjang penetrasi semprotan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Melakukan pengujian dengan menggunakan medan magnet yang lebih besar namun masih mencukupi dari sumber arus listrik alternator sehingga didapatkan nilai terbaik untuk medan magnet pada bahan bakar Bioethanol
2. Melakukan pengujian dengan menggunakan medan magnet yang dipasang di dalam pipa bahan bakar sehingga didapati pengaruh medan magnet yang maksimal terhadap bahan bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sekretaris Jendral Dewan Energi Nasional, 2016. *Outlook Energi 2016*. Kementerian ESDM.
- [2] Elfasakhany A. 201, *Investigations on the effects of ethanolemethanolegasoline blends in a spark-ignition engine: Performance and emissions analysis Engineering Science and Technology*, an International Journal
- [3] Sucipto, 2014, Medan Magnet, Kementerian Pendidikan Nasional, dilihat 1 Oktober 2017 <<http://belajar.kemdiknas.go.id>>
- [4] Chalid, M, saksono, N, Adiwari & Darsono, N. 2005. *Studi Pengaruh Magnetisasi Dipol Terhadap Karakteristik Kerosin, Makara Teknologi*, Vol.8 no1
- [5] Fernandez, benny R. 2011. *Spektroskopi Infra Merah (FT-IR) dan Sinar Tampak (UV- Vis)*, Program Studi Kimia, Pasca Sarjana Universitas Andalas, Padang.
- [6] Prasetya, A, B. 2007. *Pengaruh Penambahan Single Medan Magnet Arah Radial Terhadap Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 langkah*, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [7] Jan Roskam. 2002. *Airplane Design*. DAR Corp
- [8] Lindh, Björn-Eric. 1992. *Scania fordonshistoria*. Streiffert.
- [9] Ferguson, Collin R. 1986. *Internal Combustion Engines: Applied Thermosciences*. John Wiley & Sons.
- [10] Richard Stone. 1999. *Introduction Internal Combustion Engines. Society of Automotive Engineers*, Inc.
- [11] Kawano, D. Sungkono. 2013. *Motor Bakar Torak (Bensin)*. ITS Press, Surabaya 2013
- [12] Gao J, Jiang DM, Huang ZH, Wei Q, 2005. *Characteristics of nonevaporating free sprays of a high-pressure swirl injector under various ambient and injection pressures*. Energy Fuel 2005;19(5):1906–10.

- [13] W. Min Ren, H. Sayar. 2001. *Influence of Nozzle Geometry on Spray Atomization and Shape for Port Fuel Injector* , SAE Technical Paper, No. 01-0608
- [14] Hamdani . 2016. *Studi Eksperimental Variasi Kuat Medan Magnet Induksi Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Mesin Sinjai 2 Silinder 650 Cc (Mapping Sumber Tegangan)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [15] Firmansyah. 2016. *Pengaruh Pemberian Induksi Medan Magnet Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Penyerapan Rasiasi Infra Merah Molekul Hidrokarbon Dan Unjuk Kerja Mesin Sinjai 650 Cc 2 Silinder (Studi Kasus : Sumber Tegangan Alternator)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [16] Faris Ali. 2012. *Effect of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emission in Two-Stroke Engine*. Aliraqia University. Iraq

## LAMPIRAN

Tabel A1 Pengaruh Perubahan nilai % Transmittance Senyawa C-H pada pengujian FTIR Akibat Magnetisasi

RPM	% Transmittance				
	B0	B1	B2	B3	B4
2000	29.3089	33.3089	36.7415	40.1744	43.5183
4000	29.3089	32.9612	36.1954	39.4298	42.6638
6000	29.3089	32.4089	35.5213	38.6759	41.8627
8000	29.3089	31.7543	34.6630	37.6096	40.5418

Tabel A2 Presentase Kenaikan nilai % Transmittance Senyawa C-H pada pengujian FTIR Akibat Magnetisasi

RPM	Persentase Kenaikan %Transmittance			
	B1	B2	B3	B4
2000	13.6477	25.3598	37.0726	48.4817
4000	12.4615	23.4965	34.5319	45.5661
6000	10.5770	21.1963	31.9598	42.8329
8000	8.3435	18.2680	28.3215	38.3260

Tabel A3 Pengaruh Perubahan nilai % Transmittance Senyawa C-O pada pengujian FTIR Akibat Magnetisasi

RPM	% Transmittance				
	B0	B1	B2	B3	B4
2000	34.3840	38.3840	41.8167	45.2496	48.5935
4000	34.3840	38.0364	41.2706	44.5049	47.7389
6000	34.3840	37.4840	40.5964	43.7511	46.9379
8000	34.3840	36.8294	39.7382	42.6847	45.6169

Tabel A4 Presentase Kenaikan nilai % Transmittance Senyawa C-O pada pengujian FTIR Akibat Magnetisasi

RPM	Persentase Kenaikan % Transmittance			
	B1	B2	B3	B4
2000	11.6333	21.6167	31.6007	41.3259
4000	10.6224	20.0285	29.4349	38.8404
6000	9.0158	18.0677	27.2426	36.5109
8000	7.1120	15.5718	24.1412	32.6690

Tabel A5 Pengaruh Perubahan nilai % Transmittance Senyawa O-H pada pengujian FTIR Akibat Magnetisasi

