

**PENGARUH INDUKSI ELEKTROMAGNETIK TERHADAP
KINERJA MOTOR BENSIN 4 LANGKAH BERBAHAN BAKAR
CAMPURAN PREMIUM DAN BIOETANOL**

SKRIPSI

KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh:

**ROBBY KURNIAWAN
NIM. 0710620048-62**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2012

**PENGARUH INDUKSI ELEKTROMAGNETIK TERHADAP
KINERJA MOTOR BENSIN 4 LANGKAH BERBAHAN BAKAR
CAMPURAN PREMIUM DAN BIOETANOL**

SKRIPSI

KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

ROBBY KURNIAWAN

NIM. 0710620048-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.,
NIP. 19490911 198403 1 001

Dr Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH INDUKSI ELEKTROMAGNETIK TERHADAP KINERJA MOTOR BENSIN 4 LANGKAH BERBAHAN BAKAR CAMPURAN PREMIUM DAN BIOETANOL

SKRIPSI KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ROBBY KURNIAWAN
NIM. 0710620048-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal 30 Januari 2012

Dosen Penguji

Skripsi I

Skripsi II

Ir. Erwin Sulisty, MT.
NIP. 19661213 199802 1 001

Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

Komprehensif

Dr. Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT.
NIP. 19720817 200003 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahvudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala berkah dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **“Pengaruh Induksi Elektromagnetik Terhadap Kinerja Motor Bensin 4 Langkah Berbahan Bakar Campuran Premium dan Bioetanol”**.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis yang harus diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Atas selesainya skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Suhariyanto dan Sri Luky Hartati selaku kedua orang tua saya dan keluarga besar yang telah memberikan doa serta dukungan moril dan materiil selama penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc., selaku dosen pembimbing pertama yang telah banyak memberikan masukan, diskusi dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat mendukung selama penyusunan skripsi ini.
5. Teman-teman mesin 2007 untuk seluruh dukungan yang diberikan.
6. Seluruh pihak terkait yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk masukan di masa mendatang. Akhirnya penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 10 Januari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Motor Bensin	4
2.3 Bahan Bakar Motor Bensin	6
2.3.1 Premium	6
2.3.1.1 Spesifikasi	7
2.3.2 Biopremium	7

2.3.3 Bioetanol	9
2.4 Proses Pembakaran Motor Bensin	11
2.5 Kinerja Motor Bensin	12
2.5.1 Torsi (T)	12
2.5.2 Daya Efektif (Ne)	13
2.5.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe)	14
2.5.4 Efisiensi Termal Efektif (η_e)	14
2.5.5 Analisa Emisi Gas Buang	15
2.6 Elektromagnet	16
2.6.1 <i>Electromagnetic Resonance Ionizer</i>	17
2.6.2 Pengaruh Induksi Magnet Terhadap Proses Pembakaran	18
2.7 Hipotesis	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian	21
3.2 Variabel Penelitian	21
3.3 Rencana Penelitian	22
3.3.1 Instalasi Pengujian	22
3.3.2 Peralatan Utama	23
3.3.3 Peralatan Bantu	25
3.3.4 Bahan yang digunakan	26
3.3.5 Rancangan Penelitian	26
3.4 Rencana Analisis Data	26
3.5 Waktu dan Tempat Penelitian	28

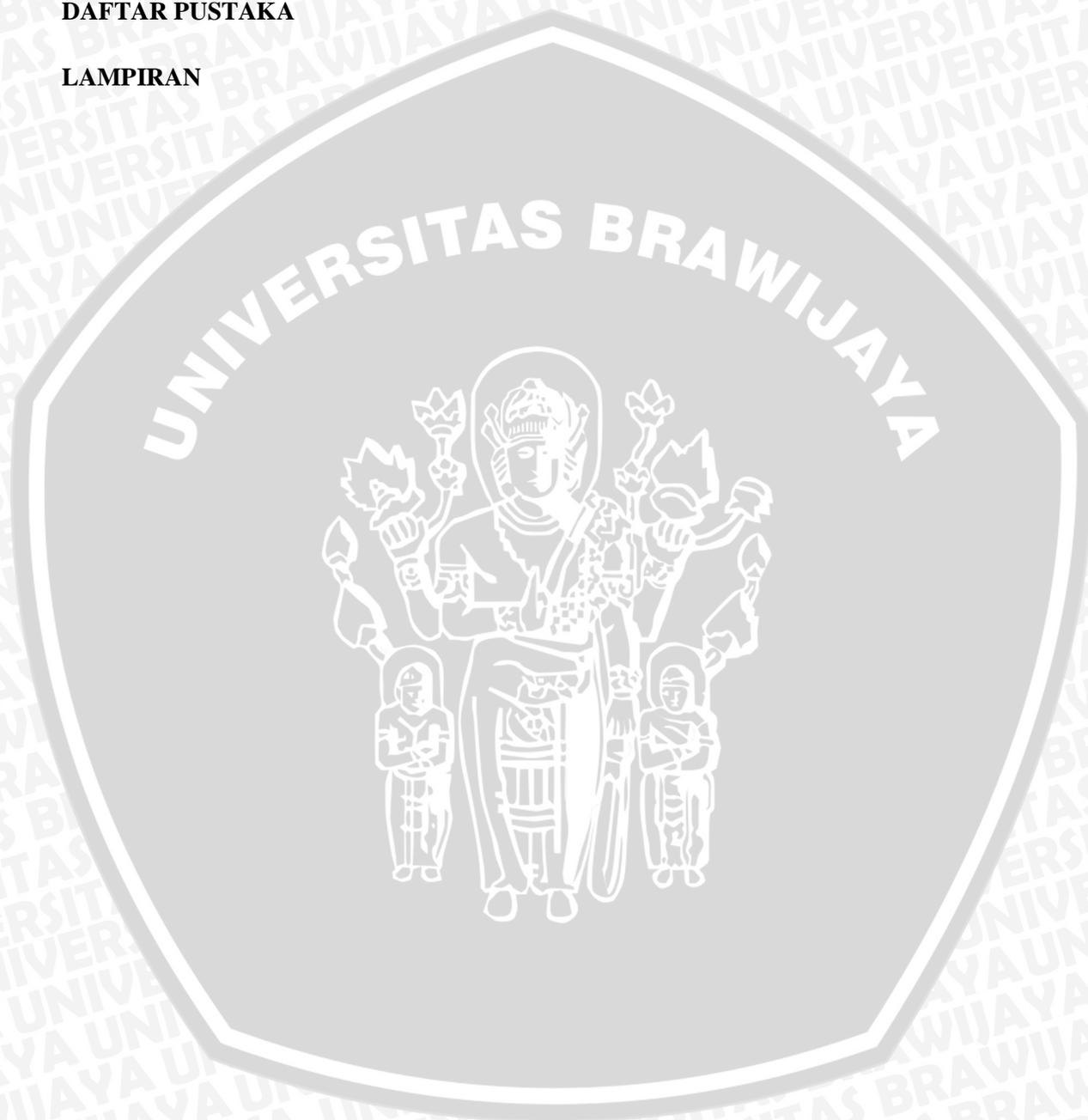


3.6	Prosedur Pengujian Indukdi	28
3.7	Prosedur Penelitian	28
3.8	Analisis Statistik	29
3.9	Diagram Alir Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Analisa Data	35
4.1.1	Data Hasil Pengujian	35
4.1.2	Perhitungan Data	37
4.1.3	Analisis Statistik	38
4.1.3.1	Analisis Varian untuk Torsi	43
4.1.3.1	Analisis Varian untuk Daya Efektif	43
4.1.3.1	Analisis Varian untuk SFCE	44
4.1.3.1	Analisis Varian untuk Efisiensi Termal Efektif	45
4.2	Pembahasan	46
4.2.1	Hubungan antara Putaran dengan Torsi	46
4.2.2	Hubungan antara Putaran dengan Daya Efektif	48
4.2.3	Hubungan antara Putaran dengan SFCE	50
4.2.4	Hubungan antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif	52
4.2.5	Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas CO	54
4.2.6	Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas HC	55

BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

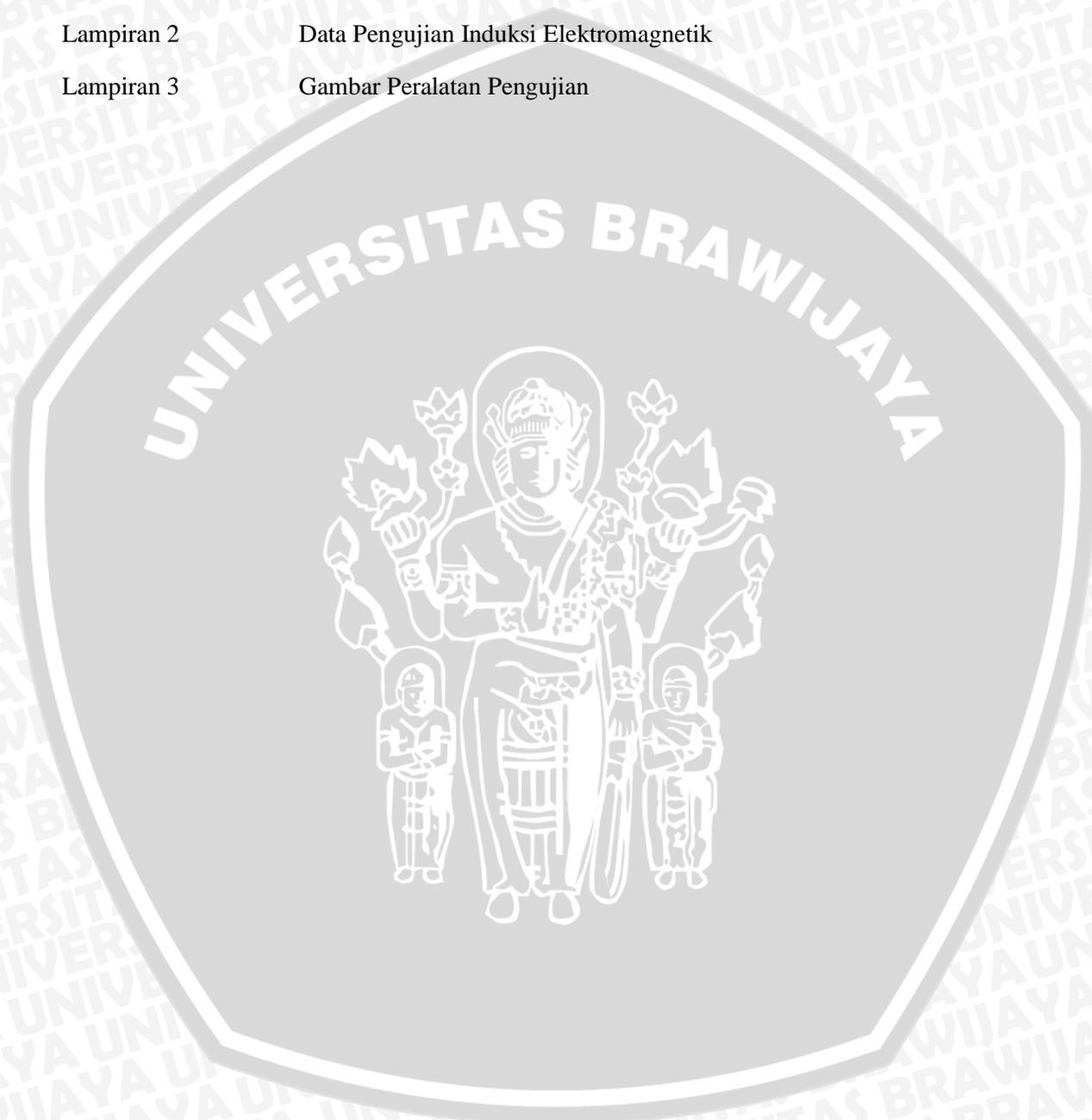
No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Nilai Oktan Gasolin Indonesia	7
Tabel 2.2	Perbandingan sifat antara etanol dan premium	8
Tabel 3.1	Kemampuan Pengukuran <i>Gas Analyzer</i>	23
Tabel 3.2	Contoh data pengujian tanpa perlakuan	26
Tabel 3.3	Rancangan Pengamatan Model Dua Arah Dengan Pengulangan Analisis Varian	30
Tabel 3.4		32
Tabel 4.1	Data hasil pengujian tanpa perlakuan (BB premium murni)	35
Tabel 4.2	Data hasil pengujian tanpa perlakuan (BB E10 biopremium)	35
Tabel 4.3	Data hasil pengujian dengan induksi elektromagnetik 0.20 Tesla (BB E10 biopremium)	36
Tabel 4.4	Data hasil pengujian dengan induksi elektromagnetik 0.25 Tesla (BB E10 biopremium)	36
Tabel 4.5	Data hasil pengujian dengan induksi elektromagnetik 0.30 Tesla (BB E10 biopremium)	36
Tabel 4.6	Perhitungan Analisis Varian	39
Tabel 4.7	Analisis Varian Dua Arah Torsi	43
Tabel 4.8	Analisis Varian Dua Arah Daya Efektif	44
Tabel 4.9	Analisis Varian Dua Arah Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif	44
Tabel 4.10	Analisis Varian Dua Arah Efisiensi Termal Efektif	45

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Skema Langkah Kerja Motor Bakar Empat Langkah Bioetanol	5
Gambar 2.2	Rumus Molekul Etanol	10
Gambar 2.3	Cara Menghitung Torsi	11
Gambar 2.4	Bentuk Solenoida	13
Gambar 2.5	Toroida	16
Gambar 2.6	<i>Electromagnetic Resonance Ionizer</i>	17
Gambar 2.7	Skema Instalasi Mesin Pengujian	18
Gambar 3.1	<i>Electromagnetic Resonance Ionizer</i>	17
Gambar 3.2	Contoh Grafik hubungan antara putaran terhadap torsi	24
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian	27
Gambar 3.4	Pengukuran Torsi	33
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara putaran dengan torsi	37
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara putaran dengan daya efektif	46
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan SFCE	48
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan Efisiensi Termal Efektif	50
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara putaran dengan Emisi Gas CO	52
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara putaran dengan Emisi Gas HC	54
Gambar 4.7		55

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Data pengujian Motor Bensin
Lampiran 2	Data Pengujian Induksi Elektromagnetik
Lampiran 3	Gambar Peralatan Pengujian



RINGKASAN

Robby Kurniawan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2012, *Pengaruh Induksi Elektromagnetik Terhadap Kinerja Motor Bensin 4 Langkah Berbahan Bakar Campuran Premium dan Bioetanol*, Dosen Pembimbing : Rudy Soenoko dan Slamet Wahyudi.

