

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 428/Transportasi

**USULAN  
PENELITIAN DISERTASI DOKTOR**



**PENINGKATAN TEKANAN UAP CAMPURAN BAHAN  
BAKAR ETANOL-GASOLIN KADAR TINGGI**

**PENGUSUL  
BUDI WALUYO, ST., MT.                      NIDN. 067706026**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG  
APRIL 2016**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PENELITIAN DISERTASI DOKTOR**

Judul Penelitian : PENINGKATAN TEKANAN UAP CAMPURAN BAHAN BAKAR ETANOL-GASOLIN KADAR TINGGI  
Judul Disertasi : PENINGKATAN TEKANAN UAP CAMPURAN BAHAN BAKAR ETANOL-GASOLIN KADAR TINGGI  
Kode>Nama Rumpun Ilmu : 428/Transportasi  
Peneliti :  
Nama Lengkap : BUDI WALUYO S.T, M.T  
NIDN : 0627057701  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
Program Studi : Mesin Otomotif  
Nomor HP/Surel : 085228255548/otobudyumm@gmail.com  
NIM : 157060200111011  
Semester ke : 2  
PT Penyelenggara : Universitas Brawijaya  
Program Studi Doktor : Ilmu Teknik Mesin  
Nama Promotor : I NYOMAN GEDE WARDANA  
NIDN Promotor : 0003075906  
Biaya yang Diusulkan ke DRPM : Rp 58,400,000.00

Kab.Magelang, 23-05-2016



Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik

(Yun Arifatul Fatimah, Ph.D)  
NIP/NIK 987408139

Ketua Peneliti

( BUDI WALUYO S.T, M.T)  
NIP/NIK 067706026



Menyetujui,

Kepala LP3M Universitas Muhammadiyah Magelang

(Dr. Suliswiyadi M.Ag)  
NIP/NIK 966610111

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
RINGKASAN.....	iv
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Keterkaitan Penelitian dengan Penyelesaian Disertasi .....	4
1.6. Luaran Penelitian .....	4
1.7. Kontribusi (Manfaat) Terhadap Ilmu Pengetahuan .....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Penelitian Campuran Ethanol-Gasoline sebagai Bahan Bakar pada SI Engine.....	6
2.2. Vapor Pressure .....	8
2.3. Etanol Sebagai Bahan Bakar.....	8
2.4. Campuran Etanol-Gasoline Sebagai Bahan Bakar SI Engine.....	9
2.5. Campuran Zeotrope dan Azeotrope .....	12
2.6. Volatilitas bahan bakar .....	12
2.7. Kerangka Konsep Penelitian.....	15
2.8. Hipotesis .....	16
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	17
3.1. Jenis dan tempat penelitian .....	17
3.2. Material dan peralatan penelitian.....	17
3.3. Peta jalan (road map) penelitian .....	18
3.4. Set Up Penelitian.....	18
BAB 4. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN .....	20
4.1. Anggaran Biaya .....	20
4.2. Jadwal Penelitian .....	20

DAFTAR PUSTAKA.....	21
Lampiran 1. Justifikasi Anggaran Penelitian.....	24
Lampiran 2. Dukungan Sarana dan Prasarana Penelitian.....	25
Lampiran 3. Rekomendasi Promotor Disertasi.....	26
Lampiran 4. Biodata Peneliti .....	27
Lampiran 5. Surat Pernyataan Ketua Penelitian.....	31

## RINGKASAN

Permasalahan utama penggunaan campuran etanol-gasolin kadar tinggi sebagai bahan bakar adalah etanol hanya memiliki tekanan penguapan sekitar seperempat tekanan uap gasoline. Kondisi ini menyebabkan penggunaan campuran ethanol-gasoline kadar tinggi cenderung memberikan efek buruk khususnya pada saat start dingin dan pemanasan awal pada *Spark Ignition (SI Engine)*. Efek buruk ini terjadi karena tekanan uap bahan bakar yang terlalu rendah akan berakibat pada *fuel-air ratio* yang terlalu miskin. Sehingga ini akan mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna.

Penelitian ini mengusulkan penambahan zat ketiga (methanol) pada campuran ethanol-gasoline kadar tinggi untuk meningkatkan tekanan uap bahan bakar. Methanol merupakan gugus alkohol (zat polar) dengan rantai paling pendek diantara semua gugus alkohol. Pada penelitian sebelumnya terbukti bahwa penambahan methanol kadar rendah pada gasoline akan mengakibatkan peningkatan tekanan uap bahan bakar. Tujuan jangka panjang dari kegiatan ini adalah pengurangan konsumsi energi fosil dengan mensubstitusi dengan sumber energi baru dan terbarukan (alkohol). Target spesifik dari kegiatan penelitian ini adalah formulasi campuran alkohol-gasolin kadar tinggi yang mempunyai tekanan uap mendekati atau setara dengan tekanan uap gasoline.

Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah menentukan 8 komposisi campuran gasolin-etanol-metanol pada kondisi iso-stokiometrik dari penelitian yang sudah ada. Dari 8 komposisi campuran yang ditentukan kemudian diuapkan pada sistem pemanas terkontrol. Data yang akan didapat dari kegiatan ini adalah hubungan temperatur dengan tekanan uap campuran bahan bakar dari 8 komposisi campuran uji. Hasil analisa dari data dan fakta yang didapatkan diharapkan masuk pada jurnal internasional terindeks scopus dengan kualitas minimal Q3.

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Penggunaan campuran etanol-gasolin pada *Spark Ignition Engine* (SI Engine) disamping untuk mengurangi ketergantungan kepada bahan fosil, juga untuk mengurangi emisi gas buang berbahaya. Etanol sebagai bahan bakar hanya memiliki dua pertiga kandungan energi dari premium[1]. Namun etanol memiliki karakter yang bermanfaat untuk pembakaran motor bakar. Karakter yang bermanfaat tersebut adalah kecepatan perambatan api laminar dan angka oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan premium[2]. Disamping itu etanol juga memiliki entalpi penguapan yang tinggi sehingga memberikan efek pendinginan [3] dan efisiensi thermal yang lebih baik[1].

Penelitian sebelumnya mengenai campuran ethanol-gasolin, banyak terfokus pada performa mesin dan perubahan emisi gas buang[4]–[12]. Campuran ethanol-gasolin sebagai bahan bakar juga berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran[2], [13] dan juga temperatur gas buang[14]. Ethanol sebagai bahan bakar SI Engine disamping dicampur dengan gasolin juga bisa dicampurkan dengan DME[15], metanol[16], [17]. Namun demikian penggunaan campuran etanol-gasolin kadar tinggi cenderung memberikan efek buruk khususnya **pada start dan idle dingin**[18], [19] khususnya di negara yang mempunyai empat musim. Dari telusur pustaka yang dilakukan penulis juga ditemukan **ketidakkonsistenan hasil** parameter performa mesin dan juga emisi gas buang pada penggunaan campuran ethanol-gasolin.

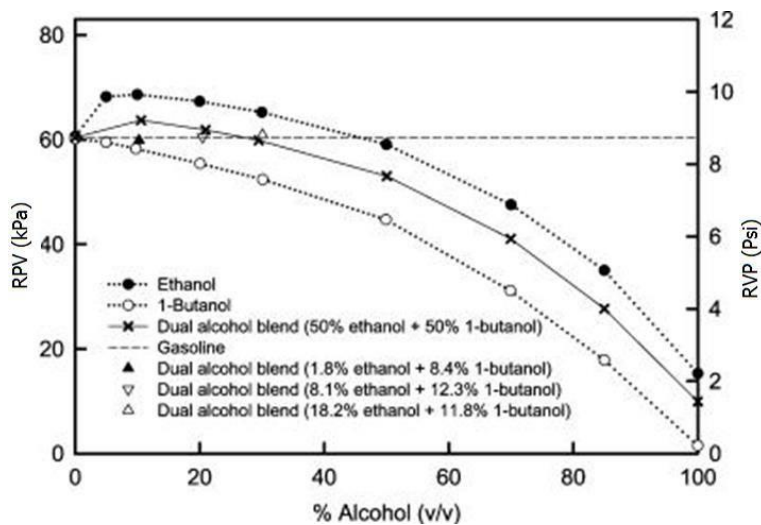
Buruknya start dan idle dingin penggunaan ethanol-gasoline kadar tinggi ditandai dengan tingginya emisi CO dan HC[18]. Permasalah start dan idle dingin ini disebabkan karena ethanol hanya memiliki tekanan uap (*vapor pressure*) seperempat dari gasoline. Tekanan uap merupakan salah satu sifat penting bahan bakar untuk SI engine[20]. Campuran etanol-gasolin kadar tinggi memiliki tekanan uap yang masih jauh dari tekanan uap gasoline. Tekanan uap yang rendah dari bahan bakar akan mengakibatkan sulitnya bahan bakar tersebut menguap, sehingga campuran bahan bakar-udara (*fuel-air ratio*) menjadi sangat miskin, dan menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna.

Ketidakkonsistenan hasil performa mesin maupun emisi diduga karena campuran gasolin yang bersifat non polar dengan ethanol yang bersifat polar akan membentuk campuran yang bersifat **zeotrope** pada campuran ethanol gasoline kadar tinggi. Pada kondisi

campuran ethanol-gasoline sekitar 10%, akan terbentuk campuran **near azeotrope** dimana campuran ini memiliki tekanan uap yang lebih tinggi dari tekanan uap gasoline [20]. Dalam kondisi *azeotrope* dan *near azeotrope* komposisi campuran uap bahan bakar tidak berbeda jauh dengan komposisi campuran cairnya. Sedangkan pada campuran *zeotrope* akan menghasilkan komposisi uap campuran yang berbeda dengan komposisi cair campuran. Kaitanya dengan campuran etanol-gasoline sebagai bahan bakar tentu akan berpengaruh terhadap hasil selama pengukuran performa mesin dan juga emisi gas buangnya.