RPM	% Transmittance				
	B0	B1	B2	B3	B4
2000	12.4354	16.4354	19.8681	23.3010	26.6449
4000	12.4354	16.0877	19.3220	22.5563	25.7903
6000	12.4354	15.5354	18.6478	21.8025	24.9893
8000	12.4354	14.8808	17.7895	20.7361	23.6683

Tabel A6 Presentase Kenaikan nilai % Transmittance Senyawa O-H pada pengujian FTIR Akibat Magnetisasi

RPM	Persentase Kenaikan % Transmittance			
	B1	B2	B3	B4
2000	32.1662	59.7702	87.3760	114.2660
4000	29.3703	55.3786	81.3878	107.3941
6000	24.9288	49.9573	75.3256	100.9524
8000	19.6648	43.0555	66.7505	90.3300

Tabel A7 Data Perhitungan Densitas

Medan Magnet (gauss)	Gauss	Volume (ml)	Massa (gram)	Densitas (gram/ml)
B0	0	42	29	0.6904
B1	250	98	63	0.6428
B2	280	98	62.4	0.6367
B3	310	102	64.2	0.6294
B4	330	98	60.8	0.6204

Tabel A8 Data Pengujian Viskositas

Medan Magnet	Gauss	Viskositas (cP)
B0	0	0.35
B1	250	0.33
B2	280	0.33
B3	310	0.32
B4	330	0.315

Tabel A9 Data Perhitungan Nilai Tegangan Permukaan

Medan Magnet (gauss)	F1 (mN)	F2 (mN)	$\Delta F$	d1	d2	Tegangan Permukaan (mN/m)
0	42	49.5	7.5	59.13	57.81	20.4253
250	43	50.35	7.35	59.13	57.81	20.0167
280	42	49.3	7.3	59.13	57.81	19.8806
310	42	49.3	7.3	59.13	57.81	19.8806
330	42	49.3	7.3	59.13	57.81	19.8806

Tabel A 10 Data Perhitungan Laju Aliran Massa

rpm	Medan Magnet (gauss)	Arus (Ampere)	Medan Magnet (gauss)	waktu (s)	Volume (ml)	densitas (ml/gram)	laju aliran bb (kg/s) x10 <sup>-6</sup>
2000	B0	x	0	60	23	0.6905	264.68
	B1	1.1	250	60	23	0.6429	246.43
	B2	1.6	280	60	23	0.6367	244.08
	B3	2.4	310	60	23	0.6294	241.27
4000	B4	2.9	330	60	23	0.6204	237.82
	B0	x	0	60	46	0.6905	529.37
	B1	1.1	250	60	46	0.6429	492.86
	B2	1.6	280	60	46	0.6367	488.16
6000	B3	2.4	310	60	46	0.6294	482.55
	B4	2.9	330	60	46	0.6204	475.65
	B0	x	0	60	70	0.6905	805.56
	B1	1.1	250	60	70	0.6429	750.00
8000	B2	1.6	280	60	70	0.6367	742.86
	B3	2.4	310	60	70	0.6294	734.31
	B4	2.9	330	60	70	0.6204	723.81
	B0	x	0	60	93	0.6905	1070.24
8000	B1	1.1	250	60	93	0.6429	996.43
	B2	1.6	280	60	93	0.6367	986.94
	B3	2.4	310	60	93	0.6294	975.59
	B4	2.9	330	60	93	0.6204	961.63



Tabel A11 Data Perhitungan Laju Aliran Massa

Medan Magnet	Gauss	Luasan lubang semprotan (m <sup>2</sup> )	Kecepatan aliran (m/s)	We	Re	Dynamic Viscosity udara (T=27)(Pa.s)	Densitas udara T= 27 (kg/m <sup>3</sup> )	SMD (mm)
B0	0	3.14E-08	3.05	62.9778	1204.197	0.00001846	1.1614	1.3353
B1	250	3.14E-08	3.05	59.4263	1189.097	0.00001846	1.1614	1.3318
B2	280	3.14E-08	3.05	59.6667	1177.772	0.00001846	1.1614	1.3240
B3	310	3.14E-08	3.05	58.9805	1200.609	0.00001846	1.1614	1.3138
B4	330	3.14E-08	3.05	58.1368	1202.219	0.00001846	1.1614	1.3119

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



**Amalia Dwi Utami** dilahirkan di Magetan, 10 Juli 1995. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Nur Wachid dan Siti Rubianingsih.

Penulis memulai pendidikan di TK Perwanida II Ampenan, Mataram. Penulis melanjutkan pendidikan dasar di SDN 38 Ampenan pada tahun 2001-2007, pendidikan menengah di SMPN 2 Mataram pada tahun 2007-2010, dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Mataram pada tahun 2010-2013. Penulis lalu melanjutkan pendidikan tinggi sarjana pada tahun 2013 di Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya departemen Teknik Mesin.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan baik akademik maupun non-akademik. Pada kegiatan non-akademik penulis aktif sebagai staff Divisi Pendidikan dan Pelatihan PLH SIKLUS ITS pada tahun 2014-2015. Kemudian ditahun berikutnya penulis aktif sebagai Kepala Divisi Pendidikan dan Pelatihan PLH SIKLUS ITS dan Staff Ahli Lingkungan Hidup Departemen Sosial dan Masyarakat Himpunan Mahasiswa Mesin pada tahun 2015-2016.

Apabila terdapat pesan atau informasi yang hendak disampaikan kepada penulis dapat disampaikan melalui email berikut, [amaliautami95@gmail.com](mailto:amaliautami95@gmail.com)

*Halaman ini sengaja dikosongkan*