Banyak pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh pembakaran yang tidak sempurna oleh motor bensin 4 langkah. Pembakaran yang tidak sempurna merupakan pemborosan bahan bakar yang jumlahnya sekarang tidak banyak lagi dan perlu kita hemat penggunaannya. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan kinerja motor bensin 4 langkah untuk penghematan bahan bakar dan mengurangi pencemaran lingkungan yang terjadi.

Untuk memperoleh kinerja yang baik dari motor bensin 4 langkah salah satu caranya yaitu dengan mengkondisikan bahan bakar sebelum masuk ruang bakar agar bahan bakar semakin reaktif dan mudah mengikat oksigen dalam udara. Pengkondisian bahan bakar ini dapat dilakukan dengan menggunakan induksi elektromagnetik dengan memasang alat *electromagnetic resonance ionizer* pada aliran bahan bakar untuk mempengaruhi keadaan bahan bakar tersebut. Dalam penelitian ini digunakan beberapa intensitas induksi elektromagnetik yaitu 0,20 ; 0,25 ; dan 0,30 Tesla . Serta digunakannya bahan bakar biopremium etanol dengan campuran 10% etanol dan 90 % premium.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya pengaruh induksi elektromagnetik pada aliran bahan bakar akan mengurangi produk *unburned hydrocarbon* pada motor bensin. Kinerja motor bensin dengan bahan bakar biopremium E10 optimal didapatkan pada pengujian dengan pengaruh induksi elektromagnetik sebesar 0,3 Tesla.

Kata Kunci : *induksi elektromagnetik, electromagnetic resonance ionizer, etanol, kinerja*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mengetahui pada saat sekarang bahan bakar minyak masih menjadi bahan yang masih dicari penggantinya karena di bumi bahan bakar minyak sudah hampir mencapai batasnya. Dalam upaya mengatasi krisis ekonomi, pemerintah telah menetapkan kebijakan untuk mengurangi subsidi bahan bakar minyak (BBM) secara bertahap. Secara riil bagi masyarakat, kebijakan tersebut berarti naiknya harga BBM. Akibatnya secara otomatis terjadi kenaikan harga-harga kebutuhan hidup yang lain.

Dampak langsung dari kebijakan tersebut secara khusus terasa di bidang transportasi. Para pemilik kendaraan pribadi tidak bisa menghindar dari kenaikan harga BBM ini, mereka harus mengeluarkan uang lebih banyak untuk mengoperasikan kendaraannya. Bagi mereka yang tingkat ekonominya cukup bisa saja membeli mobil baru dengan teknologi terbaru yang terbukti hemat BBM. Lain halnya dengan mereka yang telah lama memiliki mobil khususnya produksi sebelum tahun 1980 an. Mereka harus memilih menjual mobil lamanya dan membeli mobil baru atautah mempertahankan mobilnya dengan memodifikasi agar performa dan efisiensinya meningkat khususnya konsumsi BBM mobil tersebut.

Kendaraan saat ini yang banyak dipakai adalah kendaraan bermotor berbahan bakar minyak sebagai sumber energi. Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Namun, pemakaian bahan bakar minyak bumi kian hari semakin meningkat seiring pertambahan jumlah penduduk dunia. Persediaan minyak di perut bumi semakin menipis, sehingga perlu adanya penemuan sumber energi atau bahan bakar alternatif.

Pembakaran yang tidak sempurna pada kendaraan bermotor sangat mencemari lingkungan dan dapat menurunkan performa mesin. Proses pembakaran yang sempurna, bahan bakar akan bersenyawa dengan oksigen. Hidrogen dalam bahan bakar yang bersenyawa dengan oksigen menjadi uap air (H_2O) dan karbon yang bersenyawa dengan oksigen menjadi karbon dioksida (CO_2). Akan tetapi, pada kenyataannya proses pembakaran yang terjadi tidak

sempurna, sehingga kendaraan mengeluarkan beberapa jenis polutan berbahaya, seperti hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (NO_x), oksida belerang (SO_x), dan karbon monoksida (CO).

Untuk menghadapi masalah menipisnya bahan bakar minyak dan pencemaran lingkungan akibat gas buang hasil proses pembakaran perlu adanya pemanfaatan bahan bakar alternatif pengganti BBM atau penemuan alat-alat dan modifikasi untuk menghemat konsumsi BBM serta mengurangi pencemaran akibat pembakaran yang tidak sempurna. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu penggunaan alat *Electromagnetic Resonance Ionizer* dengan bahan bakar campuran premium dan bioetanol untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dengan mengondisikan bahan bakar sebelum masuk ruang bakar agar didapat pembakaran yang sempurna di dalam ruang bakar. Penggunaan premium dan bioetanol diharapkan dapat meningkatkan jumlah bahan bakar yang terbakar dalam ruang bakar karena bioetanol mengandung oksigen sehingga pembakaran yang terjadi akan lebih baik. Selain itu bioetanol merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena bersih dari emisi bahan pencemar.

Kinerja motor diesel dapat semakin meningkat seiring dengan semakin membesarnya diameter kawat yang digunakan. Karena semakin besar diameter kawat maka semakin kecil pula tahanan magnetnya sehingga energi listrik yang diberikan pada kawat yang diameternya lebih besar akan semakin memperbesar fluks magnetnya untuk magnetisasi bahan bakar. Oleh karena itu akan menjadikan pembakaran di motor diesel menjadi lebih sempurna dan efisiensi dari mesin akan semakin tinggi (Siregar, 2007).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diambil suatu rumusan rmasalah yang akan diteliti yaitu:

“Bagaimana pengaruh induksi *electromagnetic* terhadap kinerja motor bensin 4 langkah berbahan bakar premium dan bioetanol?”

1.3 Batasan Masalah

1. Mesin yang digunakan untuk penelitian adalah motor bensin empat langkah Datsun DWE-80-100-HS-AV
2. Mesin pengujian yang digunakan dalam keadaan tidak berjalan (statis).
3. Sumber gelombang *electromagnetic* berasal dari alat *Electromagnetic Resonance Ionizer* dengan sumber energi arus listrik DC dari alternator.
4. Bahan bakar utama yang digunakan adalah bensin dari SPBU.
5. Campuran yang digunakan adalah 10%, ethanol terhadap jumlah bahan bakar utama yang digunakan.
6. Parameter yang digunakan untuk mengetahui unjuk kerja adalah Torsi (T), Daya Efektif (Ne), Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCE), dan Efisiensi Thermal Efektif (η_{te}).
7. Emisi gas buang yang diukur dengan *gas analyser* adalah gas CO dan HC.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh intensitas gelombang *electromagnetic* terhadap Torsi, Daya Efektif, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif, Efisiensi Thermal Efektif, serta emisi gas karbon monoksida (CO) dan gas hidrokarbon (HC) pada motor bensin empat langkah berbahan bakar campuran premium dan etanol.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan sebagai referensi tambahan bagi mahasiswa teknik mesin pada khususnya dalam penelitian-penelitian selanjutnya mengenai usaha penghematan bahan bakar bagi pengguna motor bensin empat langkah.
2. Menghasilkan campuran bahan bakar yang ramah lingkungan.
3. Memberi info kepada dunia industri otomotif tentang salah satu usaha untuk mengurangi konsumsi bahan bakar tanpa menurunkan unjuk kerja motor bensin empat langkah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Siregar (2007) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh diameter kawat kumparan alat penghemat energi yang berbasis *electromagnetic* terhadap kinerja motor Diesel. Dari penelitian tersebut dihasilkan kinerja motor Diesel yang semakin meningkat dengan semakin membesarnya diameter kawat yang digunakan. Karena semakin besar diameter kawat maka semakin kecil pula tahanan magnetnya sehingga energi listrik yang diberikan pada kawat yang diameternya lebih besar akan semakin memperbesar fluks magnetnya untuk magnetisasi bahan bakar. Oleh karena itu akan menjadikan pembakaran di motor bensin menjadi lebih sempurna dan efisiensi dari mesin akan semakin tinggi.

Selain itu ada juga penelitian yang dilakukan oleh *Nurchahyo (2008)* mengenai pengaruh penambahan *multiple* medan magnet arah radial pada aliran bahan bakar terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah. Dari penelitian tersebut dihasilkan unjuk kerja motor bensin yang semakin meningkat dengan ditambahkannya medan magnet pada aliran bahan bakar dibandingkan tanpa pemakaian alat. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pembakaran yang terjadi didalam motor bensin yang aliran bahan bakarnya dipengaruhi medan magnet menjadi lebih sempurna, sehingga efisiensi thermal dari mesin akan semakin tinggi.

2.2 Motor Bensin

Mesin bensin atau mesin Otto (Nikolaus Otto) adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran, dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis.

Prinsip kerja motor bensin empat langkah (4 tak) terdiri dari:

a. Langkah Isap

Pada langkah isap posisi katup hisap dalam keadaan terbuka, katup buang dalam keadaan menutup serta torak bergerak dari TMA menuju ke TMB. Akibatnya terjadi kevakuman di dalam silinder yang menyebabkan terisapnya campuran udara dan premium masuk ke dalam silinder.

b. Langkah Kompresi

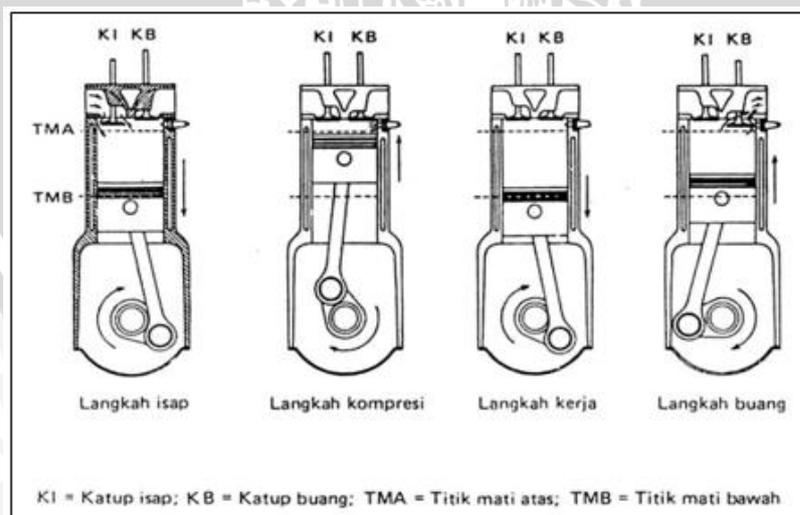
Setelah bahan bakar masuk ke dalam silinder torak masih bergerak dari TMA menuju ke TMB, katup isap mulai menutup sehingga kedua katup dalam keadaan tertutup. Dengan demikian bahan bakar (campuran udara dan premium) tersebut dikompresi oleh tekanan torak ketika torak bergerak dari TMB menuju TMA. Sesaat sebelum torak mencapai TMA, busi memercikkan bunga api listrik pada ujung elektrodanya yang menyebabkan terbakarnya campuran udara dan premium.

c. Langkah Ekspansi

Ketika campuran udara dan premium terbakar maka terjadi ledakan pembakaran yang menghasilkan tekanan yang tinggi, akibat dari tekanan yang tinggi menyebabkan terdorongnya torak dari TMA menuju TMB (langkah ekspansi). Gaya gerak yang ditimbulkan oleh gerakan torak yang menuju ke TMB diteruskan pada poros engkol melalui tangkai torak. Pada langkah usaha posisi kedua katupnya dalam keadaan menutup.

d. Langkah Buang

Pada langkah buang posisi katup isap dalam keadaan menutup dan katup buang dalam keadaan terbuka sehingga gas bekas keluar dengan sendirinya. Torak bergerak dari TMB menuju ke TMA, mendorong gas sisa pembakaran yang selanjutnya keluar menuju saluran keluar.



Gambar 2.1 : Skema Langkah Kerja Motor Bakar Empat Langkah.

Sumber: Arismunandar (2002:8)

2.3 Bahan Bakar Motor Bensin

Bahan bakar yang dipakai disini adalah bensin / premium yang mana merupakan zat cair yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi yang didalamnya mengandung unsur-unsur karbon dan hidrogen. Pada suhu biasa bensin akan menguap dan akan menyala dengan mudah apabila disulut oleh api.

2.3.1 Premium

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih dan merupakan susunan dari rantai lurus hidrokarbon, mulai C_7 (heptana) sampai C_{11} . Dengan kata lain, premium atau bensin terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon yang terikat satu dengan lainnya sehingga membentuk rantai hidrokarbon. Premium atau bensin dibuat dari minyak mentah, cairan hitam yang dipompa dari perut bumi yang biasa disebut dengan *petroleum*. Cairan ini mengandung hidrokarbon yang atom-atom karbon dalam minyak bumi ini berhubungan satu dengan lainnya dengan cara membentuk rantai hidrokarbon yang panjangnya berbeda-beda. Molekul hidrokarbon dengan panjang yang berbeda memiliki sifat dan kelakuan yang berbeda pula. Dengan bertambahnya rantai hidrokarbon akan meningkatkan titik didihnya, sehingga kita dapat memisahkan hidrokarbon ini dengan cara destilasi. Prinsip inilah yang diterapkan dipengilangan minyak untuk memisahkan berbagai fraksi hidrokarbon dari minyak mentah.

Premium merupakan BBM untuk kendaraan bermotor yang paling populer di Indonesia. Premium di Indonesia dipasarkan oleh Pertamina dengan harga yang relatif murah karena memperoleh subsidi dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara. Premium merupakan BBM dengan oktan atau *Research Octane Number (RON)* terendah di antara BBM untuk kendaraan bermotor lainnya, yakni hanya 88. Pada umumnya, premium digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, seperti: mobil, sepeda motor, motor tempel, dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor *gasoline* atau petrol. Dengan penambahan etanol diharapkan akan mampu meningkatkan kinerja dari premium.

2.3.1.1 Spesifikasi

Premium yang digunakan sebagai bahan bakar motor harus memenuhi beberapa spesifikasi. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran pada mesin dan mengurangi dampak negatif dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar yang dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan dan kesehatan. Premium yang digunakan

sebagai bahan bakar harus memiliki nilai oktan yang cukup tinggi dan memiliki kandungan bahan - bahan berbahaya seperti timbal, sulfur, senyawa - senyawa nitrogen, yang dapat menimbulkan efek kerusakan lingkungan dan masalah kesehatan. Nilai oktan yang harus dimiliki oleh premium yang digunakan sebagai bahan bakar ditampilkan dalam nilai oktan gasolin Indonesia yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Nilai Oktan Gasolin Indonesia

Jenis Bensin	Angka Oktan	Rasio Kompresi
Premium	88	7 : 1 - 9 : 1
Pertamax	92	9 : 1 - 10 : 1
Pertamax Plus	95	10 : 1 - 11 : 1

Sumber : <http://starlet2e.blogspot.com/-pembatasan-bbm-2011.html>

2.3.2 Biopremium

Sebagai pengganti bensin yang digunakan memiliki komposisi 90% premium, 10% etanol. Etanol adalah bahan bakar beroktan tinggi dan dapat menggantikan timbal sebagai peningkat nilai oktan dalam bensin. Dengan mencampur etanol dengan bensin, akan mengoksidasi campuran bahan bakar sehingga dapat terbakar lebih sempurna dan mengurangi emisi gas buang.