Penelitian untuk memperbaiki kondisi start dan idle dingin penggunaan campuran etanol-gasoline pada SI Engine telah dilakukan oleh Sales 2012 dan Zhang 2015 dengan memanaskan udara dan bahan bakar. Perlakuan ini mampu mengurangi emisi CO dan HC selama satar dan idle dingin [19]. Penelitian lain untuk mengatasi masalah star dan idle dingin adalah melalui sistem *split injections* pada mesin yang sudah menggunakan teknologi *electronic fuel injections*. Sistem *split injections* ini akan mampu mengkondisikan campuran miskin dan campuran kaya yang disesuaikan dengan kecepatan rambat api di ruang bakar [21].

Sementara, salah satu parameter penting dari sifat bahan bakar untuk mesin SI adalah volatilitas bahan bakar [22]. *Reid vapor pressure* (RVP) merupakan parameter lain yang digunakan untuk menentukan volatilitas suatu zat. RVP didefinisikan sebagai tekana uap pada temperatur 100 °F (37.8 °C) pada suatu tempat dengan rasio fase uap dan cairnya sebesar 4:1 dengan metode pengukuran yang spesifik [20]. Pada SI engine, pembakaran sempurna di dalam ruang bakar ditentukan oleh homogenitas dan AFR campuran. Homogenitas dan AFR campuran bahan bakar dan udara ditentukan konstruksi sistem bahan bakar dan volatilitas bahan bakar. Gambar 1.1 menunjukkan bahwa peningkatan kadar etanol dalam gasolin akan cenderung menurunkan RVP campuran etanol-gasolin.



Gambar 1.1 Grafik beberapa jenis campuran alkohol-gasolin terhadap RVP [20]

Sementara ketika dua atau lebih zat cair dicampur dan membentuk campuran zeotrope bisa dipisahkan melalui **destilasi sederhana**. Campuran azeotrope merupakan sebuah campuran yang seperti zat tunggal, dimana komposisi fase uap akan sama dengan komposisi fase cairnya. Campuran azeotrope merupakan campuran dengan satu titik didih, sehingga campuran tidak bisa dipisahkan dengan destilasi sederhana. Campuran memiliki azeotrop positif jika volatilitas campuran lebih tinggi dari volatilitas zat pembentuknya, dan sebaliknya untuk azeotropik negatif. Azeotropik terjadi karena interaksi antara pelarut dalam larutan. Penelitian Andersen *et al* 2010 menyatakan bahwa sangat mungkin membentuk campuran beberapa gugus alkohol pada gasolin yang akan mempunyai RVP setara dengan gasolin[20].

## **1.2. Perumusan masalah**

Gasoline merupakan cairan yang bersifat non polar, sedangkan ethanol dan semua gugus alkohol bersifat polar. Campuran near azeotrope etanol-gasolin terjadi pada komposisi 5% - 10% v/v dimana campuran memiliki RVP lebih tinggi dari gasolin. Sementara campuran zeotrope akan menghasilkan perbedaan komposisi uap dengan komposisi cairnya. Penelitian Andersen *et al* 2010 yang menyatakan bahwa sangat mungkin membentuk campuran beberapa gugus alkohol pada gasolin yang akan mempunyai RVP setara dengan gasolin[20]. Dari latar belakang spesifik diatas, penulis merumuskan permasalahan sebagai berikut;

1. Bagaimanakah perubahan komposisi campuran fase uap terhadap komposisi cairnya pada campuran etanol-gasolin kadar tinggi
2. Apakah penambahan gugus alkohol tertentu pada campuran etanol gasoline kadar tinggi bisa menaikkan RVP sehingga mempunyai nilai RVP yang setara dengan gasoline murni.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah, tujuan spesifik dari kegiatan penelitian ini adalah:

- a. Mengidentifikasi perubahan komposisi campuran fasa uap dan fasa cair penggunaan campuran etanol-gasolin kadar tinggi.
- b. Memperbaiki volatilitas campuran etanol-gasolin kadar tinggi (lebih besar dari 40%) agar memiliki RVP setara dengan RVP gasolin.

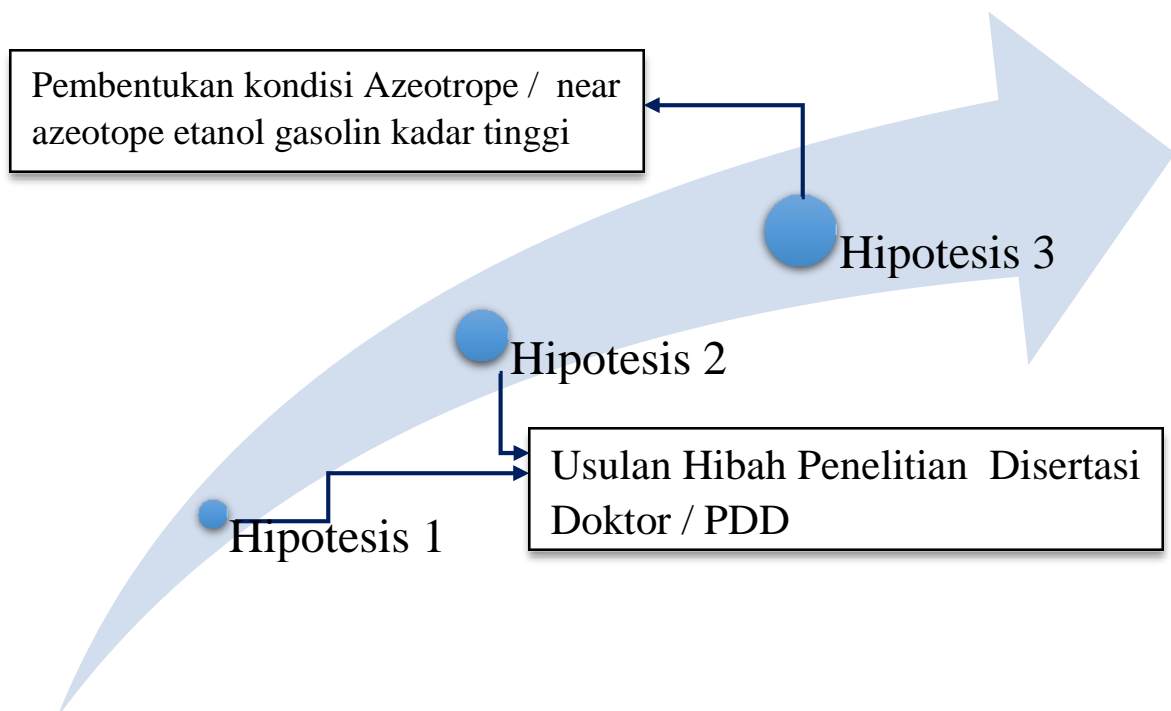


#### 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah referensi jenis gugus alkohol dan komposisi yang harus ditambahkan pada pemakaian campuran etanol-gasoline kadar tinggi untuk menaikkan RVP bahan bakar. Dari referensi ini diharapkan masalah start awal engine dan operasi awal dalam kondisi dingin bisa teratasi.

#### 1.5. Keterkaitan Penelitian dengan Penyelesaian Disertasi

Keterkaitan topik penelitian ini dengan penyelesaian disertasi disajikan dalam gambar 1.2. Penelitian yang diusulkan ini merupakan bagian awal (Tahap 1 & 2) dari 3 tahapan Penyelesaian disertasi.



Gambar 1.2. Keterkaitan topik penelitian dengan penyelesaian disertasi

#### 1.6. Luaran Penelitian

1. Target Luaran :
  - a) Draft Disertasi
  - b) Publikasi pada jurnal internasional
2. Jurnal yang dituju  
Prioritas 1 : Applied Thermal Engineering, Publisher: Elsevier Limited. Publication type: Journals. ISSN: 13594311, Coverage: 1996-2015, H Index: 84  
Prioritas 2 : *Journal of Mechanical Science and Technology* Publisher: Korean Society of Mechanical Engineers. Publication type: Journals. ISSN: 1738494X, 19763824, Coverage: 2005-2014, H Index: 22

### **1.7. Kontribusi (Manfaat) Terhadap Ilmu Pengetahuan**

Kontribusi yang diharapkan terhadap ilmu pengetahuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah referensi jenis gugus alkohol dan komposisi yang harus ditambahkan pada pemakaian campuran etanol-gasoline kadar tinggi untuk menaikkan RVP bahan bakar. Dari referensi baru ini diharapkan menjadi alternatif untuk mengatasi permasalahan penggunaan campuran etanol-gasolin kadar tinggi pada SI engine.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Campuran Ethanol-Gasoline sebagai Bahan Bakar pada SI Engine

Penelitian mengenai pengaruh *air fuel ratio* penggunaan campuran etanol-gasoline pada SI Engine terhadap performansi dan emisi telah dilakukan oleh Hsieh *et al*, 2002. Penelitian Hsieh menggunakan E0, E5, E10, E15, E20, E25 dan E30 pada putaran mesin 3000 dan 4000 rpm. Hasil penelitian Hsieh menunjukkan bahwa, secara umum penggunaan campuran etanol-gasoline akan meningkatkan torsi, namun *break specific heat consumptions* (bshc) tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Hasil lain penelitian Hsieh menyatakan bahwa emisi CO menurun, CO<sub>2</sub> dan HC meningkat sejalan dengan AFR dan kadar etanol yang cenderung memperkaya oksigen bahan bakar[6].

Penelitian penggunaan campuran etanol-gasolin kaitanya dengan parameter SI engine dan emisi pad SI engine dilakukan oleh Pukalskas & Grabys 2003. Penelitian Pukalskas & Grabys menunjukkan bahwa penggunaan campuran etanol-gasolin akan menurunkan nilai kalor bahan bakar, walaupun nilai oktanya meningkat sebanding dengan peningkatan kadar etanol[23]. Hasil penelitian Pukalskas & Grabys berkaitan dengan emisi menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian Hsieh et al, 2002.