Biopremium nampaknya akan menjadi energi yang mempunyai prospek dan masa depan yang cerah, karena:

- Biopremium mengandung oksigen yang menyebabkan pembakaran lebih sempurna.
- Biopremium memiliki angka oktan yang lebih tinggi dari pada premium, sehingga dapat mengurangi detonasi atau *knocking* pada operasi mesin.
- Biopremium dihasilkan dari bahan yang dapat diperbaharui, sumber yang dapat didaur ulang, tidak menambah secara signifikan gas rumah kaca.

Berikut ini dapat dilihat perbandingan sifat thermal, kimia, dan fisika antara bioetanol dan premium pada tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Perbandingan sifat thermal, kimia.dan fisika antara etanol dan premium

No.	Keterangan	Unit	Ethanol/Bio-Ethanol	Premium
1.	Sifat Thermal			
a.	Nilai kalor	(kkal/liter)	5023,3	8308,0
b.	Panas penguapan pada 20° C	(kkal/liter)	6,4	1,8
c.	Tekanan uap pada 38° C	(Bar)	0,2	0,8
d.	Angka oktan motor	(MON)	94,0	82,0
e.	Angka oktan riset	(RON)	111,0	91,0
f.	Index Cetan	(°C)	3,0	10,0
g.	Suhu pembakaran sendiri		363,0	221,0-260,0
h.	Perbandingan nilai bakar terhadap premium		0,6	1,0
2.	Sifat Kimia			
a.	Analisis berat:			
	C		52,1	87,0
	H		13,1	13,0
	O		34,7	0
	C/H		4,0	6,7
b.	Keperluan udara (kg udara/kg bahan bakar)		9,0	14,8
3.	Sifat Fisika			
1.	Berat Jenis	(g/cm)	0,8	0,7
2.	Titik Didih	(°C)	78,0	32,0-185,0
3.	Kelarutan dalam air		Ya	tidak

Sumber: Wahid(2005:68)

Biopremium bisa langsung dipergunakan oleh mesin bensin tanpa memodifikasi mesin bensin dahulu. Campuran antara premium dan etanol menggunakan factor “E” untuk menyatakan seberapa besar campuran etanol pada premium. Berikut ini beberapa contohnya :

- E100 memiliki komposisi 100 % etanol
- E50 memiliki komposisi 50 % etanol
- E20 memiliki komposisi 20 % etanol
- E10 memiliki komposisi 10 % etanol
- E5 memiliki komposisi 5 % etanol

2.3.3 Bioetanol

Bioetanol merupakan salah satu sumber energi terbarui karena energi ini didapatkan dari energi matahari. Pembuatan etanol diawali tanaman seperti tebu yang melakukan fotosintesis sehingga tumbuh sampai besar. Nantinya tanaman ini yang diproses menjadi bioetanol.

Bioetanol dikenal sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan, karena bersih dari emisi bahan pencemar. Bioetanol dapat dibuat dari bahan baku tanaman yang mengandung pati seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, tebu dan

sagu. Ubi kayu, ubi jalar, dan jagung merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam rakyat hampir diseluruh wilayah Indonesia, sehingga jenis tanaman tersebut merupakan tanaman yang potensial untuk sumber bahan baku pembuat bioetanol.

Biotanol diproduksi dengan cara fermentasi mikroba pada gula. Fermentasi mikroba saat ini hanya bisa dilakukan langsung pada gula. Dua komponen utama dalam tanaman, amilum dan selulosa, dua-duanya terdiri dari gula dan bisa diubah menjadi gula melalui fermentasi. Sekarang ini, hanya gula (contohnya tebu) dan amilum (contohnya jagung) yang masih bernilai ekonomis jika dikonversi. sehingga pemanfaatan bioetanol sebagai bahan pengganti BBM perlu dikembangkan, karena potensi bioetanol sangat besar untuk pengganti BBM.

Walaupun etanol/bioetanol mempunyai nilai oktan (*octane rating*) lebih tinggi dan emisi yang lebih bersih dibanding premium, namun etanol/bioetanol juga mempunyai sifat korosif dan membuat mesin lebih sulit distarter. Sifat korosif ini menyebabkan diperlukannya material yang tahan korosif pada peralatan-peralatan tertentu seperti, tanki bahan bakar, karburator, pipa-pipa, karet-karet penyekat dan lain-lain peralatan. Sedangkan kesulitan dalam starter ini memang sulit dihindari, karena temperatur pembakaran sendiri/flash point bioetanol yang tinggi sehingga pembakaran secara homogen akan sulit tercapai pada tekanan kompresi di ruang bakar, khususnya pada mobil lama yang menggunakan karburator konvensional. Oleh karena itu, penggunaan campuran Bioetanol dalam premium dibatasi antara 5 – 25% agar kinerja mesin tidak terlalu berbeda, sedangkan pemakaian campuran yang lebih besar harus menggunakan mesin yang sudah dimodifikasi atau mesin yang khusus untuk pemakaian etanol. Gambar etanol dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 : Bioetanol

Sumber : http://www.gram.rs/images/etanol_70_200100.jpg

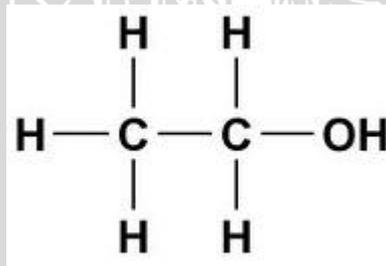
Etanol juga memiliki sifat - sifat sebagai berikut:

- Rumus molekul : C_2H_5OH
- Massa molar : 46,07 g/mol
- Densitas : 0,789 g/cm³
- Titik leleh : -114,3
- Titik didih : 78,4
- Keasaman : 15,9 (pK_a)
- Viskositas : 1,200 cP (20 °C)
- Momen dipol : 1,69 D (gas)
- Titik nyala : 170 °F

Beberapa alasan bioetanol dipilih sebagai bahan bakar campuran yaitu sebagai berikut:

1. Bioetanol mudah didapatkan dan mudah dikembangkan.
2. Bioetanol merupakan bahan bakar yang dapat diperbarui (*renewable fuel*).
3. Emisi yang dihasilkan lebih rendah dari bahan bakar minyak bumi.
4. Mampu bercampur dengan pelarut organik seperti air, gliserol, ether.

Berikut ini pada gambar 2.3 dapat terlihat gambar rumus molekul dari etanol:



Gambar 2.3 : Rumus Molekul Etanol
Sumber : <http://biology.clc.uc.edu/>

2.4 Proses Pembakaran Motor Bensin

Pembakaran merupakan reaksi kimia oksidasi yang sangat cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar disertai dengan timbulnya api (*flame*) dan menghasilkan kalor pada temperatur tinggi (Turns, 1996:12). Elemen utama bahan bakar adalah karbon, hidrogen, dan sulfur. Pembakaran dikatakan sempurna jika semua kandungan karbon (C)

dalam bahan bakar terbakar habis membentuk karbondioksida (CO₂), semua hidrogen (H) terbakar membentuk uap air (H₂O), dan semua sulfur (S) terbakar membentuk sulfurdioksida (SO₂). Jika kondisi tersebut tidak terpenuhi, berarti pembakaran tidak sempurna.

Persamaan reaksi pembakaran pada motor bensin yaitu:



Pembakaran dikatakan sempurna bila campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan yang tepat, hingga tidak diperoleh sisa. Bila oksigen terlalu banyak, dikatakan campuran *lean* (miskin). Pembakaran ini menghasilkan api oksidasi.

Sebaliknya, bila bahan bakarnya terlalu banyak (atau tidak cukup oksigen), dikatakan campuran *rich* (kaya). Pembakaran ini menghasilkan api reduksi. Api reduksi ditandai oleh lidah api panjang, kadang-kadang sampai terlihat berasap. Keadaan ini juga disebut pembakaran tidak sempurna.

Pada proses pembakaran selalu diusahakan untuk terjadinya pembakaran yang sempurna, karena itu ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

1. Penguapan yang efisien dari bahan bakar
2. Digunakan cukup udara
3. Harus terjadi campuran yang homogen antara bahan bakar dan udara
4. Temperatur pembakaran harus cukup tinggi

Kalau salah satu syarat ini tidak dipenuhi maka tidak akan terjadi pembakaran sempurna. (Soetiari Tj,1990:35).

2.5 Kinerja Motor Bensin

Pengujian dari suatu motor bakar adalah untuk mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri. Parameter – parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja mesin dalam penelitian motor bensin 4 langkah ini meliputi:

1. Torsi (T)
2. Daya efektif (Ne)
3. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe)
4. Efisiensi termal efektif (η_{te})
5. Kandungan gas CO, CO₂, O₂ dan HC pada gas buang

2.5.1 Torsi (T)

Torsi merupakan momen putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya torsi suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut *dynamometer*, yang akan menunjukkan besarnya gaya atau beban pengereman pada poros, sehingga harga torsi dapat dicari dari hubungan antara perkalian besarnya beban pengereman dengan panjang lengan yang menghubungkan timbangan dengan poros. Besarnya torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = F \times L \quad (\text{Bueche, 1988: 16}) \quad (2-1)$$

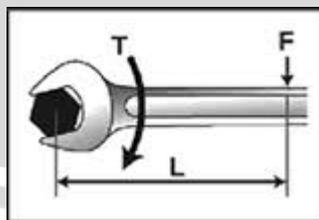
dengan :

T = torsi yang dihasilkan (kg.m)

F = besarnya beban pengereman (kg)

L = panjang lengan dynamometer (m)

Ada juga alat yang langsung menunjukkan hasil besarnya torsi yang dihasilkan oleh poros dengan satuan (kg.m) atau (lb.ft). Contoh cara menghitung torsi dapat dilihat pada gambar 2.4 seperti dibawah ini:



Torque T = F (force) x L (length)

Gambar 2.4 Cara menghitung torsi

Sumber : http://digital-ratchet.jp/image_e/torque_illust

2.5.2 Daya Efektif (N_e)

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi, yaitu suatu daya yang dihasilkan oleh torak, dimana sebagian dari daya ini digunakan untuk mengatasi gesekan mekanis, misalnya gesekan antara torak dan dinding silinder, gesekan antara poros dan bantalan, untuk menggerakkan peralatan bantu (pompa oli pelumas), dan lainnya. Daya efektif didapatkan dengan mengalikan torsi (T) dengan kecepatan anguler poros (ω). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \quad (\text{Arismunandar, 2002: 32}) \quad (2-2)$$

dengan:

N_e = daya efektif (PS)

T = torsi (kg.m)

ω = kecepatan anguler poros (rad.detik⁻¹)

n = putaran poros (rpm)

2.5.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif selama 1 jam. *Effective Specific Fuel Consumption* (SFCe) dengan persamaan sebagai berikut:

$$SFCe = \frac{F_c}{N_e} \quad (\text{Petrovsky, 1979: 63}) \quad (2-3)$$

dengan:

$SFCe$ = *Effective Specific Fuel Consumption* (kg.PS⁻¹.jam⁻¹)

F_c = konsumsi bahan bakar (kg.jam⁻¹)

N_e = daya efektif (PS)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif dapat dijadikan ukuran ekonomis dan tidaknya pemakaian bahan bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang rendah menunjukkan efisiensi termal efektif yang tinggi karena efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik efektif.

2.5.4 Efisiensi Termal Efektif (η_{te})

Efisiensi termal efektif merupakan perbandingan antara kalor yang dirubah menjadi daya efektif dengan kalor yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Efisiensi termal efektif merupakan suatu ukuran untuk mengetahui ekonomis atau tidaknya dalam pemakaian bahan bakar. Seberapa efisien bahan bakar yang dapat dikonversi menjadi daya efektif poros. Nilai dari efisiensi termal efektif juga berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik. Jadi jika konsumsi bahan bakar spesifik efektif semakin turun, maka efisiensi termal efektif akan meningkat. Biasanya efisiensi termal efektif dihitung dengan rumus:

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} \times 100 = \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100 \quad (\text{Petrovsky, 1979: 62}) \quad (2-4)$$

dengan:

η_{te} = efisiensi termal efektif (%)

Q_e = jumlah kalor yang dirubah menjadi daya efektif (kkal.kg⁻¹)

Q_b = jumlah kalor dari pembakaran bahan bakar dan udara (kkal.kg⁻¹)

F_c = konsumsi bahan bakar (kg.jam⁻¹)

SFC_e = *Effective Specific Fuel Consumption* (kg.PS⁻¹.jam⁻¹)

LHV_{bb} = nilai kalor rendah bahan bakar (kkal.kg⁻¹)

2.5.5 Analisis Emisi Gas Buang

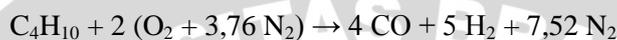
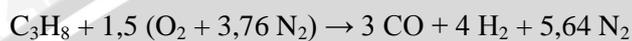
Sisa hasil pembakaran pada motor bakar adalah berupa gas CO₂, O₂, CO, HC dan polutan-polutan lain. Namun sebagian besar kandungan gas buang tersebut adalah CO₂, CO, O₂ dan N₂. Emisi gas buang yang dianalisis pada penelitian ini adalah gas CO dan

HC, karena gas CO dan HC merupakan salah satu indikator sempurna atau tidaknya pembakaran yang terjadi. Kadar emisi gas CO dan HC dapat diukur dengan menggunakan *gas analyzer*.

a. Gas CO

Gas CO dihasilkan dari proses pembakaran suatu bahan bakar yang dapat terjadi akibat terbatasnya suplai oksigen atau udara dari jumlah yang diperlukan.

Reaksi yang mungkin terjadi di antaranya:



Gas CO ini bersifat racun terhadap tubuh karena bila masuk ke dalam darah, CO dapat bereaksi dengan Hemoglobin (Hb) untuk membentuk *Carboxyhemoglobin* (COHb). Bila reaksi tersebut terjadi, maka kemampuan darah mengangkut O₂ untuk kepentingan pembakaran dalam tubuh akan menjadi berkurang. Hal ini disebabkan karena kemampuan Hb untuk mengikat CO jauh lebih besar (sekitar 200 kali lebih) dibandingkan kemampuan Hb untuk mengikat O₂. Selain itu kandungan COHb dalam darah dapat menyebabkan terganggunya sistem urat saraf dan fungsi tubuh pada konsentrasi rendah (2-10%) dan bisa menyebabkan kematian pada konsentrasi tinggi (>10%). Konsentrasi CO pada gas buang dapat dikurangi dengan cara mereaksikannya dengan uap air (H₂O). Reaksi yang mungkin terjadi yaitu:



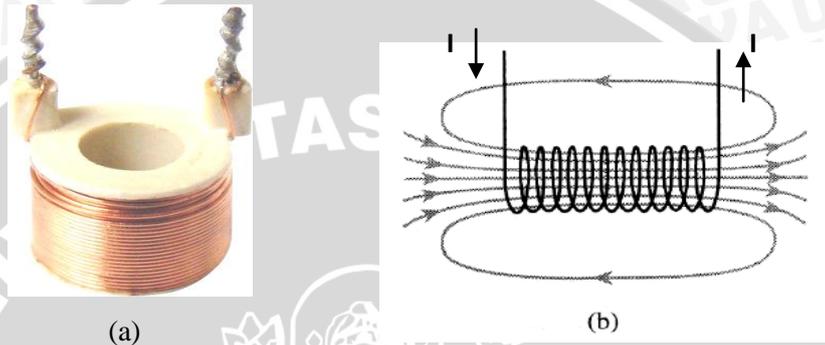
b. HC (Hidrokarbon)

Hidrokarbon dalam hal ini adalah senyawa hidrokarbon (bahan bakar) yang tidak terbakar pada saat proses pembakaran tidak sempurna. HC sangat terkait dengan efisiensi pembakaran dari bahan bakar. Reaksi pembakaran yang tidak sempurna ini bisa disebabkan oleh karena rendahnya rasio udara – bahan bakar (A/F) atau karena pencampuran udara dari bahan bakar yang tidak homogen. HC merupakan senyawa yang bila kandungannya tinggi di udara akan dapat mencemari lingkungan dan dapat menyebabkan gangguan penglihatan.

2.6 Elektromagnet

Merupakan sebuah prinsip pembangkitan magnet dengan menggunakan energi listrik. Elektromagnet ini dihasilkan dari kumparan kawat yang dialiri arus listrik dan

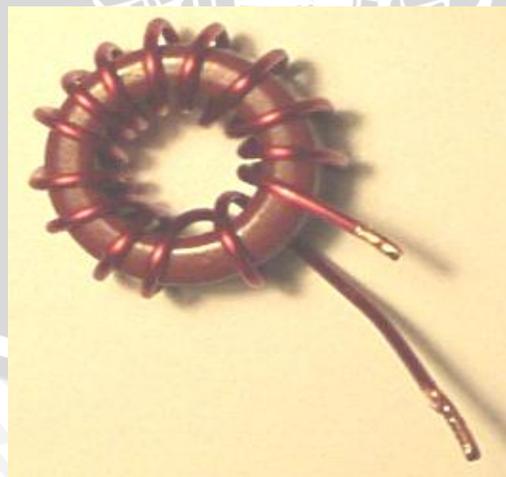
terlilit pada suatu wadah atau bentukan dalam hal ini adalah sebuah silinder yang terbuat dari logam. Terdapat beberapa contoh elektromagnet yang biasanya kita jumpai yaitu *solenoid* merupakan kumparan kawat yang terlilit pada suatu logam silinder lurus. Pada kumparan ini panjang logam silinder melebihi garis tengahnya. Bila arus listrik dilewatkan melalui kumparan, suatu medan magnetik akan dihasilkan di dalam kumparan sejajar dengan sumbu. Bentuk solenoida serta garis medan magnetnya dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.5 : Bentuk solenoida (a), garis medan magnet pada solenoida (b)

Sumber : http://www.alibaba.com/product-free/101580459/Solenoid_Coil

Sementara itu, toroida adalah solenoida yang dilengkungkan sehingga sumbunya berbentuk lingkaran kumparan. Medan magnet pada toroida hanya terdapat pada sepanjang garis tengah lingkaran inti logam. Bentuk toroida dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut ini:

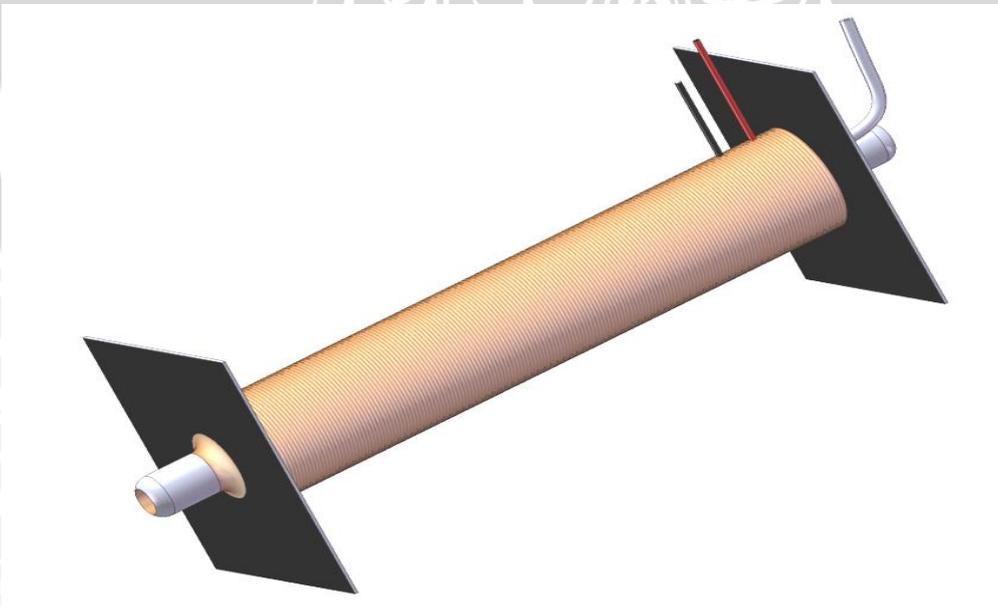


Gambar 2.6 : Toroida

Sumber : http://www.oocities.org/swp807/toroid_a.jpg

2.6.1 *Electromagnetic Resonance Ionizer*

Electromagnetic Resonance Ionizer yang menggunakan prinsip electromagnet merupakan alat penghasil medan magnet dan mempunyai efek samping yaitu mengeluarkan panas berupa sebuah tabung yang terbuat dari tembaga berongga dan dililit oleh kawat berarus yang terangkai dengan system elektronik dengan menggunakan listrik dari alternator sebagai sumber energinya. Bahan bakar yang mengalir didalam tabung tembaga yang diselimuti oleh lilitan kawat berarus yang menghasilkan medan magnet. Besarnya medan magnet yang dihasilkan dipengaruhi oleh panjang solenoid dalam, jumlah kawat yang dililitkan dan besarnya arus yang dialirkan pada kumparan (solenoid) tersebut. Semakin besar panjang solenoid dalam, semakin banyak lilitan kawat kumparan dan semakin besar arus yang dialirkan pada kumparan (solenoid) maka akan semakin besar pula medan magnet yang dihasilkan. (David, 1984: 315). Medan magnet yang dihasilkan kumparan tersebut yang membentuk pola getaran teratur yang mampu memecah dan menguraikan rantai molekul hidrokarbon serta mampu membuat molekul hidrokarbon dari bahan bakar sehingga lebih mudah mengikat oksigen dari udara. Berikut ini bentuk dari alat diperlihatkan pada gambar 2.7 berikut ini :



Gambar 2.7 : *Electromagnetic Resonance Ionizer*

Electromagnetic Resonance Ionizer dipasang diantara selang saluran bahan bakar sebelum karburator dengan jarak 30 cm dari ruang bakar. Hal itu dimaksudkan agar bahan bakar tidak kembali ke keadaan semula sesaat setelah melewati alat *Electromagnetic Resonance Ionizer* atau dengan kata lain setelah tidak dipengaruhi induksi electromagnet lagi.

2.6.2 Pengaruh Induksi Magnet Terhadap Proses Pembakaran

Pada aliran bahan bakar motor bensin induksi elektromagnet berguna untuk mengganggu elektron sehingga tidak lagi mengorbit pada inti atom dan meninggalkan molekul mengakibatkan ikatan atom dalam molekul lepas dan molekul menjadi bermuatan. Induksi magnet merupakan garis-garis medan magnet yang ditimbulkan oleh suatu magnet baik dari magnet permanen seperti magnet batang, magnet U, ataupun dari kumparan listrik solenoida dan toroida yang dapat mempengaruhi benda lain yang dikenainya.

Banyak penelitian mengatakan bahwa karena pengaruh medan magnet kuat elektron akan meninggalkan inti atom dan mengorbit pada magnet. Namun mungkin dengan menyusun induksi *electromagnet* kuat dan lemah secara selang-seling akan menyebabkan gerakan elektron lebih kacau sehingga mampu menurunkan energi aktivasi bahan bakar. Pada kondisi ekstrim dapat mengakibatkan elektron bergerak *chaos* di dalam medan *electromagnetic*. Hal ini akan menyebabkan molekul bahan bakar bermuatan biasanya (+) dan akan sangat mudah bereaksi dengan oksigen yang bermuatan (-) dalam proses pembakaran bahan bakar. Akhirnya akan didapatkan proses pembakaran yang lebih sempurna dan unjuk kerja dari mesin akan meningkat. Cara lain yang biasa dilakukan adalah dengan cara pemanasan bahan bakar. Dengan pemanasan, gerakan molekul bahan bakar dan pengoksidasi akan lebih cepat dan tumbukan antar molekul juga akan sangat keras. Akibatnya beberapa atom dengan ikatan lemah akan lepas. Dengan demikian molekul bahan bakar akan bermuatan dan reaktif. Cara ini juga berguna untuk menurunkan tingkat viskositas biopremium sebelum digunakan pada motor bensin.

Besarnya induksi medan magnet pada solenoida dapat dihitung :

$$B_o = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{L} \quad (\text{David, 1984: 315}) \quad (2-5)$$

dengan:

B_0 = induksi electromagnet solenoid (Tesla = 10^4 Gauss)

μ_0 = permeabilitas ruang hampa = $4\pi \cdot 10^{-7}$ T m/Amp

N = jumlah lilitan dalam solenoid

I = kuat arus listrik dalam ampere (A)

L = panjang solenoid dalam (m)

2.7 Hipotesis

Dengan penambahan induksi elektromagnet pada aliran bahan bakar akan memecah rantai karbon bahan bakar menjadi molekul yang lebih kecil, teratur, semakin reaktif serta bermuatan positif (+) yang mengakibatkan molekul bahan bakar akan semakin mudah mengikat molekul oksigen dari udara yang bermuatan negatif (-), sehingga akan didapatkan pembakaran yang sempurna pada saat proses pembakaran di ruang bakar dan didapatkan kinerja motor bensin yang optimal.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian *experimental (True Experimental Research)*, dimana mesin diuji dalam kondisi tidak berpindah tempat. Metode ini dilakukan dengan cara membandingkan kinerja mesin yang meliputi torsi (T), daya efektif (Ne), konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe), dan efisiensi termal efektif (η_{te}), serta emisi gas buang berupa CO dan HC pada motor bensin empat langkah.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini ada tiga macam yaitu :

1. Variabel bebas (*independent variable*)

Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah:

- Putaran poros 1500, 2000, 2500, 3000, dan 3500 rpm.
- Intensitas induksi *electromagnet* 0,20; 0,25; 0,30 Tesla

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

Penelitian ini memiliki variabel terikat yang meliputi:

- Torsi (kg.m)
- Daya efektif (PS)
- Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (kg .PS⁻¹.jam⁻¹)
- Efisiensi termal efektif (%)
- Emisi gas CO dan HC

3. Variabel kontrol (*control variable*)

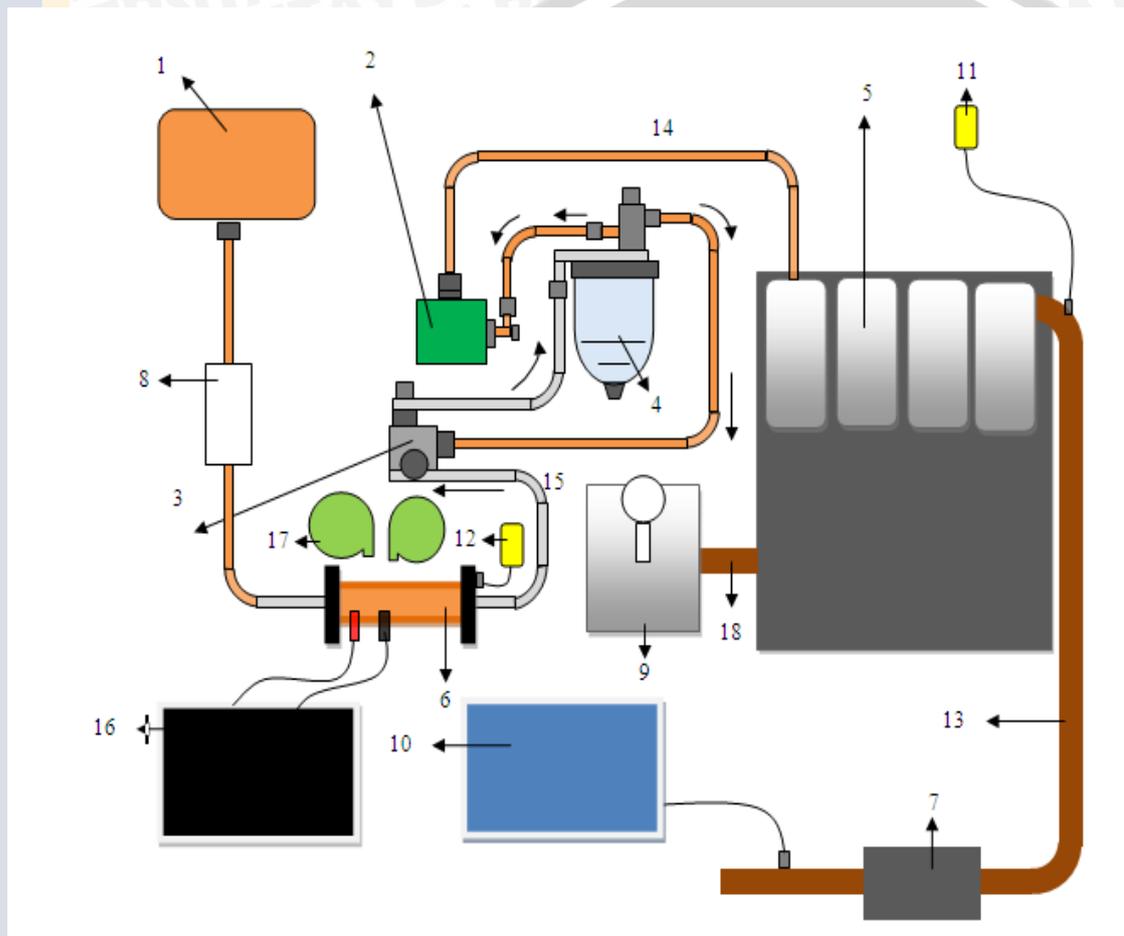
Variabel kontrol pada pengujian berupa:

- Buka *throttle* motor Bensin yaitu 30% kondisi mesin standar
- Perbandingan campuran bahan bakar yang akan digunakan yaitu 90 % premium dan 10% bioetanol.