Penelitian lain berkaitan dengan penggunaan campuran etanol-gasolin pada berbagai rasio kompresi kaitanya dengan performansi dan emisi engine dilakukan oleh Yücesu et al. 2006. Penelitian Yücesu dilakukan pada E0, E10, E20, E30, E40 dan E60 dengan kondisi AFR dengan  $\lambda = 1$  (stoikiometri), beban penuh dan kondisi *minimum advance timing for best torque* (MBT). Hasil penelitian Yücesu menunjukkan bahwa, ketahanan terhadap knocking pada rasio kompresi yang tinggi dan waktu pengapian yang semakin maju sejalan dengan kadar etanol pada gasoline sehingga menguntungkan untuk mencapai MBT. Peningkatan rasio kompresi dan kadar etanol pada gasolin juga akan berpengaruh terhadap meningkatkan *brake spesific fuel consumptions* (bsfc) serta menurunkan temperatur gas buang[7].

Review tentang penggunaan campuran etanol-gasolin, kaitanya dengan rasio kompresi dan waktu pengapian terhadap karakteristik pembakaran dilakukan oleh Cooney et al. 2009. Hasil review Cooney menyatakan bahwa, walaupun etanol hanya memiliki dua per tiga kandungan energi dibandingkan dengan gasoline, namun etanol memiliki beberapakarakter

yang sangat menguntungkan untuk IC Engine[2]. Keuntungan tersebut adalah nilai oktan yang lebih (gasoline; 91-99 RON, etanol 107 RON) dan kecepatan rambat api laminar yang lebih tinggi dari gasoline (gasolin 0,333 m/s, etanol 0,388 m/s). Peningkatan kadar etanol semakin tidak berpengaruh sejalan dengan peningkatan rasio kompresi terhadap pencapaian MBT pada pemajuan waktu pengapian.

Penelitian tentang efek campuran etanol dengan gasolin tanpa timbal terhadap performansi engine dan emisi gas buang pada SI engine dilakukan oleh Koç et al. 2009. Koç menyatakan bahwa keuntungan penggunaan etanol sebagai bahan bakar adalah disamping merupakan bahan bakar yang terbarukan, etanol juga memiliki panas laten, nilai oktan dan temperatur nyala yang lebih tinggi dibanding dengan gasolin[11]. Hal ini berpengaruh positif terhadap performansi engine dan penurunan emisi gas buang. Penelitian Koç dilakukan pada putaran mesin 1000-5000 rpm dan 2 kondisi rasio kompresi (10:1 dan 1:1) dan kondisi throttle terbuka penuh / *wide opened throttle* (WOT). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penambahan ethanol pada gasolin tanpa timbal cenderung meningkatkan torsi, daya dan konsumsi bahan bakar serta ketahanan terhadap knocking dan cenderung menurunkan emisi CO, NO<sub>x</sub> dan HC[11].

Namun dari beberapa keuntungan penggunaan campuran etanol-gasolin diatas, pada kondisi start dingin terjadi beberapa masalah khususnya pada penggunaan campuran dengan kadar lebih dari 30 % basis volume[24]. Penelitian Chen menyatakan bahwa pada penggunaan campuran etanol sampai 30 % masih menunjukkan kondisi start dingin yang stabil, namun mulai kadar etanol 40 % start dingin dan putaran idle menunjukkan kondisi yang tidak stabil. Penelitian serupa juga dilakukan oleh B. Waluyo dan Saifudin 2014 yang menyatakan bahwa kemudahan start dingin penggunaan campuran etanol gasolin mulai terjadi masalah ketika campuran 30 % [25]. Semakin tinggi kadar etanol akan mempengaruhi AFR yang semakin miskin (lean combustion) dan juga menurunkan RVP bahan bakar. Kondisi ini yang menyebabkan kondisi start dingin yang tidak stabil pada campuran etanol-gasolin kadar tinggi. Kondisi tidak stabil ini ditandai dengan tingginya emisi CO dan HC saat start dan putaran idle dingin.

Penelitian yang dilakukan oleh Sales & Sodr  2012 dengan memanaskan udara dan bahan bakar saat start dingin dengan menggunakan pemanas elektrik pada penggunaan campuran etanol-gasolin pada SI Engine. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pemanasan awal udara dan bahan bakar pada penggunaan campuran etanol-gasoline secara simultan menurunkan emisi hidrokarbon dan karbonmonoksida khususnya pada 150 detik pertama

setelah start dingin[19]. Pengurangan emisi HC dan CO penggunaan campuran etanol-gasoline pada saat start dingin juga bisa dilakukan melalui sistem split injections pada mesin yang sudah menggunakan teknologi fuel injections. Sistem split injections ini akan mampu mengkondisikan campuran miskin dan campuran kaya yang disesuaikan dengan kecepatan rambat api di ruang bakar[21].

## 2.2. Vapor Pressure

## 2.3. Etanol Sebagai Bahan Bakar

Etanol merupakan senyawa tunggal dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$ . Dikarenakan ethanol mempunyai gugus hidroksil (OH), sehingga ethanol bersifat polar. Berbeda dengan gasoline yang merupakan bahan bakar yang terdiri dari beberapa gugus hidrokarbon (lurus, bercabang dan hidrokarbon aromatik), bersifat nonpolar dan memiliki titik didih yang berbeda. Dalam kondisi atmosferik, etanol bersifat cair, tidak berwarna, mudah menguap (*volatile*) dan mudah terbakar. Etanol sebagai bahan bakar motor bensin mempunyai beberapa kelebihan yaitu: angka oktan yang tinggi, mampu diperbaharui dan memiliki efek polusi yang rendah[26]. Akan tetapi etanol juga mempunyai beberapa kekurangan yaitu; nilai kalor yang lebih rendah dari gasoline, bersifat higroskopis, dan mudah sekali bercampur dengan air dalam semua perbandingan. Perbandingan karakter fisik etanol dan gasoline disajikan pada tabel berikut,

Tabel 2.1. Perbandingan karakter fisik etanol dan gasoline[27].

Property	Ethanol	Gasoline
Chemical formula	$C_2H_5OH$	$C_4$ sd $C_{10}$
Composition % weight		
Carbon	52.2	85 – 88
Hydrogen	13.1	12 -15
Oxygen	34.7	0
Octane Number		
Research Octane	108	90 - 100
Motor Octane	92	81 - 90
Density (lb/gal)	6.61	6.0 – 6.5
Boiling temp. (° F)	172	80 – 437
Freezing Point (° F)	- 173.22	- 40
Flash Point (° F)	55	- 45
Auto Ignition Temp. (° F)	793	495
Heating value		
Higher (Btu/gal)	84 100	124 800
Lower ( Btu / gal)	76 000	115 000
Specific heat Btu/lb °F	0.57	0.48
Stoichiometric air/ fuel, weight	9	14.7

Standarisasi etanol telah ditentukan oleh Pemerintah Republik Indonesia yang terbagi dalam 2 jenis, yaitu: SNI-06-3565-1994 untuk alkohol teknis dan SNI DT 27-0001-2006 untuk etanol terdenaturasi atau sebagai *Fuel Grade Ethanol* (FGE). Jenis etanol teknis mempunyai kandungan etanol antara 95% - 96.8% atau bisa disebut sebagai *hydrous ethanol*. Etanol terdenaturasi mempunyai kadar etanol minimum sebesar 99.5% atau biasa disebut sebagai *anhydrous ethanol*.

#### 2.4. Campuran Etanol-Gasoline Sebagai Bahan Bakar SI Engine.

Pensubstitusian dan pencampuran bahan bakar etanol dengan gasoline akan mempengaruhi unjuk kerja dan emisi gas buang - tergantung sejauh mana pencampuran tersebut merubah sifat-sifat penting dari bahan bakar referensi[26]. Perbandingan sifat fisika etanol gasoline disajikan pada tabel 2.3 berikut[3],

Tabel 2.3 Perbandingan sifat fisika etanol- gasoline.

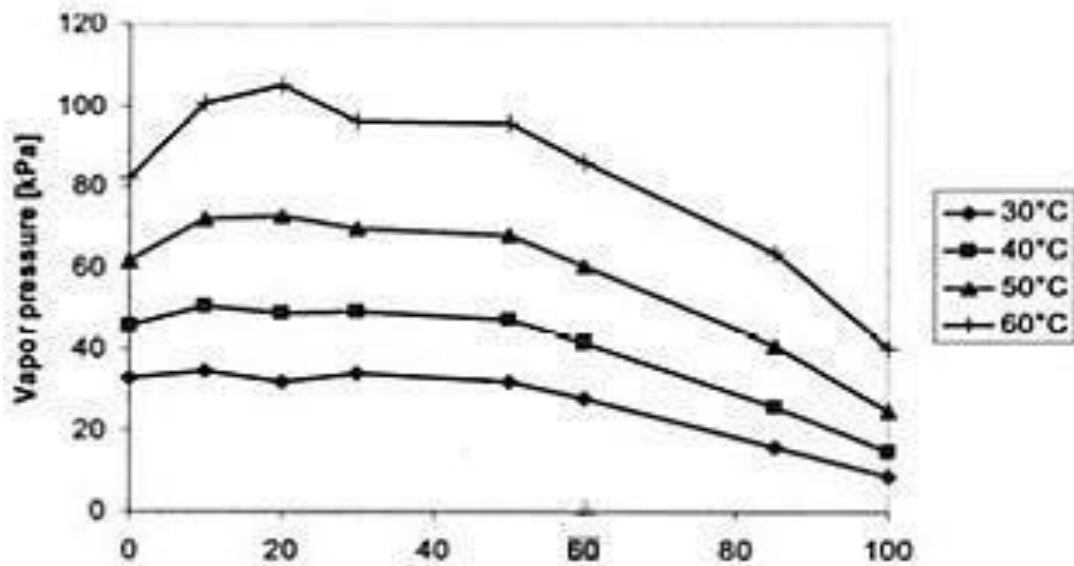
<b>Properties</b>	<b>Ethanol</b>	<b>Gasoline (typical)</b>
Molar mass (g/mol)	46.07	102.5
C (%wt)	52.2	86.5
H (%wt)	13.1	13.5
O (%wt)	34.7	0
Density (kg/m <sup>3</sup> )	794	735-760
Latent heat of vaporization (kJ/kg)	854	289
Distillation (°C)	78.4	30-190
Net heating value (kJ/kg)	26805	42690
Net heating value (kJ/l)	21285	32020
Stoichiometric ratio	8.95	14.4
RON	111	95
MON	92	85