3.3 Rencana Penelitian

3.3.1 Instalasi pengujian

Sebelum penelitian dilaksanakan dilakukan persiapan penyusunan alat – alat penelitian. Mempersiapkan instalasi utama (gambar 3.1) yang dirangkai menjadi satu kesatuan. Kemudian dilakukan persiapan peralatan pengujian serta penyetingan mesin dalam kondisi baik.



Keterangan :

1. Fuel Tank
2. Karburator
3. Fuel pump
4. Filter bahan bakar
5. Silinder kerja
6. Electromagnetic Resonance Ionizer
7. Muffler
8. Fuel Flow meter
9. Dynamometer
10. Gas analyzer
11. Digital thermometer
12. Digital thermometer
13. Pipa gas buang
14. Saluran bahan bakar
15. Saluran bahan bakar terisolasi
16. Current regulator
17. Blower
18. Poros mesin

Gambar 3.1: Skema Instalasi Mesin Pengujian

3.3.2 Peralatan utama

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Motor bensin empat langkah dengan spesifikasi sebagai berikut:

Motor Bensin Datsun *Engine Research Tes Bed*

- Model / tipe : Datsun DWE-80-100-HS-AV
- Siklus : Empat langkah
- Jumlah silinder : 4 (empat)
- Isi silinder : 1567 cm³
- Diameter silinder : 78 mm
- Panjang langkah torak : 82 mm
- Perbandingan kompresi : 9 : 1
- Bahan bakar : bensin
- Daya maksimum : 80 HP/5000 rpm
- Negara pembuat : Jepang

2. Gas analyzer

Alat yang digunakan untuk mengukur kadar emisi gas CO dan gas HC dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merk Stargas Mod 898
- Kemampuan pengukuran *Gas Analyzer* tertera pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1. Kemampuan Pengukuran *Gas Analyzer*

Yang diukur	Kemampuan	Satuan
CO	0 – 15,000	% Vol
CO ₂	0 – 20,00	% Vol
HC	0 – 30000	ppm Vol
O ₂	0 – 25,00	% Vol
NO	0 – 5000	ppm Vol
Lambda	0,5 – 2,000	-

Sumber: *Operating Instructions Manual Book of Gas Analyzer* (2005:56)

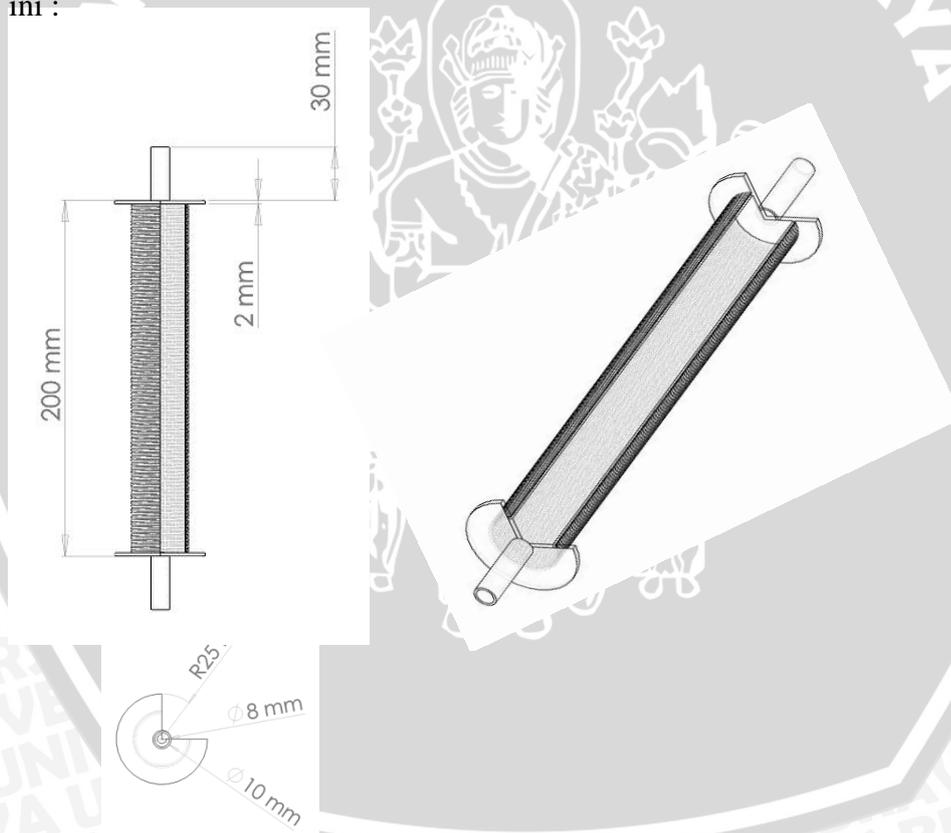
3. *Current Regulator*

Alat yang digunakan untuk mengatur besar kecilnya arus listrik yang dihasilkan dari alternator untuk disuplai ke *electromagnetic resonance ionizer*.

- Merk : Hiroshima PC – 6A

4. *Electromagnetic Resonance Ionizer*

Alat yang terdiri dari tabung terbuat dari tembaga berongga dan kumparan listrik yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan induksi *electromagnetic* dan panas pada aliran bahan bakar. Bentuk dan dimensi alat *Electromagnetic Resonance Ionizer* dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.2 : *Electromagnetic Resonance Ionizer*

Spesifikasinya adalah sebagai berikut :

- Pipa tembaga yang digunakan adalah pipa dari bahan tembaga paduan ASTM B280 dimana diameter luarnya 30 mm, tebal pipa 1 mm dan panjang keseluruhan 200 mm.

- Lilitan yang digunakan adalah kawat tembaga berdiameter 1 mm sebanyak 2000 lilitan.

3.3.3 Peralatan bantu

1. *Flash Point*

Digunakan untuk mengetahui titik nyala suatu bahan bakar.

2. *Viscometer*

Digunakan untuk mengetahui viskositas dari bahan bakar.

3. *Tachometer*

Digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros mesin. Satuan yang digunakan adalah rpm (*revolution per minute*).

4. *Dynamometer*

Digunakan untuk mengukur gaya pengereman pada poros *output*.

5. *Barometer*

Digunakan untuk mengukur tekanan udara ruangan selama penelitian berlangsung.

6. *Thermometer*

Digunakan untuk mengukur temperatur ruangan selama penelitian.

7. *Digital Thermometer*

Digunakan untuk mengukur temperatur bahan bakar pada *Electromagnetic Resonance Ionizer* sebelum masuk ruang bakar.

8. *Stopwatch*

Digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan motor bensin menghabiskan bahan bakar dengan volume tertentu.

9. *Multimeter*

Digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang dihasilkan oleh alternator

10. *Teslameter*

Digunakan untuk mengukur besarnya induksi *electromagnet* yang dihasilkan oleh alat *Electromagnetic Resonance Ionizer*.

3.3.4 Bahan yang digunakan

1. Bioetanol
2. Bensin sebagai bahan bakar utama yang diperoleh dari SPBU Pertamina.

3.3.5 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengambilan data dengan variabel bebas putaran poros. Dalam bentuk tabel dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Contoh data pengujian tanpa perlakuan.

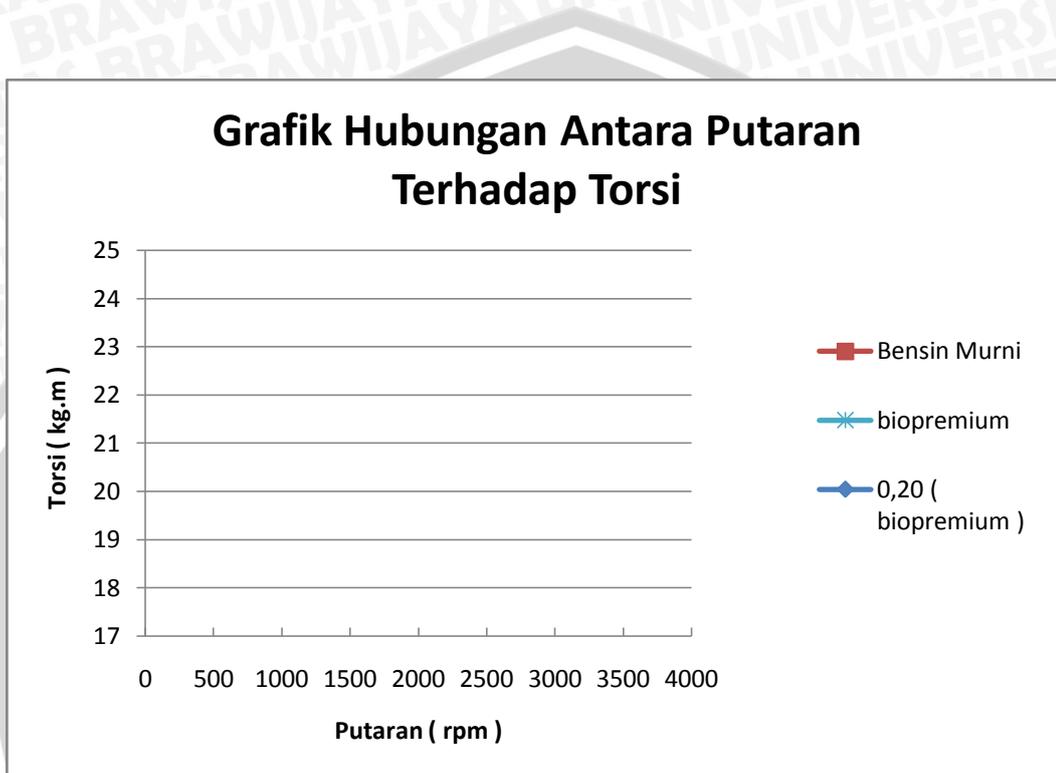
Putaran (Rpm)	F (kg)	t (detik)	CO (% vol)	HC (ppm vol)	T.bb °C
1500					
2000					
2500					
3000					
3500					

Dengan (F) adalah besarnya gaya pengereman yang terbaca di *dynamometer*. (t) adalah waktu yang dibutuhkan mesin untuk menghabiskan setiap 30 ml bahan bakar pada *flowmeter* bahan bakar dan diukur menggunakan *stopwatch*. (CO dan HC) adalah besarnya kandungan gas tersebut pada gas buang yang nanti akan diukur oleh *gas analyzer*. Dan (Tbb) adalah temperatur bahan bakar pada alat *electromagnetic resonance ionizer* yang diukur menggunakan *digital thermometer*.

Untuk variasi lain dengan penggunaan bahan bakar E10 bioetanol, pemakaian alat *electromagnetic resonance ionizer*, pengaruh induksi *electromagnet* dari 0,20 ; 0,25 dan 0,30 Tesla, serta kondisi standar berbahan bakar bensin murni dilakukan pengambilan data seperti tabel 3.2 diatas.

3.4 Rencana Analisis Data

Data pengujian tersebut akan diolah dan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga mempermudah dalam mengamati hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat, dan juga variabel terkontrol terhadap variabel terikat. Adapun rencana grafik yang akan dibuat seperti pada gambar 3.3 di bawah ini :



Gambar 3.3 : Contoh Grafik hubungan antara putaran terhadap torsi

Keterangan grafik:

Bensin Murni : kondisi mesin standar (berbahan bakar bensin murni).

Biopremium : kondisi mesin berbahan bakar E10 biopremium tanpa induksi elektromagnetik

0,20 (biopremium) : kondisi mesin dengan pengaruh induksi electromagnet sebesar 0,20 Tesla (berbahan bakar E10 biopremium).

0,20 (biopremium) : kondisi mesin dengan pengaruh induksi electromagnet sebesar 0,25 Tesla (berbahan bakar E10 biopremium).

0,20 (biopremium) : kondisi mesin dengan pengaruh induksi electromagnet sebesar 0,30 Tesla (berbahan bakar E10 biopremium).

Selain grafik diatas dibuat pula grafik dengan kinerja yang lainnya, yaitu daya efektif, efisiensi termal efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, serta kandungan gas CO dan HC.

3.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang bagaimana pengaruh intensitas induksi *electromagnetic* terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah berbahan bakar campuran bensin dan bioetanol ini dilakukan di laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang pada bulan November 2011 sampai selesai.

3.6 Prosedur Pengujian Induksi

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengujian induksi adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan teslameter
2. Mempersiapkan *electromagnetic resonance ionizer* dan *current regulator*
3. Menghubungkan *electromagnetic resonance ionizer* dan *current regulator*
4. Menghidupkan *current regulator*
5. Mengatur regulator pada angka 1
6. Masukkan sensor pada lubang *electromagnetic resonance ionizer* kemudian catat besarnya induksi (T)
7. Mengatur regulator pada angka 3
8. Masukkan sensor pada lubang *electromagnetic resonance ionizer* kemudian catat besarnya induksi (T)
9. Mengatur regulator pada angka 5
10. Masukkan sensor pada lubang *electromagnetic resonance ionizer* kemudian catat besarnya induksi (T)

3.7 Prosedur Penelitian

Langkah–langkah yang dilakukan untuk setiap pengujian adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan mesin uji dan alat-alat bantu.
2. Mempersiapkan bahan bakar utama yaitu bensin, serta bahan bakar campuran yaitu bioetanol .
3. Memasang alat *electromagnetic resonance ionizer* pada saluran bahan bakar.
4. Mempersiapkan alat *current regulator*.
5. Mesin dinyalakan beberapa menit sampai dalam kondisi kerjanya.
6. *Throttle* dibuka pada posisi 30%.
7. Putaran mesin diatur pada putaran awal 1500 rpm dengan cara mengatur pembebanan pada *dynamometer*, kemudian diambil data sebagai berikut:
 - Besarnya putaran (rpm).
 - Gaya pengereman mesin (kg).
 - Konsumsi bahan bakar (lt.jam^{-1}) per 30 mL
 - Kadar gas CO dan HC dari alat *gas analyzer*.
 - Temperatur bahan bakar sebelum masuk ruang bakar ($^{\circ}\text{C}$).
8. Putaran dinaikkan dengan interval 500 rpm kemudian diambil data seperti pada no.5 sampai pada putaran 3500 rpm.
9. Ulangi prosedur 1-8 dengan variasi:
 - Tanpa perlakuan (standar) dengan bahan bakar bensin murni.
 - Dengan pengaruh induksi *electromagnet* 0,20 Tesla dengan pemakaian bahan bakar E10 biopremium
 - Dengan pengaruh induksi *electromagnet* 0,25 Tesla dengan pemakaian bahan bakar E10 biopremium
 - Dengan pengaruh induksi *electromagnet* 0,30 Tesla dengan pemakaian bahan bakar E10 biopremium

3.8 Analisis Statistik

Analisa varian dua arah dipergunakan untuk mengolah data yang telah diperoleh. Dengan analisis varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran (faktor A) dan pengaruh variasi intensitas induksi elektromagnetik (faktor B) serta pengaruh interaksi keduanya (faktor AB) terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah.

Faktor A mempunyai level A_1, A_2, \dots, A_r dan faktor B mempunyai level B_1, B_2, \dots, B_c . Jika jumlah pengamatan tiap sel adalah t kali dari rancangan dua kategori A dan B serta masing-

masing kategori terdiri atas r dan c level. Bila pengaruh interaksi antar faktor A pada level ke i dan faktor B pada level ke j dinyatakan dengan $(\alpha\beta)_{ij}$. Maka nilai setiap pengamatan ditulis dengan model matematika sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

dengan:

Y_{ijk} : nilai setiap pengamatan

μ : nilai rata-rata dari seluruh pengamatan

α_i : pengaruh faktor putaran ke i

β_j : pengaruh faktor intensitas induksi elektromagnetik ke j

$(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh interaksi faktor putaran ke i dan faktor intensitas induksi elektromagnetik ke j

ε_{ijk} : simpangan pengamatan

Yang akan diuji dari pengamatan ini adalah:

1. α : pengaruh (efek) dari faktor putaran
2. β : pengaruh (efek) dari faktor intensitas induksi elektromagnetik
3. $\alpha\beta$: pengaruh interaksi dari faktor putaran dan faktor intensitas induksi elektromagnetik

Adapun hipotesis yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

1. $H_0^1: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i$ (tidak ada pengaruh putaran terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)
 H_1^1 : paling sedikit satu $\alpha_i \neq 0$ (ada pengaruh putaran terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)
2. $H_0^2: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$ (tidak ada pengaruh intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)
 H_1^2 : paling sedikit satu $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)
3. $H_0^3: (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ij}$ (tidak ada pengaruh putaran dan intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

H_1^3 : paling sedikit satu $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ (ada pengaruh putaran dan induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

Tabel 3.3 Rancangan Pengamatan Model Dua Arah Dengan Pengulangan

Faktor		Intensitas induksi elektromagnetik					S baris	Rata-rata		
Putaran (rpm)	A ₁	B ₁	...	B _j	...	B _c	T ₁	\bar{X}		
		X ₁₁₁		X _{1j1}		X _{1c1}				
		X ₁₁₂		X _{1j2}		X _{1c2}				
					
		X _{11t}		X _{1jt}		X _{1ct}				
A _i	A _i	X _{i11}		X _{ij1}		X _{ict}	T _{i..}	\bar{X}		
		X _{i12}		X _{ij2}		X _{ic2}				
					
		X _{i1t}		X _{ijt}		X _{ict}				
		X _{r11}		X _{ij1}		X _{rc1}				
A _r	A _r	X _{r12}		X _{ij2}		X _{rc2}	T _{r..}	\bar{X}		
					
		X _{r1t}		X _{ijt}		X _{rct}				
		T _{.1.}		T _{.j.}		T _{.c.}			T _{...}	
		Rata-rata	\bar{X}		\bar{X}				\bar{X}	

Sumber : Slamet Wahyudi, 2006 : 96

Dalam perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t X_{ijk}^2 - \frac{(\dots)^2}{rct}$$

2. Jumlah kuadrat faktor A (JKA)

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_{i..}^2}{ct} - \frac{(\dots)^2}{rct}$$

3. Jumlah kuadrat faktor B (JKB)

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^c T_{.j.}^2}{rt} - \frac{(\dots)^2}{rct}$$

4. Jumlah pengaruh interaksi faktor A dan faktor B (JKAB)

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij.}^2}{t} - \frac{(\dots)^2}{rct} \longrightarrow JKAB = JKP - JKA - JKB$$

5. Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP = JKT - JKA - JKB - JKAB$$

Apabila masing-masing suku dibagi dengan derajat bebasnya, akan diperoleh nilai varian dari masing-masing suku tersebut. Nilai ini sering disebut dengan kuadrat tengah yang disingkat KT.

Nilai varian tersebut adalah:

1. Kuadrat tengah faktor A (KTA)

$$KTA = \frac{JKA}{(r-1)}$$

2. Kuadrat tengah faktor B (KTB)

$$KTB = \frac{JKB}{(c-1)}$$

3. Kuadrat tengah interaksi faktor A dan faktor B (KTAB)

$$KTAB = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$$

4. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{rc(-1)}$$

Untuk menguji ketiga hipotesis diatas kita mencari harga F_{hitung} masing-masing sumber keragaman (faktor putaran, faktor intensitas induksi elektromagnetik dan interaksi faktor putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik). Kemudian hasilnya dibandingkan dengan F_{tabel} pada derajat bebas dengan nilai α tertentu. Nilai F_{hitung} dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut:

1. F_{hitung} dari faktor putaran

$$F_1 = \frac{KTA}{KTG}$$

2. F_{hitung} dari faktor variasi intensitas induksi elektromagnetik

$$F_2 = \frac{KTB}{KTG}$$

3. F_{hitung} dari interaksi faktor putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik

$$F_3 = \frac{KTAB}{KTG}$$

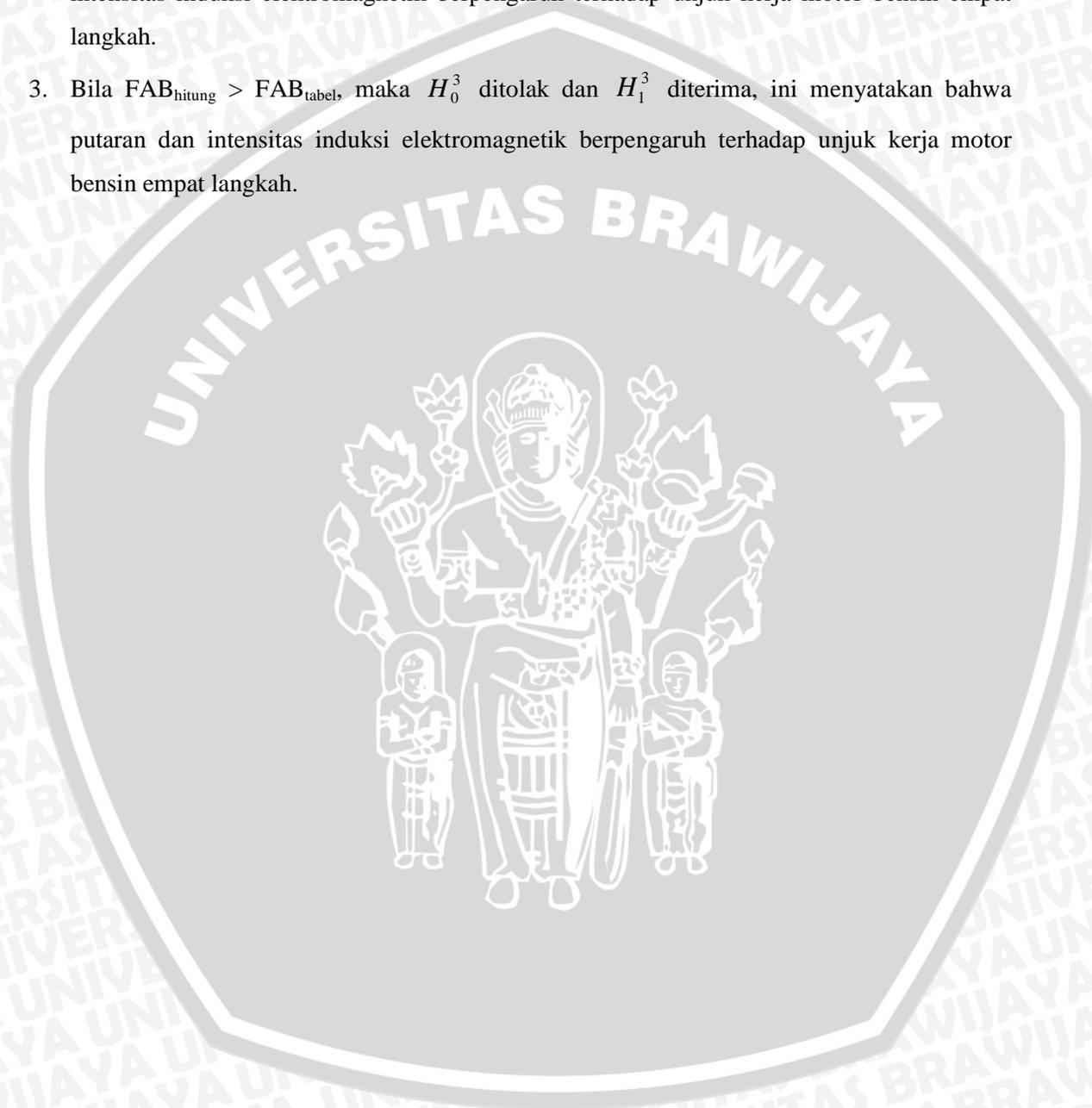
Tabel 3.4 Analisis Varian

Sumber Varian	JK	Db	KT	F_{hitung}	$F\alpha$
Antar A	JKA	$db_1 = r-1$	KTA	F_1	
Antar B	JKB	$db_2 = c-1$	KTB	F_2	
Interaksi AB	JKAB	$db_3 = db_1 \cdot db_2$	KTAB	F_3	
Galat	JKG	$db_4 = rc(t-1)$	KTG		
Total	JKT	$rct - 1$			

Sumber: Slamet Wahyudi, 2006 : 98

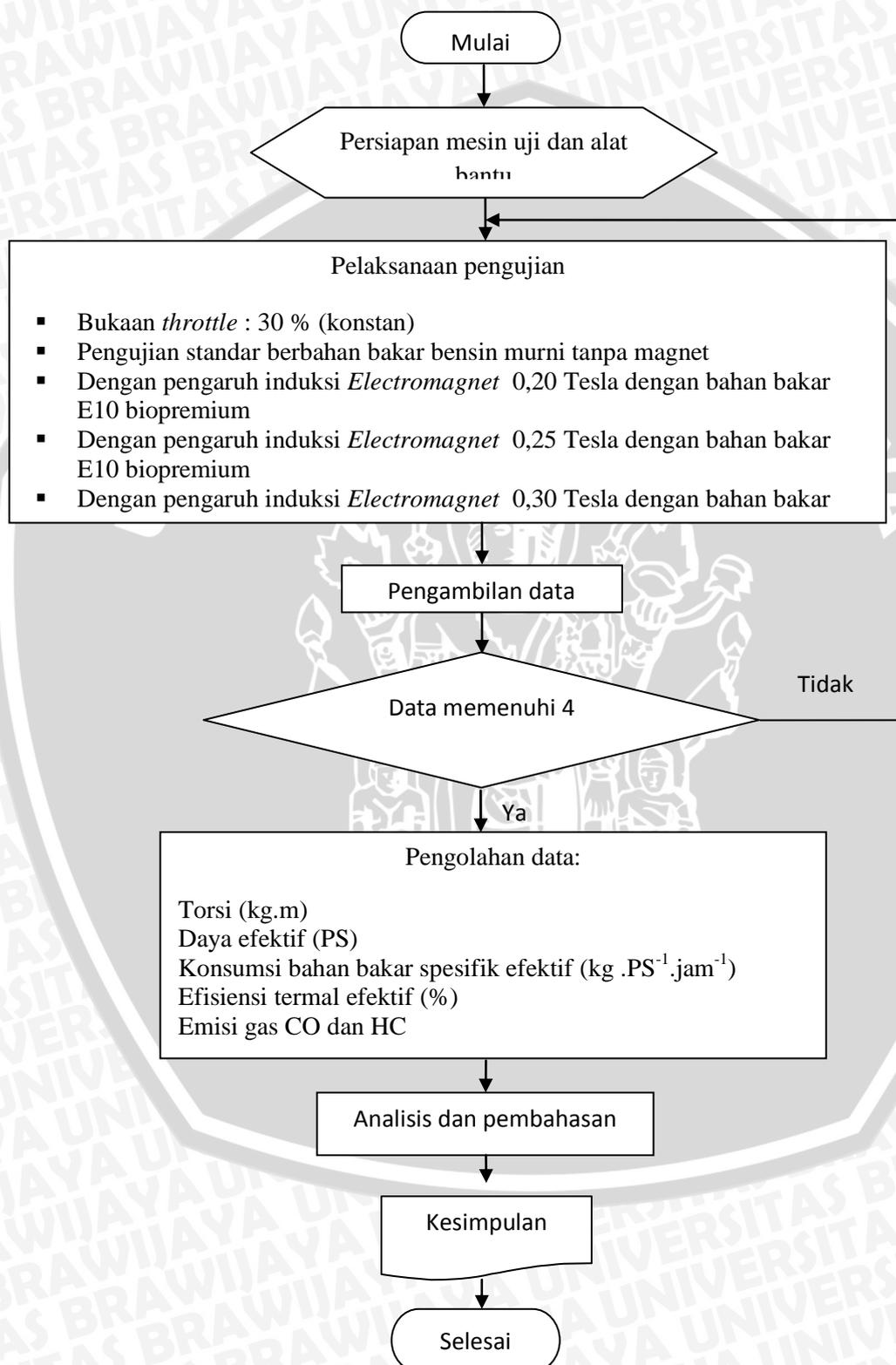
Kesimpulan yang diperoleh:

1. Bila $FA_{hitung} > FA_{tabel}$ maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, ini menyatakan bahwa variasi putaran berpengaruh terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah.
2. Bila $FB_{hitung} > FB_{tabel}$ maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, ini menyatakan bahwa variasi intensitas induksi elektromagnetik berpengaruh terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah.
3. Bila $FAB_{hitung} > FAB_{tabel}$, maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima, ini menyatakan bahwa putaran dan intensitas induksi elektromagnetik berpengaruh terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah.