Dari tabel 2.3 diatas menunjukkan bahwa etanol memiliki angka oktan sangat tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan etanol sebagai campuran atau substitusi bahan bakar memungkinkan dibuat engine dengan rasio kompresi lebih tinggi dan waktu pengapian yang besar. Rasio kompresi yang tinggi pada engine akan meningkatkan efisiensi thermal engine[28]. Campuran dan substitusi etanol dengan gasoline juga akan meningkatkan kadar oksigen bahan bakar, sehingga homogenitas campuran bahan bakar oksigen dan efisiensi volumetrik lebih baik. Hal ini akan mengakibatkan pembakaran yang lebih sempurna, sehingga cenderung menurunkan emisi HC dan CO[3]. Panas laten dari proses evaporasi

etanol mempunyai efek positif dalam proses *air cooling* yang berefek meningkatkan jumlah udara masuk ruang bakar, namun berefek buruk pada start awal (*cold start engine*) dan kondisi putaran idle dalam kondisi dingin.

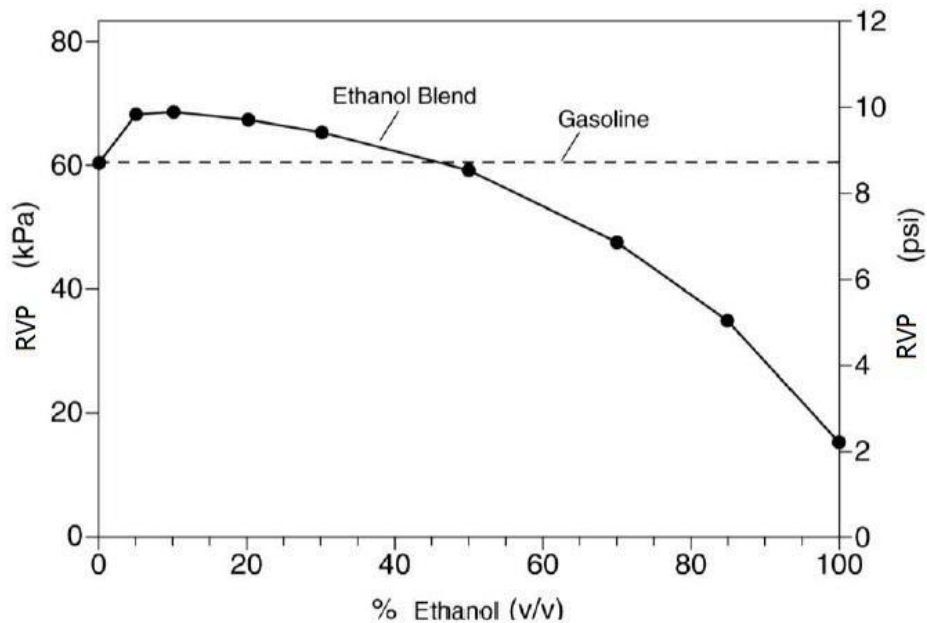
Efek negatif lain dari pembakaran substitusi dan campuran etanol pada engine adalah dihasilkannya emisi *aldehyde* yang berefek buruk bagi kesehatan[3].

Semakin tinggi temperatur campuran etanol gasoline akan menyebabkan semakin tinggi tekanan uap campuran. Hubungan tekanan penguapan (*Vapour pressure*) terhadap komposisi campuran pada berbagai temperatur disajikan pada gambar berikut,



Gambar 2.1. Hubungan tekanan penguapan (*Vapour pressure*) terhadap komposisi campuran pada berbagai temperatur (Kenneth, 2008).

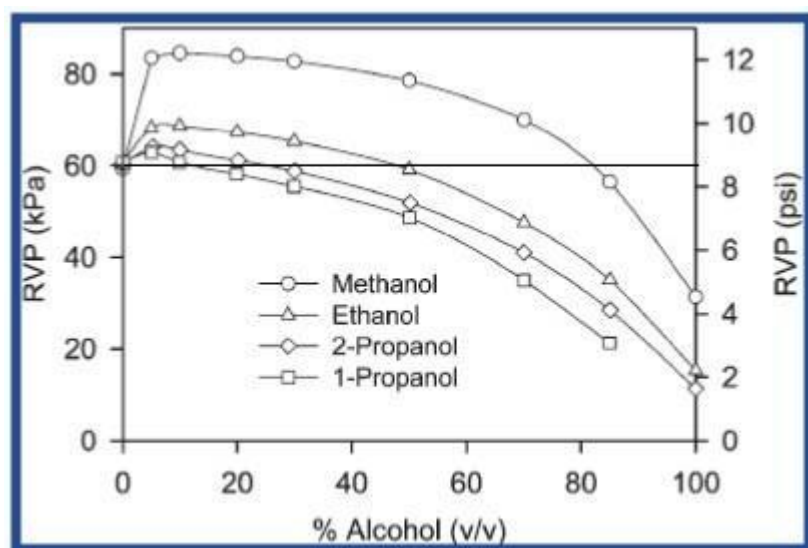
Penambahan etanol pada gasoline akan merubah sifat campuran secara signifikan. Penambahan etanol pada gasoline juga akan mempengaruhi karakteristik pembakaran, yaitu: *Reid Vapor Pressure* (RVP), enthalpi penguapan, angka oktan riset (RON) dan nilai kalor[26]. Sementara kesempurnaan proses pembakaran dalam ruang bakar dipengaruhi oleh homogenitas dan rasio campuran bahan bakar dan udara[28]. Ketika etanol dicampur ke bensin pada konsentrasi yang relatif rendah, beberapa molekul gasoline akan mengganggu gaya tarik menarik antara molekul etanol (polar) dan memungkinkan etanol untuk lebih mudah menguap, sehingga berakibat meningkatnya tekanan uap campuran. Efek pencampuran etanol pada gasoline ditunjukkan pada gambar berikut,



Gambar 2.1 Efek pencampuran ethanol pada gasoline

Dari gambar 3.1 terlihat bahwa pada campuran 5% - 30 % etanol v/v, RVP campuran lebih tinggi dari gasoline murni. Sementara pada campuran 40% RVP campuran setara dengan RVP gasoline murni, selanjutnya ketika campuran diatas 50% RVP campuran semakin menurun semakin jauh lebih rendah dari RVP gasoline.

Sementara sifat campuran gugus alkohol rantai pendek ( $C_1$ - $C_3$ ) khususnya campuran metanol dengan gasoline akan meningkatkan angka RVP campuran bahan bakar sampai kadar metanol 75 % v/v[20]. Gambar 3.2 menunjukkan RVP campuran alkohol gugus rendah ( $C_1 - C_3$ ) dengan gasoline.



Gambar 2.2. RVP Campuran Alkohol ( $C_1$ - $C_3$ ) dengan gasoline



Nilai RVP yang dipersyaratkan pemerintah Republik Indonesia untuk gasoline minimal sebesar 45 kPa dan maksimumnya sebesar 62 kPa. Dibeberapa negara yang mempunyai empat musin, RVP gasoline diatur berdasarkan wilayah dan musim tahunan[30]. RVP yang terlalu tinggi akan cenderung menimbulkan vapor lock pada saluran bahan bakar dan juga emisi penguapan (evaporative emissions). Sebaliknya RVP yang terlalu rendah juga akan mengakibatkan masalah start dan idle up pada kondisi dingin.

Sementara menurut Andersen et. al 2010 menyatakan bahwa penambahan lebih dari satu jenis alkohol pada gasoline akan sangat mungkin untuk menggeser (offset) RVP campuran bahan bakar dan mendapatkan RVP campuran bahan bakar yang setara dengan gasoline[20]. Semua campuran dari unsur liquid memiliki kekuatan tarik antar molekul pembentuknya[31]. Etanol merupakan cairan polar yang mampu berinteraksi dengan beberapa hidrokarbon yang mengarah ke pembentukan campuran azeotrope[3].

## 2.5. Campuran Zeotrope dan Azeotrope

Azeotropika didefinisikan sebagai sebuah campuran fluida cair dari dua atau lebih zat, dimana komposisi uap campuran sama dengan komposisi cairannya. Campuran mempunyai sifat azeotropika positif jika volatilitas campuran lebih tinggi dari volatilitas komponen penyusunya, dan mempunyai sifat azeotropika negatif jika sebaliknya. Sifat azeotropika campuran cenderung terbentuk antar cairan yang bersifat pelarut (solvent) dengan kelarutan yang berbeda karakteristik.

Di dalam campuran azeotropik, campuran akan memiliki parameter kelarutan anomali serta titik didih berkurang dan tekan uap meningkat. Campuran dalam kondisi azeotrop akan dianggap sebagai zat tunggal dengan sifat yang berbeda dengan zat-zat pembentuknya.

## 2.6. Volatilitas bahan bakar

Salah satu parameter penting dari sifat bahan bakar untuk SI Engine yang berhubungan dengan sifat volatilitas bahan bakar adalah  *Reid vapor pressure* (RVP)[22]. Parameter ini merupakan kondisi tekanan uap di atas permukaan cairan pada suhu 100 ° F (37,8 ° C) dengan rasio volum fasa uap dan fasa cair dari cairan tersebut adalah 4: 1 (ASTM D 323)[20]. Tekanan uap dari suatu campuran ideal dapat didefinisikan menggunakan hukum Raoult's sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 1., dimana P merupakan tekanan uap campuran,  $P_i$  tekanan uap cairan pembentuk  $i$ , dan  $x_i$  fraksi mol dari cairan pembentuk  $i$ .

$$P = \sum P_i x_i \quad (1)$$

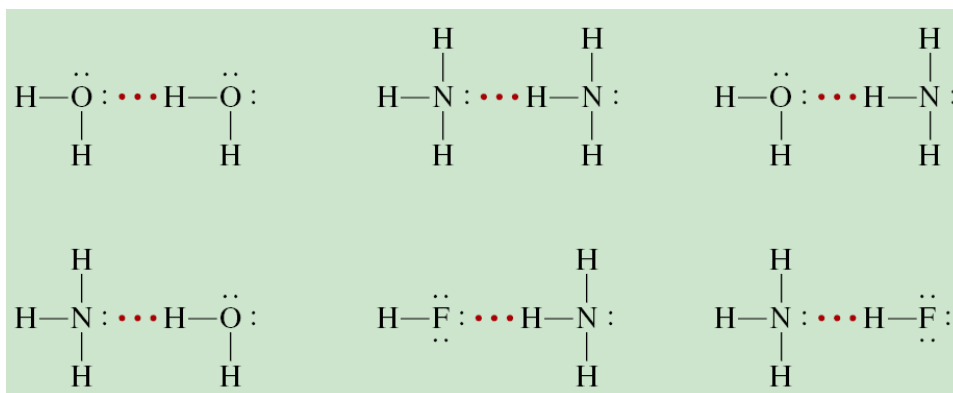
Campuran etanol dan beberapa gugus alkohol dengan hidrokarbon akan terjadi ikatan hidrogen antar molekulnya. Ikatan ini akan mengakibatkan penyimpangan dari kondisi campuran ideal yang disampaikan Raoult. Tekanan uap campuran akan lebih besar dari tekanan perhitungan Raoult khususnya pada daerah *near azeotrope* nya. Efek ini biasanya direpresentasikan oleh koefisien aktifitas  $\gamma_i$  sehingga persamaan 1 menjadi,

$$P = \sum \gamma_i P_i^s \quad (2)$$

Berikut contoh tabel dan gambar kekuatan ikatan hidrogen antar atom,

Tabel 2.1. Kekuatan ikatan hidrogen antar atom [29].

Strong bonding	Weak bonding
O-HO	H-HN
N-HO	O-HCCL2, HCCL-CCI, HCNO2, HCCN
O-HN	N-HCCL2, HCCL-CCI, HCNO2, HCCN



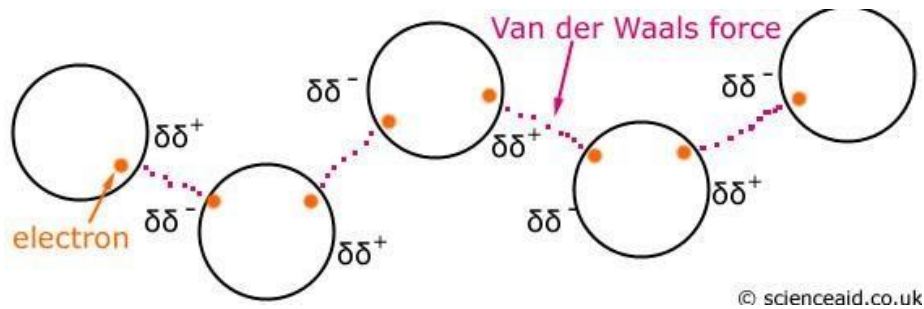
Gambar 2.3. Ikatan hidrogen dari berbagai molekul

Ikatan Hidrogen merupakan gaya tarik menarik antara atom H dengan atom lain yang mempunyai keelektronegatifan besar pada satu molekul dari senyawa yang sama. Kekuatan ikatan hidrogen ini dipengaruhi oleh beda keelektronegatifan dari atom-atom penyusunnya.

Semakin besar perbedaannya semakin besar pula ikatan hidrogen yang dibentuknya. Kekuatan ikatan hidrogen ini akan mempengaruhi titik didih dari senyawa tersebut. Semakin besar perbedaan keelektronegatifannya maka akan semakin besar titik didih dari senyawa tersebut. Namun, terdapat pengecualian untuk H<sub>2</sub>O yang memiliki dua ikatan hidrogen tiap molekulnya. Akibatnya, titik didihnya paling besar dibanding senyawa dengan ikatan hidrogen lain, bahkan lebih tinggi dari HF yang memiliki beda keelektronegatifan terbesar.

Namun demikian molekul dari suatu zat juga akan menunjukkan saling tarik-menarik berjangkauan pendek yang ditimbulkan oleh gaya *Van der Waals* (gaya tarik antar dipol sesaat dan dipol terinduksi). Gaya Van der Waals ini berbanding lurus dengan  $r^{-7}$  ( $r$  = jarak

antar atom), sehingga hanya berpengaruh pada molekul yang sangat berdekatan. Gaya ini sangat lemah dibandingkan dengan gaya pada ikatan kovalen maupun ikatan ionik. Gambaran ikatan van der Waals diilustrasikan pada gambar berikut,



Gambar 2.4. Ikatan van der Waals antar molekul

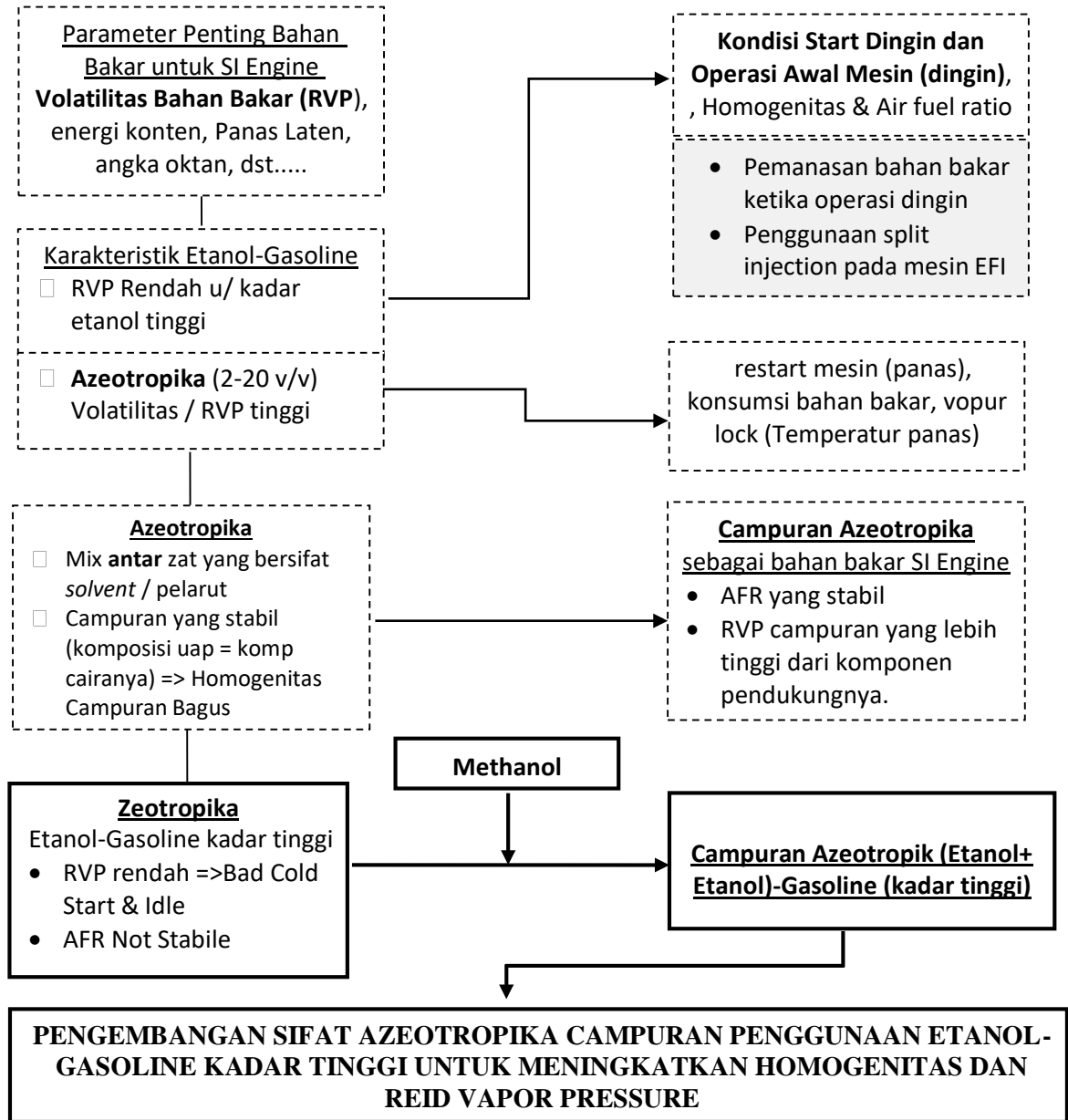
Efek azeotropika yang terjadi pada campuran sangat tergantung pada komposisi gasoline/jenis hidrokarbon seperti yang terlihat pada tabel 3.2 berikut,

Tabel 2.2. efek azeotropika etanol dengan beberapa molekul

<b>Molecule</b>	<b>Pure boiling point (°C)</b>	<b>Azeotrope boiling point (°C) with ethanol</b>	<b>Composition of the azeotrope (%wt ethanol)</b>
<i>n</i> -pentane	36	34	5
<i>n</i> -hexane	69	59	21
benzene	80	68	32
cyclohexane	81	65	29.2
toluene	111	77	68
<i>n</i> -octane	126	77	88

## 2.7. Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep penelitian secara bagan disampaikan pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 2.5. Bagan kerangka konsep penelitian

## 2.8. Hipotesis

Berdasarkan teori dan konsep yang dibangun, terdapat tiga hipotesis sebagai berikut :

- a. Komposisi fasa uap yang berbeda dengan komposisi fase cair pada campuran etanol-gasolin kadar tinggi (campuran zeotrope) yang akan mengakibatkan *air fuel ratio* (AFR) selalu berubah setiap saat.
- b. Penambahan gugus alkohol rantai pendek (Metanol) dengan kadar tertentu mampu memperbaiki RVP campuran etanol-gasoline kadar tinggi.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Jenis dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental sungguhan (*true experimental research*). Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang.

### 3.2. Material dan peralatan penelitian

#### 3.2.1. Material Penelitian

##### A. Etanol kering/ *anhydrous ethanol*

Etanol ( $C_2H_5OH$ ) yang digunakan untuk penelitian adalah etanol kering murni / *pure anhydrous ethanol* yang belum dilakukan proses denaturasi. Denaturasi (*Fuel grade Ethanol*) merupakan proses penambahan sejumlah hydrocarbon tertentu ke dalam *anhydrous ethanol*. Etanol ini memiliki kemurnian 99.5 % dan mengandung air < 0.05 %.

##### B. Gasolin

Isooktan (*2,2,4-Trimetilpentana*) merupakan salah satu isomer dari oktana ( $C_8H_{18}$ ) dipilih didalam penelitian ini karena merupakan sebagai komposisi terbesar yang terdapat pada bahan bakar gasolin. Isooktan murni dipilih sebagai zat tunggal (*single substance*) yang mewakili sifat dan karakteristik gasolin untuk mempermudah pemodelan sistem.

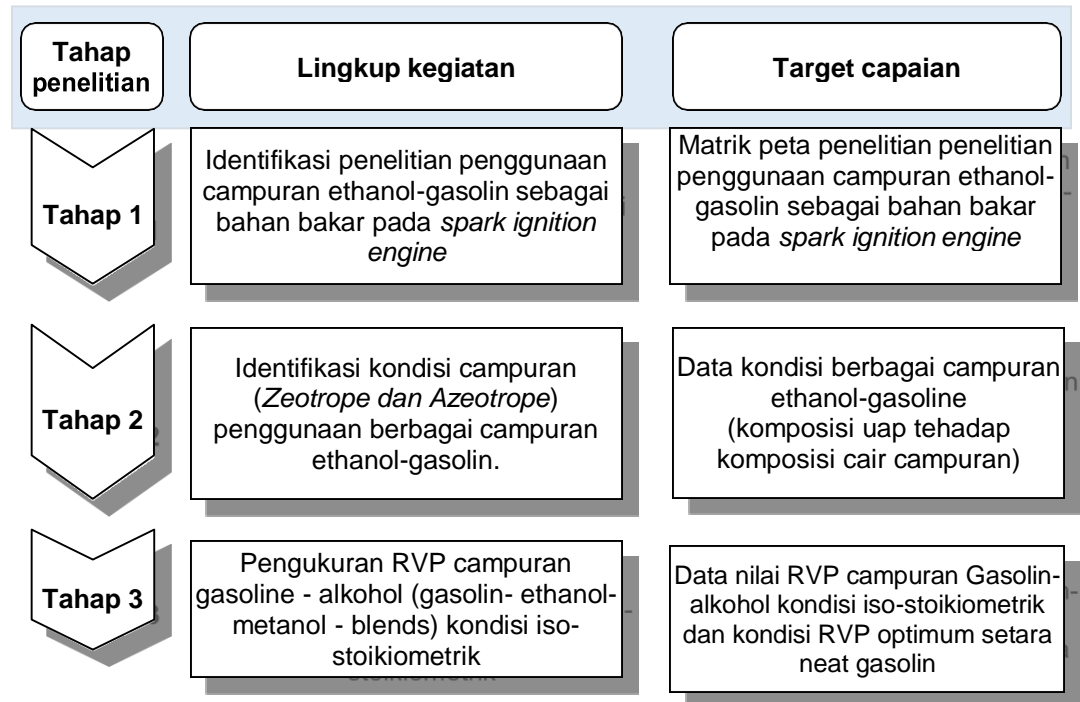
##### C. Metanol

Metanol ( $CH_3OH$ ) yang digunakan untuk penelitian adalah metanol kering murni / *pure anhydrous methanol* yang belum dilakukan proses denaturasi. Metanol ini memiliki kemurnian 99.8 % dan mengandung air < 0.002 %.

#### 3.2.2. Peralatan penelitian

Dari hipotesis yang disampaikan, perlu untuk memverifikasi kondisi zeotrope dan azeotrope campuran yang terjadi dan melakukan pengukuran nilai *vapor pressure* campuran. Verifikasi kondisi azeotrope dilakukan dengan menggunakan alat **Destilasi Sederhana** untuk mengetahui komposisi fase uapnya dengan komposisi fase cair campuran. Pengukuran nilai RVP campuran menggunakan alat **Vapor Pressure Tester**.

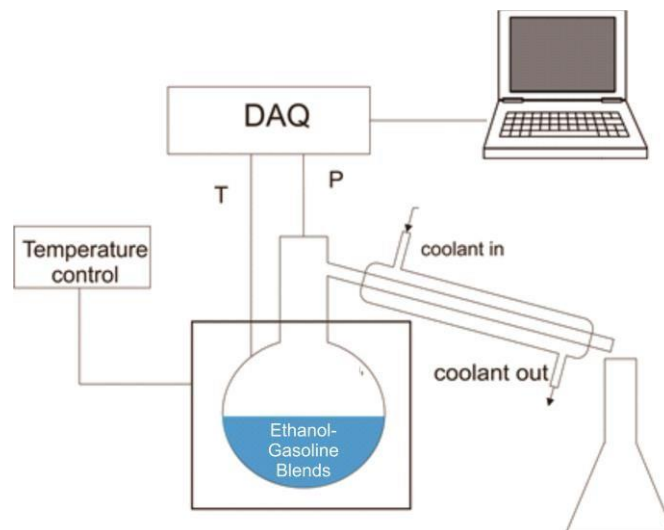
### 3.3. Peta jalan (road map) penelitian



Gambar 3.1 Road Map penelitian

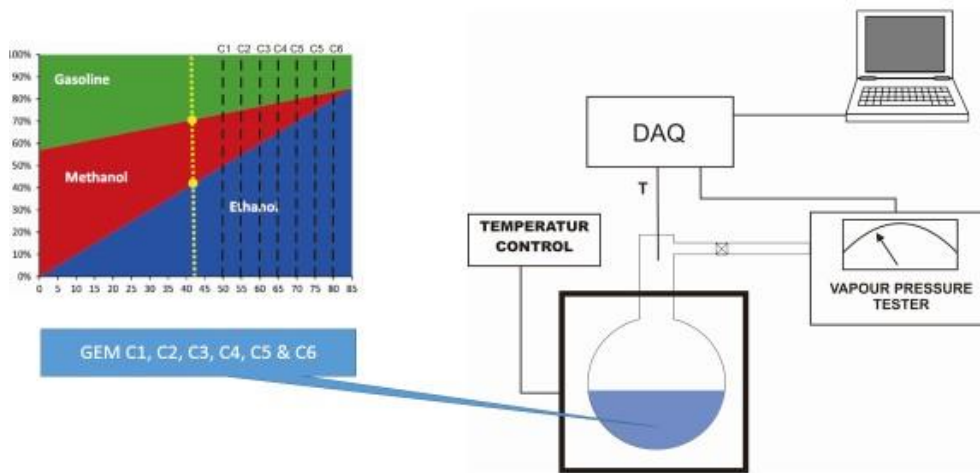
### 3.4. Set Up Penelitian

Set up penelitian untuk pengujian komposisi uap terhadap komposisi cair campuran bahan bakar disajikan pada gambar berikut,



Gambar 3.2 Setup pengujian komposisi uap terhadap cair campuran

Pengukuran vapor pressure berbagai komposisi campuran gasoline-alkohol (gasoline-ethanol-methanol blends) kondisi iso-stoikiometrik dilakukan setup penelitian sebagai berikut,



Gambar 3.3. Pengukuran Vapor pressure gasoline-ethanol-methanol kondisi iso-stoikiometrik



## BAB 4. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

### 4.1. Anggaran Biaya

Tabel 4.1. Anggaran biaya

No	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp)
1	Honorarium	11.400.000
2	Pembelian bahan habis pakai	20.000.000
3	Perjalanan	8.000.000
4	Sewa	20.000.000
	<b>Jumlah</b>	<b>58.400.000</b>

### 4.2. Jadwal Penelitian

Tabel 4.2. Jadwal kegiatan

No	Kegiatan	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	Bulan 4	Bulan 5	Bulan 6
1	Observasi lapangan	■					
2	Membuat rancangan		■				
3	Menyiapkan material (alat dan bahan)		■				
4	Pengujian mesin (pengambilan data)			■			
5	Olah data			■	■	■	
6	Publikasi					■	■
7	Penulisan materi ajar				■	■	■
8	Laporan						■

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Chen and K. Nishida, "Spray evaporation of ethanol–gasoline-like blend and combustion of ethanol–gasoline blend injected by hole-type nozzle for direct-injection spark ignition engines," *Fuel*, vol. 134, pp. 263–273, 2014.
- [2] C. P. Cooney, Yeliana, J. J. Worm, and J. D. Naber, "Combustion Characterization in an Internal Combustion Engine with Ethanol–Gasoline Blended Fuels Varying Compression Ratios and Ignition Timing," *Energy Fuels*, vol. 23, no. 5, pp. 2319–2324, 2009.
- [3] N. Jeuland, X. Montagne, and X. Gautrot, "Potentiality of Ethanol As a Fuel for Dedicated Engine," *Oil Gas Sci. Technol.*, vol. 59, no. 6, pp. 559–570, 2004.
- [4] M. Ghazikhani, M. Hatami, B. Safari, and D. D. Ganji, "Experimental investigation of performance improving and emissions reducing in a two stroke SI engine by using ethanol additives," *Propuls. Power Res.*, vol. 2, no. 4, pp. 276–283, 2013.
- [5] M. K. Balki and C. Sayin, "The effect of compression ratio on the performance, emissions and combustion of an SI (spark ignition) engine fueled with pure ethanol, methanol and unleaded gasoline," *Energy*, vol. 71, pp. 194–201, 2014.
- [6] W.-D. Hsieh, R.-H. Chen, T.-L. Wu, and T.-H. Lin, "Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline blended fuels," *Atmos. Environ.*, vol. 36, no. 3, pp. 403–410, 2002.
- [7] H. S. Yücesu, T. Topgül, C. Çınar, and M. Okur, "Effect of ethanol–gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 26, no. 17–18, pp. 2272–2278, 2006.
- [8] S. Polat, "An experimental study on combustion, engine performance and exhaust emissions in a HCCI engine fuelled with diethyl ether–ethanol fuel blends," *Fuel Process. Technol.*, vol. 143, pp. 140–150, 2016.
- [9] G. Najafi, B. Ghobadian, T. Yusaf, S. M. Safieddin Ardebili, and R. Mamat, "Optimization of performance and exhaust emission parameters of a SI (spark ignition) engine with gasoline–ethanol blended fuels using response surface methodology," *Energy*, vol. i, 2015.
- [10] N. Türköz, B. Erkuş, M. İhsan Karamangil, A. Sürmen, and N. Arslanoğlu, "Experimental investigation of the effect of E85 on engine performance and emissions under various ignition timings," *Fuel*, vol. 115, pp. 826–832, 2014.
- [11] M. Koç, Y. Sekmen, T. Topgül, and H. S. Yücesu, "The effects of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine," *Renew. Energy*, vol. 34, no. 10, pp. 2101–2106, 2009.
- [12] B. M. Masum, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, I. M. Rizwanul Fattah, S. M. Palash, and M. J. Abedin, "Effect of ethanol–gasoline blend on NO<sub>x</sub> emission in SI engine," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 24, pp. 209–222, 2013.

- [13] C. A. Srinivasan and C. G. Saravanan, "Study of Combustion Characteristics of an SI Engine Fuelled with Ethanol and Oxygenated Fuel Additives," vol. 1, no. x, pp. 85–91, 2010.
- [14] M. Ghazikhani, M. Hatami, B. Safari, and D. Domiri Ganji, "Experimental investigation of exhaust temperature and delivery ratio effect on emissions and performance of a gasoline–ethanol two-stroke engine," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 2, pp. 82–90, 2014.
- [15] C. Ji, C. Liang, Y. Zhu, X. Liu, and B. Gao, "Investigation on idle performance of a spark-ignited ethanol engine with dimethyl ether addition," *Fuel Process. Technol.*, vol. 94, no. 1, pp. 94–100, 2012.
- [16] S. Iliiev, "A Comparison of Ethanol and Methanol Blending with Gasoline Using a 1-D Engine Model," *Procedia Eng.*, vol. 100, pp. 1013–1022, 2015.
- [17] L. Sileghem, a. Coppens, B. Casier, J. Vancoillie, and S. Verhelst, "Performance and emissions of iso-stoichiometric ternary GEM blends on a production SI engine," *Fuel*, vol. 117, no. PART A, pp. 286–293, 2014.
- [18] P. Iodice and A. Senatore, "Cold start emissions of a motorcycle using ethanol-gasoline blended fuels," *Energy Procedia*, vol. 45, pp. 809–818, 2014.
- [19] L. C. Monteiro Sales and J. R. Sodr e, "Cold start characteristics of an ethanol-fuelled engine with heated intake air and fuel," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 40, pp. 198–201, 2012.
- [20] V. F. Andersen, J. E. Anderson, T. J. Wallington, S. A. Mueller, and O. J. Nielsen, "Vapor Pressures of Alcohol–Gasoline Blends," *Energy & Fuels*, vol. 24, no. 6, pp. 3647–3654, 2010.
- [21] F. Zhang, R. Yu, and X. S. Bai, "Effect of split fuel injection on heat release and pollutant emissions in partially premixed combustion of PRF70/air/EGR mixtures," *Appl. Energy*, vol. 149, pp. 283–296, 2015.
- [22] M. Pospisil, Z. Muzikova, and G. Sebor, "Volatility and Distillation Properties of Ethanol-Petrol Blends," *Goriva I Maz.*, vol. 46, no. 4, pp. 335–354, 2007.
- [23] S. Pukalskas and J. Grabys, "Influence of Composition of Gasoline – Ethanol Blends on Parameters of Internal Combustion Engine," *J. KONES Intern. Combust. Engines*, vol. 10, pp. 3–4, 2003.
- [24] R.-H. Chen, L.-B. Chiang, C.-N. Chen, and T.-H. Lin, "Cold-start emissions of an SI engine using ethanol–gasoline blended fuel," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 31, no. 8–9, pp. 1463–1467, 2011.
- [25] B. Waluyo and Saifudin, "Identifikasi Penyesuaian Minor Mesin Penggunaan Bakar Etanol-Premium Kadar Tinggi pada SI Engine," in *SEMNASTEK*, 2014, no. November, pp. 1–4.
- [26] A. Setiyawan, "Fakultas teknik program studi teknik kimia depok juni 2011," Depok, 2012.

- [27] I. G. Wiratmaja, "Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni," *J. Ilm. Tek. Mesin Cakra M*, vol. 4, no. 2, pp. 145–154, 2010.
- [28] J. B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, vol. 21. 1988.
- [29] Y.-J. Kim, "a Knowledge-Based Expert System for the Prediction of," *Korean Journals Chem. Eng.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–11, 1999.
- [30] H. A. K. Shahad, M. A. R. S. Al-baghdadi, and H. R. Abdol-hamid, "Ethanol as an octane enhancer for the commercial gasoline fuels," *Iraqi J. Mech. Mater. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 96–109, 2008.
- [31] P. Prajapati, V. Vaghela, D. Rawtani, H. Patel, J. Kubavat, and D. Baraiya, "Azeotropic mixture used for development and validation of Lornoxicam in bulk and its tablet dosage form by spectrophotometric method," *J. Pharm. Anal.*, vol. 2, no. 4, pp. 306–309, 2012.

## Lampiran 1. Justifikasi Anggaran Penelitian

<b>1. Honorarium</b>				
Honor	Honor/Jam (Rp)	Waktu (Jam/Minggu)	Minggu	Honor per tahun (Rp)
Pelaksana 1 (Ketua)	11.400.000	20	38	11.400.000
<b>Subtotal</b>				<b>11.400.000</b>
<b>2. Pembelian bahan habis pakai</b>				
Material	Justifikasi Pembelian	Kuan titas	Harga satuan (Rp)	Harga (Rp)
Ethanol (PA)	Material pengujian	8 L	350.000	2.800.000
Iso Octan (PA)	Material pengujian	6 L	1.500.000	9.000.000
Methanol (PA)	Material pengujian	6 L	100.000	600.000
Tinta Refil dan Kertas	Pelaporan	1 Pkt	600.000	600.000
Olah data & Pelaporan	Penyelesaian	1 Pkt	6.000.000	6.000.000
Submit Journal	Publikasi	1 kali	1.000.000	1.000.000
<b>Subtotal</b>				<b>20.000.000</b>
<b>3. Perjalanan</b>				
Item	Justifikasi Perjalanan	Kuan titas	Harga satuan (Rp)	Biaya (Rp)
Magelang-Malang	Pengujian dan Pembimbingan	4 Pkt	1.500.000	6.000.000
Malang-Surabaya	Pembelian material habis pakai	2 Pkt	1000.000	2.000.000
<b>Subtotal</b>				<b>8.000.000</b>
<b>4. Sewa</b>				
Material	Justifikasi Sewa	Kuan titas	Harga satuan (Rp)	Biaya (Rp)
Sewa alat destilasi	Pengujian Zeotropic	20	350.000	7.000.000
Sewa Vapor Pressure tester	Pengujian RVP	20	300.000	6.000.000
Uji Komposisi	Pengujian akhir	20	350.000	7.000.000
<b>Subtotal</b>				<b>20.000.000</b>
<b>TOTAL ANGGARAN YANG DIPERLUKAN</b>				<b>58.400.000</b>

Magelang, 2 Mei 2016  
Pengusul



( Budi Waluyo)  
NIDN. 0627057701

## Lampiran 2. Dukungan Sarana dan Prasarana Penelitian

No	Nama Alat dan Media Uji	Lokasi	Status
1.	Alat Destilasi Sederhana	Lab Farmasi UMMagelang	Kondisi sangat baik
2.	HPLC	Lab Terpadu Undip Semarang	Kondisi sangat baik
3.	Uji Tekanan Uap	Lab. Teknik Mesin Universitas Brawijaya	Kondisi sangat baik

**Lampiran 3. Rekomendasi Promotor Disertasi**

**SURAT REKOMENDASI PROMOTOR**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Prof. Ir. I.N.G Wardana, M.Eng., Ph.D  
NIP/NIDN : 19590703 198303 1 002 / 0003075906  
Unit Kerja : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Sebagai Promotor/Pembimbing:  
Nama : Budi Waluyo, ST., MT  
NIM/NIDN : 157060200111011/0627057701  
Program Studi : Program Doktor Teknik Mesin (PDTM) Universitas Brawijaya  
Program Studi Asal : Universitas Muhammadiyah Magelang

Dengan ini merekomendasikan mahasiswa tersebut diatas untuk mengusulkan skema hibah Penelitian Disertasi Doktor (PDD) untuk tahun anggaran 2017 dengan judul "**Peningkatan Tekanan Uap Campuran Bahan Bakar Etanol-Gasolin Kadar Tinggi**" yang merupakan bagian dari penyelesaian disertasi. Berdasar hasil sidang kualifikasi tanggal 4 Maret 2016, Mahasiswa tersebut telah dinyatakan layak untuk penelitian disertasi.

Malang, 27 April 2016

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S3 Teknik Mesin  
Universitas Brawijaya



Prof. Ir. I.N.G Wardana, M.Eng., Ph.D  
NIP. 19590703 198303 1 002

Promotor,

Prof. Ir. I.N.G Wardana, M.Eng., Ph.D  
NIP. 19590703 198303 1 002

## Lampiran 4. Biodata Peneliti

### Biodata Peneliti

#### A. Identitas Diri

- 1 Nama Lengkap (dengan gelar) : Budi Waluyo, ST., MT
- 2 Jenis Kelamin : Laki - Laki
- 3 Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- 4 NIP/NIK/Identitas lainnya : 067706026
- 5 NIDN : 0627057701
- 6 Tempat dan Tanggal Lahir : Temanggung, 27 Mei 1977
- 7 E-mail : otobody@yahoo.com
- 9 Nomor Telepon/HP : 085228255548
- 10 Alamat Kantor : Jl. Mayjend Bambang Soegeng Mertoyudan  
Magelang
- 11 Nomor Telepon/Faks : (0293) 326945
- 12 Lulusan yang Telah Dihasilkan : D-3 =77 orang;
13. Mata Kuliah yg Diampu : 1. Basic Engine Mechanical  
2. Thermodynamic  
3. Vehicle Air Conditioner  
4. Gasoline Fuel System
- 14 Alamat Rumah : Ploso, RT 02 / RW 01, Gesing, Kandangan  
Temanggung, Jawa Tengah. (56281)



#### B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Undip Semarang	Undip Semarang	
Bidang Ilmu	Teknik Mesin	Teknik Mesin	
Tahun Masuk-Lulus	1995-2001	2011-2013	
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Kaji Eksperimental Pengaruh Berbagai Sumber Air Terhadap Laju Kondensasi Pada Alat Destilasi Air Tenaga Matahari	Pembuatan Engine Test Bench Sistem Loop Tertutup Dengan Kontrol Pembebanan Manual	
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. Sudargana, MT.	Dr. Dipl.-Ing. Ir. Berkah Fajar TK.	

#### C. Riwayat Penelitian

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta)
1.	2010	Kaji Eksperimen penggunaan bahan bakar premium dan pertamak terhadap unjuk kerja	Mandiri	2



No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta)
		mesin pada sepeda motor Suzuki Thunder EN-125		
2.	2012	Optimasi setingan mesin pada penggunaan Gasohol E-15 dengan metode taguchi untuk mendapatkan emisi CO dan HC yang rendah	LP3M Universitas Muhammadiyah Magelang	5
	2013	Desain Coupling dan Mixer Variable Untuk Mempercepat Pemanfaatan LPG Sebagai Bahan Bakar Angkutan Umum Serta Pemilihan Vaporizer Yang Sesuai	RISTEK	220
3.	2014	Identifikasi Penyesuaian Minor Mesin Penggunaan Bahan Bakar Etanol-Premium Kadar Rendah Pada Spark Ignition (SI) Engine	Dikti	17
4.	2014	Pengembangan Komponen Mixer Untuk Kendaraan Berbahan Bakar LPG Beban Berat	RISTEK	200

#### **D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Tahun	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta)
1	2008-2014	Pendidikan dan Pelatihan Montir Sepeda Motor bagi pencari kerja masyarakat kota Magelang	Disnakertransos kota Magelang	40
2	2009	Pendidikan dan Pelatihan Montir Mobil bagi pencari kerja masyarakat kota Magelang	Disnakertransos kota Magelang	40
3	2012	Pendidikan dan Pelatihan Ketrampilan Berusaha masyarakat eks Napi kota Magelang	Disnakertransos kota Magelang	20
4	2013	Pendidikan dan Pelatihan Ketrampilan Berusaha (pengelasan) masyarakat eks Napi kota Magelang	Disnakertransos kota Magelang	20

### E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun
1.	Kaji Eksperimen Pengaruh Penambahan Elektroliser Pada Sistem Bahan Bakar Sepeda Motor Satu Silinder C100	Majalah Ilmiah Momentum Fakultas Teknik Univ. Wakhid Hasyim Semarang, 2009	Vol. 5 No. 1, April 2009, ISSN : 0216 – 7395, Halaman 30 – 40.
2.	Kaji Eksperimen: Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pada Sepeda Motor Suzuki thunder Tipe EN-125	Digital Prosiding SNTTM IX, 2010	Universitas Sriwijaya ISBN 978-602-97742-0-7 , Hal MI415-422, 2010
3.	Optimasi setingan mesin pada penggunaan gasohol E-15 dengan metode taguchi untuk mendapatkan emisi CO dan HC yang rendah	Prosiding SNTM 7, 2012	UK Petra. ISBN 978-602-97742-0-7 , Hal MI415-422,
4.	Pengembangan Coupling dan Mixer Variabel Untuk Kendaraan Berbahan Bakar LPG	Prosiding Seminar Nasional Insentif Riset Sinas tahun 2013	Asdep Relevansi Program Riptek, Deputi Bidang Relevansi dan Produktivitas Iptek, Kementerian Riset Dan Teknologi RI, ISBN: 978-602-18926-6-4, Halaman : 66-76
5.	Identifikasi Penyesuaian Minor Mesin Penggunaan Bahan Bakar Etanol-Premium Kadar Rendah Pada Spark Ignition (SI) Engine	Prosiding SEMNASTEK FT UMJ 2014	Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014 FT. UMJakarta , 12 November 2014, ISSN : 2407 – 1846 , Halaman: TM011 : 1-4
6.	Pengembangan Komponen Mixer Untuk Kendaraan Berbahan Bakar LPG Beban Berat	Prosiding Seminar Nasional Insentif Riset Sinas tahun 2014	Asdep Relevansi Program Riptek, Deputi Bidang Relevansi dan Produktivitas Iptek, Kementerian Riset Dan Teknologi RI, ISBN: 978-602-18926-6-4, Halaman : 5-10

**F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	SNTTI , Universitas Sultan Agung, Semarang.	Kaji Eksperimen Pengaruh Penambahan Elektroliser Pada Sistem Bahan Bakar Sepeda Motor Satu Silinder C100	UNISULA Semarang 2009
2.	Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IX, Palembang	Kaji Eksperimen: Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pada Sepeda Motor Suzuki thunder Tipe EN-125	UNSRI Palembang, 2010
3.	SNTM 7, UK Petra Surabaya.	Optimasi setingan mesin pada penggunaan gasohol E-15 dengan metode taguchi untuk mendapatkan emisi CO dan HC yang rendah	UK Petra Surabaya, 2012
4.	Seminar Insentif Riset SINas, Kementerian Riset dan Teknologi	Pengembangan Coupling dan Mixer Variabel Untuk Kendaraan Berbahan Bakar LPG	Grand Sahid Hotel Jakarta (2013)
5.	Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014 FT. UM Jakarta	Identifikasi Penyesuaian Minor Mesin Penggunaan Bahan Bakar Etanol-Premium Kadar Rendah Pada Spark Ignition (SI) Engine	FT UM Jakarta Rabu, 12 Nopember 2014
6.	Seminar Nasional Insentif Riset Sinas tahun 2014	Pengembangan Komponen Mixer Untuk Kendaraan Berbahan Bakar LPG Beban Berat	Hotel Horison Bandung 1-2 Okt 2014

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Disertasi Doktor.

Magelang, 2 Mei 2016  
Pengusul



( Budi Waluyo)  
NIDN. 0627057701

## Lampiran 5. Surat Pernyataan Ketua Penelitian



**Universitas Muhammadiyah Magelang**

**Lembaga Penelitian Pengembangan dan Pengabdian kepada Masyarakat [ LP3M ]**

Sekretariat Gedung Rektorat Lantai 3 Kampus 2

Jalan Mayjen Bambang Soegeng Km 5 Mertoyudan Magelang 56172

Tel 0293 326945 ext 132 Fax 0293 325554 Website [lp3m.ummgl.ac.id](http://lp3m.ummgl.ac.id) e-mail [lp3m@ummgl.ac.id](mailto:lp3m@ummgl.ac.id)

### SURAT PERNYATAAN KETUA PENELITI / PELAKSANAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Budi Waluyo, ST., MT.  
NIDN : 0627057701  
Pangkat / Golongan : Penata Muda / IIIa  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

Dengan ini menyatakan bahwa proposal penelitian saya dengan judul :

#### **PENINGKATAN TEKANAN UAP CAMPURAN BAHAN BAKAR ETANOL- GASOLIN KADAR TINGGI**

yang diusulkan salam skema Penelitian Disertasi Doktor untuk tahun anggaran 2017 bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga / sumber dana yang lain.

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penelitian yang sudah diterima ke kas negara.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Magelang, 24 Mei 2016

Mengetahui,  
Ketua LP3M



(Dr. Suliswiyadi, M.Ag)  
NIK. 966610111

Yang menyatakan,  
neliti



(Budi Waluyo, ST., MT.)  
NIK. 067706026