3.9 Diagram Alir Penelitian

Dari metodologi penelitian diatas maka dapat dibuat diagram alir penelitian seperti pada gambar 3.4 berikut ini :



Gambar 3.4 Diagram alir penelitian

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh selama pengujian di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian : Variasi Putaran
2. Bukaian *throttle* : 30%
3. Temperatur Bola kering : 30 °C
4. Temperature Bola basah : 26 °C
5. Kelembapan relatif : 72%
6. Tekanan udara : 714 mmHg
7. Volume bahan bakar : 30 ml
8. LHV bahan bakar
 - a. Premium : 10507,2 kcal/kg
 - b. Bioetanol : 6423,72 kcal/kg

Untuk data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1; tabel 4.2; tabel 4.3; tabel 4.4 dan tabel 4.5.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian tanpa perlakuan (BB premium murni)

n (rpm)	F (Kg)	t (detik)	T (Kg.m)	FC (kg.jam ⁻¹)	Ne (PS)	SFCe (Kg.PS ⁻¹ .jam ⁻¹)	ηe (%)	VCO % vol	VHC ppm vol
1500	22	15,327	7,876	5,440	16,495	0,330	18,24	3,696	266
2000	22,5	12,063	8,055	6,912	22,494	0,307	19,58	2,652	206
2500	22,8333	10,393	8,1743	8,022	28,534	0,281	21,39	2,134	175
3000	21,3333	9,063	7,6373	9,199	31,991	0,288	20,92	2,099	145
3500	19,3333	8,360	6,9213	9,973	33,824	0,295	20,40	2,503	120

Tabel 4.2 Data hasil pengujian tanpa perlakuan (BB E10 biopremium)

n (rpm)	F (Kg)	t (detik)	T (Kg.m)	FC (kg.jam ⁻¹)	Ne (PS)	SFCe (Kg.PS ⁻¹ .jam ⁻¹)	ηe (%)	VCO % vol	VHC ppm vol
1500	21,3333	16,407	7,6373	5,102	15,996	0,319	19,62	3,014	238
2000	21,5	12,870	7,697	6,503	21,494	0,303	20,68	2,16	178
2500	21,3333	11.170	7,6373	7,493	26,659	0,281	22,26	1,532	150
3000	20,5	9,740	7,339	8,593	30,741	0,280	22,39	1,502	138
3500	18	8,980	6,444	9,321	31,491	0,296	21,14	2,141	103



Tabel 4.3 Data hasil pengujian dengan induksi elektromagnetik 0.20 Tesla (BB E10 biopremium)

n	F	t	T	FC	Ne	SFCe	η_e	VCO	VHC
(rpm)	(Kg)	(detik)	(Kg.m)	(kg.jam ⁻¹)	(PS)	(Kg.PS ⁻¹ .jam ⁻¹)	(%)	% vol	ppm vol
1500	21,6667	17,18	7,7567	4,871	16,245	0,300	20,87	2,781	190
2000	22,25	13,72	7,9655	6,099	22,244	0,274	22,82	1,508	164
2500	21,5	12,02	7,697	6,963	26,867	0,259	24,15	1,09	101
3000	20,5833	10,25	7,3688	8,166	30,866	0,265	23,66	1,019	86
3500	18,5	9,157	6,623	9,141	32,366	0,282	22,16	1,043	75

Tabel 4.4 Data hasil pengujian dengan induksi elektromagnetik 0.25 Tesla (BB E10 biopremium)

n	F	t	T	FC	Ne	SFCe	η_e	VCO	VHC
(rpm)	(Kg)	(detik)	(Kg.m)	(kg.jam ⁻¹)	(PS)	(Kg.PS ⁻¹ .jam ⁻¹)	(%)	% vol	ppm vol
1500	21,8333	17,24	7,8163	4,855	16,370	0,297	21,10	2,734	182
2000	22,3333	13,81	7,9953	6,061	22,327	0,271	23,05	1,683	150
2500	21,5833	12	7,7268	6,975	26,972	0,259	24,20	1,087	110
3000	20,6667	10,34	7,3987	8,095	30,991	0,261	23,96	1	103
3500	18,5833	9,407	6,6528	8,898	32,512	0,274	22,87	0,929	76

Tabel 4.5 Data hasil pengujian dengan induksi elektromagnetik 0.30 Tesla (BB E10 biopremium)

n	F	t	T	FC	Ne	SFCe	η_e	VCO	VHC
(rpm)	(Kg)	(detik)	(Kg.m)	(kg.jam ⁻¹)	(PS)	(Kg.PS ⁻¹ .jam ⁻¹)	(%)	% vol	ppm vol
1500	21,9167	17,48	7,8462	4,789	16,433	0,291	21,47	3,042	173
2000	22,4167	14,55	8,0252	5,753	22,410	0,257	24,38	1,41	138
2500	21,75	12,37	7,7865	6,765	27,180	0,249	25,15	1,008	96
3000	21	10,54	7,518	7,941	31,491	0,252	24,82	0,976	85
3500	18,8333	9,437	6,7423	8,870	32,949	0,269	23,25	1,014	70

4.1.2 Perhitungan Data

Dari data hasil pengujian di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin Universitas Brawijaya dapat dilakukan pengolahan data. sebagai contoh perhitungan diambil data dari pengujian tanpa perlakuan berbahan premium murni terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif dan efisiensi termal efektif pada motor bensin. Adapun data yang diambil adalah sebagai berikut:

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Putaran mesin (n) | = 1500 rpm |
| 2. Besar beban pengereman (F) | = 22 kg |
| 3. Panjang lengan <i>dynamometer</i> (L) | = 0,358 m |
| 4. Waktu konsumsi bahan bakar (t) | = 15.327 detik |
| 5. Volume bahan bakar | = 30 ml |
| 6. Massa jenis premium (ρ) | = 0,772 kg.liter ⁻¹ |
| 7. Nilai kalor (LHV) premium | = 10507,2 kcal.kg ⁻¹ |

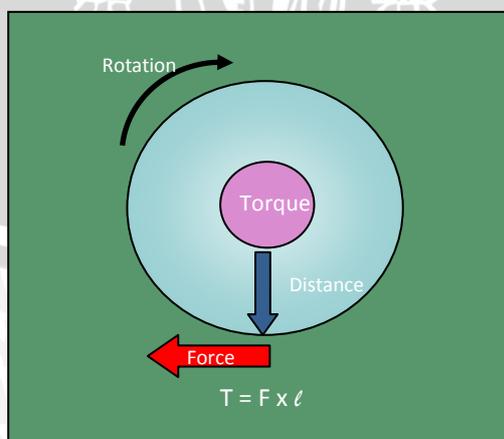
Dari hasil data pengujian kondisi standar berbahan bakar solar murni pada putaran 1500 rpm, didapatkan nilai dari:

- Torsi (T)

$$T = F \cdot L \text{ [kg.m]}$$

$$T = 22 \times 0,358$$
 Torsi (T) = 7,876 [kg.m]

Berikut gambar 4.1 ini merupakan gambar pengukuran torsi:



Gambar 4.1 Pengukuran Torsi

Sumber: <http://craig.backfire.ca/img/torque-force.png>

2. Daya Efektif (N_e)

$$N_e = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ [PS]}$$

$$N_e = \frac{7,876 \cdot 1500}{716,2}$$

$$N_e = 16,4954 \text{ [PS]}$$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe)

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \eta \cdot \frac{3600}{1000} \text{ [kg.jam}^{-1}\text{]}$$

$$F_c = \frac{30}{15,327} \cdot 0,772 \cdot \frac{3600}{1000} \text{ [kg.jam}^{-1}\text{]}$$

$$F_c = 5,440 \text{ [kg.jam}^{-1}\text{]}$$

$$\text{SFCe} = \frac{F_c}{N_e} \text{ [kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{]}$$

$$\text{SFCe} = \frac{5,440}{16,4954}$$

$$\text{SFCe} = 0,3297 \text{ [kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{]}$$

4. Efisiensi termal efektif (η_e)

$$\eta_e = \frac{632}{\text{SFCe} \cdot \text{LHV}_{bb}} \times 100\%$$

$$\eta_e = \frac{632}{0,3297 \cdot 10507,2} \times 100\%$$

$$\eta_e = 18,239 \%$$

4.1.3 Analisis Statistik

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian dilakukan analisis varian dua arah untuk mengetahui pengaruh dari variasi putaran (faktor α) dan variasi intensitas induksi elektromagnetik (faktor β) serta pengaruh interaksi antar keduanya (faktor $\alpha\beta$) terhadap kinerja motor bakar bensin empat langkah. Analisis statistik dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Excel* dan rumus-rumus statistik yang terdapat pada BAB III.

Adapun hipotesis dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

4. $H_0^1: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i$ (tidak ada pengaruh putaran terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

H_1^1 : paling sedikit satu $\alpha_i \neq 0$ (ada pengaruh putaran terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

5. $H_0^2: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$ (tidak ada pengaruh intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

H_1^2 : paling sedikit satu $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

6. $H_0^3: (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ij}$ (tidak ada pengaruh putaran dan intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

H_1^3 : paling sedikit satu $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ (ada pengaruh putaran dan induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

Tabel 4.6 Perhitungan Analisis Varian

Putaran (n) (rpm)	Pengulangan	Induksi elektromagnetik				Jumlah	Rata - rata
		0 (T)	0.2 (T)	0.25 (T)	0.3 (T)		
1500	1	7,518	7,876	7,697	7,9655	31,057	10,3522
	2	7,697	7,697	7,876	7,7865	31,0565	10,35217
	3	7,697	7,697	7,876	7,7865	31,06	10,35216
Jumlah		22,912	23,27	23,449	23,5385	93,1695	31,0565
2000	1	7,697	7,965	8,055	8,055	31,772	10,59067
	2	7,697	7,965	7,9655	8,055	31,6825	10,56083
	3	7,697	7,965	7,9655	7,9655	31,593	10,531
Jumlah		23,091	23,895	23,986	24,0755	95,0475	31,6825
2500	1	7,518	7,697	7,7865	7,7865	30,788	10,26267
	2	7,518	7,697	7,697	7,7865	30,6985	10,23283
	3	7,876	7,697	7,697	7,7865	31,0565	10,35217
Jumlah		22,912	23,091	23,180	23,3595	92,543	30,84767
3000	1	7,339	7,4285	7,518	7,518	29,8035	9,9345
	2	7,339	7,339	7,518	7,518	29,714	9,904667
	3	7,339	7,339	7,16	7,518	29,356	9,785333
Jumlah		22,017	22,1065	22,196	22,554	88,8735	29,6245
3500	1	6,444	6,623	6,444	6,623	26,134	8,711333
	2	6,444	6,623	6,802	6,802	26,671	8,890333
	3	6,444	6,623	6,7125	6,802	26,5815	8,8605
Jumlah		19,332	19,869	19,958	20,227	79,3865	26,46217
TOTAL		110,26	112,231	112,77	113,754	449,02	149,6733
Rata-rata		7,3509	7,4821	7,518	7,58363	29,9346	

Dari tabel 4.6 maka dapat dilakukan perhitungan untuk analisis varian untuk torsi sebagai berikut:

- Faktor koreksi (FK) :

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \frac{\left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right]^2}{rcn} \\ &= \frac{[449,02]^2}{5.4.3} \\ &= \frac{201619}{5.4.3} \\ &= 3360,31 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat total :

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \{(7,518)^2 + (7,876)^2 + \dots + (6,802)^2\} - \text{FK} \\ &= \{(56,52032) + (62,03138) + \dots + (46,2672)\} - \text{FK} \\ &= 3374,174 - 3360,31 \\ &= 13,8577 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat variable A (putaran) :

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{\{(93,1695)^2 + (95,04757)^2 + (92,543)^2 + (88,8735)^2\}}{cn} - \text{FK} \\ &= \frac{40479,51}{12} - 3360,31 \\ &= 12,9761 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Variable B (derajat) :

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{\{(110,264)^2 + (112,23156)^2 + (112,77)^2 + (113,7545)^2\}}{rn} - \text{FK} \\ &= \frac{50411,22}{5.3} - 3360,31 \\ &= 0,431891 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$\text{JKP} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \text{FK}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(2,912)^2 + (3,27)^2 + \dots + (0,227)^2}{3} - 3360,31 \\
 &= 3373,8053 - 3360,31 \\
 &= 13,48928
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKI)

$$\begin{aligned}
 \text{JKI} &= \text{JKPerlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\
 &= 13,48928 - 12,9761 - 0,431891 \\
 &= 0,81299
 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned}
 \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKA} - \text{JKB} - \text{JKI} \\
 &= 13,8577 - 12,9761 - 0,431891 - 0,081299 \\
 &= 0,368472
 \end{aligned}$$

Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

- Kuadrat Tengah pengaruh A (S_A^2)

$$\begin{aligned}
 S_A^2 &= \frac{\text{JKA}}{r-1} \\
 &= \frac{12,9761}{5-1} \\
 &= 3,244
 \end{aligned}$$

- Kuadrat Tengah pengaruh B (S_B^2)

$$\begin{aligned}
 S_B^2 &= \frac{\text{JKB}}{r-1} \\
 &= \frac{0,431891}{4-1} \\
 &= 0,144
 \end{aligned}$$

- Kuadrat Tengah pengaruh interaksi A dan B (S_I^2)

$$S_I^2 = \frac{\text{JKI}}{(r-1)(c-1)}$$

$$= \frac{0,81299}{(5-1)(4-1)}$$

$$= 0,0677$$

➤ Kuadrat Tengah Galat (S^2)

$$S^2 = \frac{JKG}{rc(n-1)}$$

$$= \frac{0,368472}{5.4(3-1)}$$

$$= 0,009$$

Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

➤ F_{hitung} pengaruh A

$$F_{A \text{ hitung}} = \frac{S_A^2}{S^2}$$

$$= \frac{3,244}{0,009}$$

$$= 352,160$$

➤ F_{hitung} pengaruh B

$$F_{B \text{ hitung}} = \frac{S_B^2}{S^2}$$

$$= \frac{0,144}{0,009}$$

$$= 15,628$$

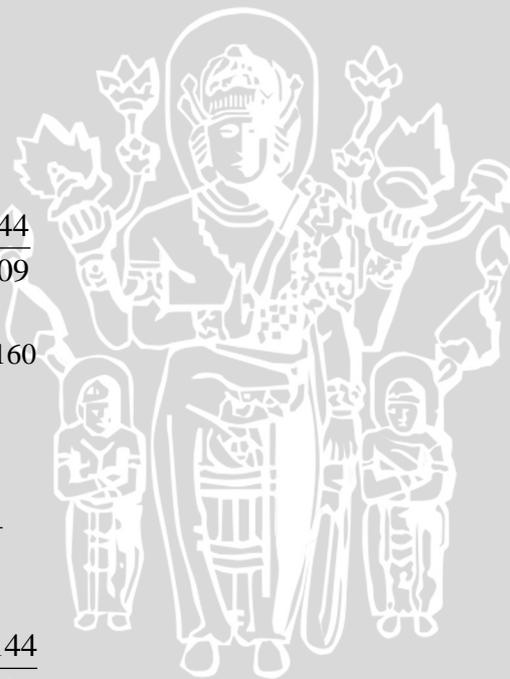
➤ F_{hitung} pengaruh A dan B

$$F_{AB \text{ hitung}} = \frac{S_I^2}{S^2}$$

$$= \frac{0,0677}{0,009}$$

$$= 7,522$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



4.1.3.1 Analisis Varian untuk Torsi

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi intensitas induksi elektromagnetik dan interaksi antara putaran dengan variasi intensitas induksi elektromagnetik terhadap torsi motor bakar bensin empat langkah. Dari perhitungan statistik didapatkan tabel analisis varian untuk torsi sebagai berikut :

Tabel 4.7 Analisis Varian Dua Arah Torsi

Sumber varian	JK	Db	KT	F _{hitung}	F _{α,5%}
Putaran	12,976	4	3,244	352,160	2,61
Intensitas Induksi Elektromagnetik	0,432	3	0,144	15,628	2,84
Interaksi	0,81	12	0,06775	7,522	2,00
Galat	0,368	40	0,009		
Total	13,858	59			

Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa faktor putaran, intensitas induksi elektromagnetik, interaksi putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka diputuskan menolak H_0 sehingga dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% bahwa terdapat pengaruh pada putaran, intensitas induksi elektromagnetik, dan interaksi putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor .

4.1.3.2 Analisis Varian untuk Daya Efektif

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi induksi elektromagnetik dan interaksi antara putaran dengan variasi induksi elektromagnetik terhadap daya efektif motor bakar bensin empat langkah. Berdasarkan perhitungan statistik didapatkan tabel anova untuk daya efektif sebagai berikut :

Tabel 4.8 Analisis Varian Dua Arah Daya Efektif

Sumber varian	JK	Db	KT	F _{hitung}	F _{α,5%}
Putaran	2108,173	4	527,043	3958,89	2,61
Intensitas Induksi Elektromagnetik	5,227	3	1,742	13,088	2,84
Interaksi	14,71	12	0,123	9,21	2,00
Galat	5,325	40	0,133		
Total	2120,197	59			

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa faktor putaran, intensitas induksi elektromagnetik, interaksi putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka diputuskan menolak H_0 sehingga dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% bahwa terdapat pengaruh pada putaran, intensitas induksi elektromagnetik, dan interaksi putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor.

4.1.3.3 Analisis Varian untuk Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi induksi elektromagnetik dan interaksi antara putaran dengan variasi induksi elektromagnetik terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif motor bakar bensin empat langkah. Berdasarkan perhitungan statistik didapatkan tabel anova untuk konsumsi bahan bakar spesifik efektif sebagai berikut :

Tabel 4.9 Analisis Varian Dua Arah Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif

Sumber varian	JK	Db	KT	F_{hitung}	$F_{\alpha, 5\%}$
Putaran	0,01213	4	0,00303	65,259	2,61
Intensitas Induksi Elektromagnetik	0,00819	3	0,00273	58,731	2,84
Interaksi	0,0048	12	0,00004	8,5996	2,00
Galat	0,00186	40	0,00005		
Total	0,02266	59			

Dari tabel 4.9 dapat dilihat bahwa faktor putaran, intensitas induksi elektromagnetik, interaksi putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka diputuskan menolak H_0 sehingga dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% bahwa terdapat pengaruh pada putaran, intensitas induksi elektromagnetik, dan interaksi putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor.

4.1.3.4 Analisis Varian untuk Efisiensi Termal Efektif

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi induksi elektromagnetik dan interaksi antara putaran dengan variasi induksi elektromagnetik terhadap efisiensi termal efektif motor bakar bensin empat langkah. Berdasarkan perhitungan statistik didapatkan tabel anova untuk daya efektif sebagai berikut :

Tabel 4.10 Analisis Varian Dua Arah Efisiensi Termal Efektif

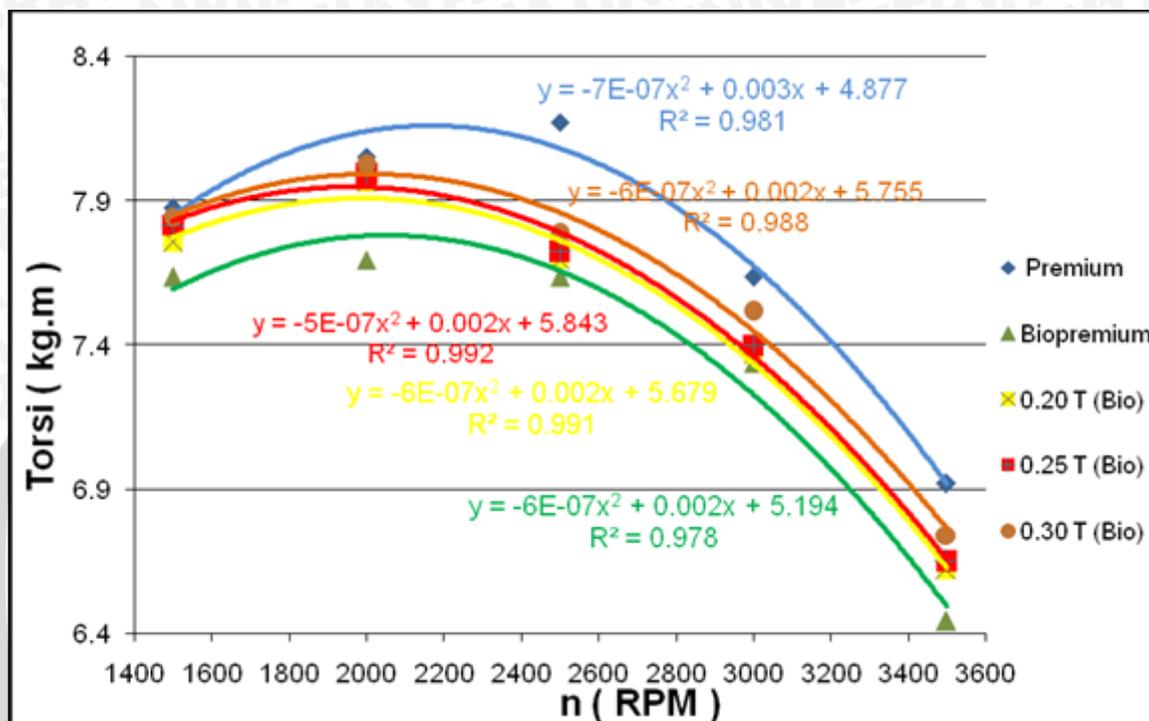
Sumber varian	JK	Db	KT	F _{hitung}	F _{α,5%}
Putaran	70,887	4	17,722	62,259	2,61
Intensitas Induksi Elektromagnetik	49,177	3	16,392	57,589	2,84
Interaksi	33,94	12	0,283	9,94	2,00
Galat	11,386	40	0,285		
Total	134,843	59			

Dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa faktor putaran, intensitas induksi elektromagnetik, interaksi putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka diputuskan menolak H_0 sehingga dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% bahwa terdapat pengaruh pada putaran, intensitas induksi elektromagnetik, dan interaksi putaran dan variasi intensitas induksi elektromagnetik terhadap unjuk kerja motor.

4.2 Pembahasan

4.2.1. Hubungan antara Putaran dengan Torsi

Hubungan antara putaran mesin dengan torsi terhadap berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2: Grafik hubungan antara putaran dengan torsi

Berdasarkan gambar 4.2 hubungan antara putaran dengan torsi dapat dilihat kecenderungan nilai torsi untuk setiap variasi pengujian pada putaran poros antara 1500-3500 hampir sama yaitu pada putaran awal akan cenderung naik kemudian cenderung menurun pada putaran setelah 2500 rpm. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran mengakibatkan semakin banyak pula udara yang akan masuk ke silinder pada saat langkah isap. Dengan semakin banyak udara yang masuk maka semakin banyak pula bahan bakar yang akan terbakar pada ruang bakar, sehingga fluida kerja pada ruang bakar akan semakin banyak dan akan menghasilkan energi kalor dan tekanan yang nantinya akan memperbesar gaya dorong torak dari TMA ke TMB.

Akibatnya nilai torsi akan semakin besar sesuai rumus :

$$T = Ft \times L$$

dengan:

T = torsi (Kg.m)

F_t = gaya tangensial poros (Kg)

L = panjang lengan (m)

Kemudian dengan semakin besarnya putaran, torsi akan cenderung menurun dikarenakan pada putaran yang semakin tinggi gesekan antara torak dan dinding silinder semakin banyak pula yang menyebabkan kerugian mekanis akibat gesekan semakin besar. Semakin tinggi putaran, gerakan buka tutup katup hisap pada langkah hisap juga semakin cepat, hal ini menyebabkan massa udara yang masuk ke dalam ruang silinder semakin kecil, tekanan akhir kompresi dan tekanan gas hasil pembakaran bahan bakar akan menjadi kecil yang menyebabkan gaya dorong pada torak menjadi kecil juga sehingga torsi semakin kecil.

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa nilai torsi paling besar didapatkan pada pengujian premium murni diikuti bahan bakar biopremium yang dipengaruhi induksi elektromagnetik sebesar 0.30 Tesla, bahan bakar biopremium dengan intensitas induksi elektromagnetik sebesar 0.25 Tesla, bahan bakar biopremium dengan intensitas induksi elektromagnetik 0.20 Tesla, dan yang paling rendah bahan bakar biopremium tanpa dipengaruhi induksi elektromagnetik.

Pada gambar 4.2 juga dapat dilihat semakin besar intensitas induksi yang diberikan kepada aliran bahan bakar akan meningkatkan torsi yang dihasilkan, hal ini disebabkan oleh semakin besar intensitas induksi elektromagnetik pada aliran bahan bakar menyebabkan semakin banyak bahan bakar yang terionisasi dan akan semakin mudah mengikat oksigen sehingga bahan bakar yang terbakar dalam ruang bakar dan tekanan indikasi yang dihasilkan akan semakin banyak sehingga meningkatkan tekanan efektif rata-rata yang terjadi juga meningkat kemudian akan meningkatkan torsi yang dihasilkan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$T = 716,2 \frac{Pe \cdot Vd \cdot i}{0,45 \cdot z} (Kg.m)$$

dengan:

T = torsi (kg.m)

Pe = tekanan efektif rata-rata (kg/cm²)

Vd = displacement volume (m³)

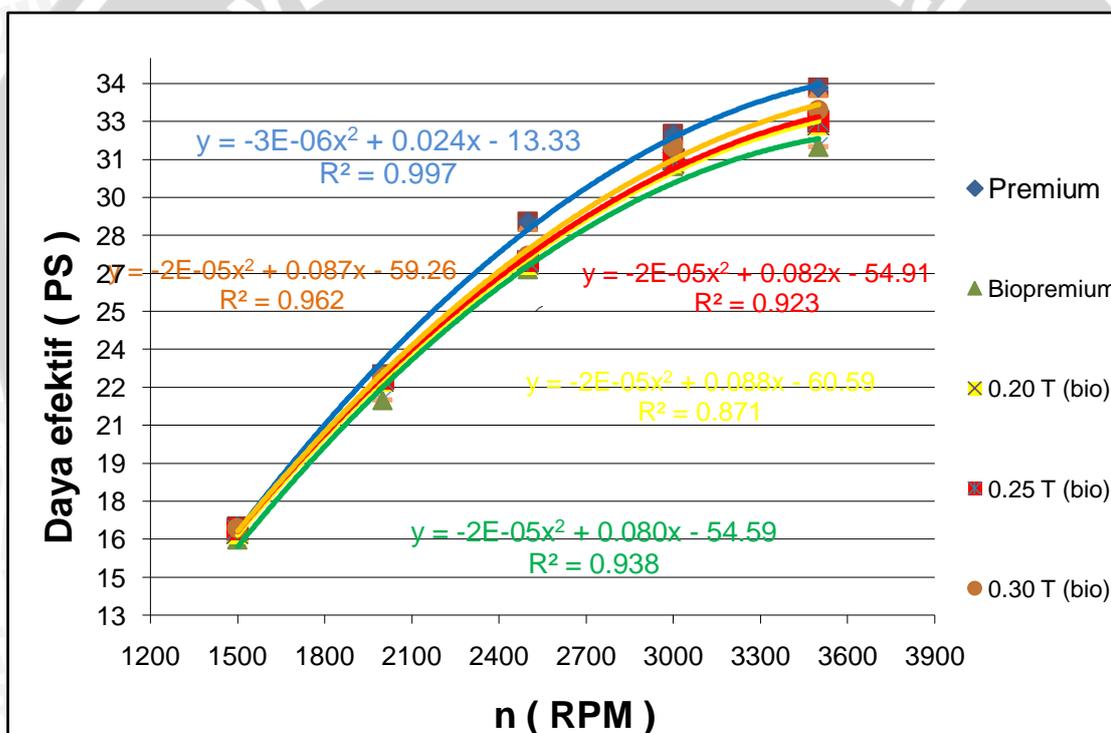
i = jumlah silinder

z = jumlah putaran poros engkol setiap siklus

Pada grafik hubungan putaran dengan torsi terlihat pengujian menggunakan bahan bakar biopremium yaitu campuran antara 90% premium dan 10% bioetanol pada berbagai perlakuan menghasilkan nilai torsi yang masih lebih rendah dibandingkan yang menggunakan bahan bakar premium murni. Penyebabnya karena bahan bakar biopremium mempunyai nilai kalor lebih rendah daripada premium murni yaitu 6423,72 kcal/kg.

4.2.2. Hubungan antara Putaran dengan Daya Efektif

Hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif terhadap berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3: Grafik hubungan antara putaran dengan daya efektif

Dari gambar 4.3 hubungan antara putaran dengan daya efektif terlihat kecenderungan nilai daya efektif yang dihasilkan untuk setiap variasi pengujian yaitu cenderung naik. Hal ini dikarenakan dengan naiknya putaran maka campuran udara dan bahan bakar yang terbakar pada saat proses pembakaran di silinder kerja akan semakin banyak sehingga menghasilkan tekanan indikasi yang semakin besar. Begitu juga tekanan efektif rata-rata. Akibatnya nilai daya efektif akan semakin besar. Hal ini secara teoritis sesuai dengan rumusan berikut ini :

$$N_i = \frac{p_e \cdot V_d \cdot n \cdot i}{0,45 \cdot z} \text{ (PS)}$$

dengan:

N_i = daya indikasi (PS)

P_e = tekanan efektif rata-rata (kg/cm^2)

V_d = *displacement volume* (m^3)

n = putaran poros

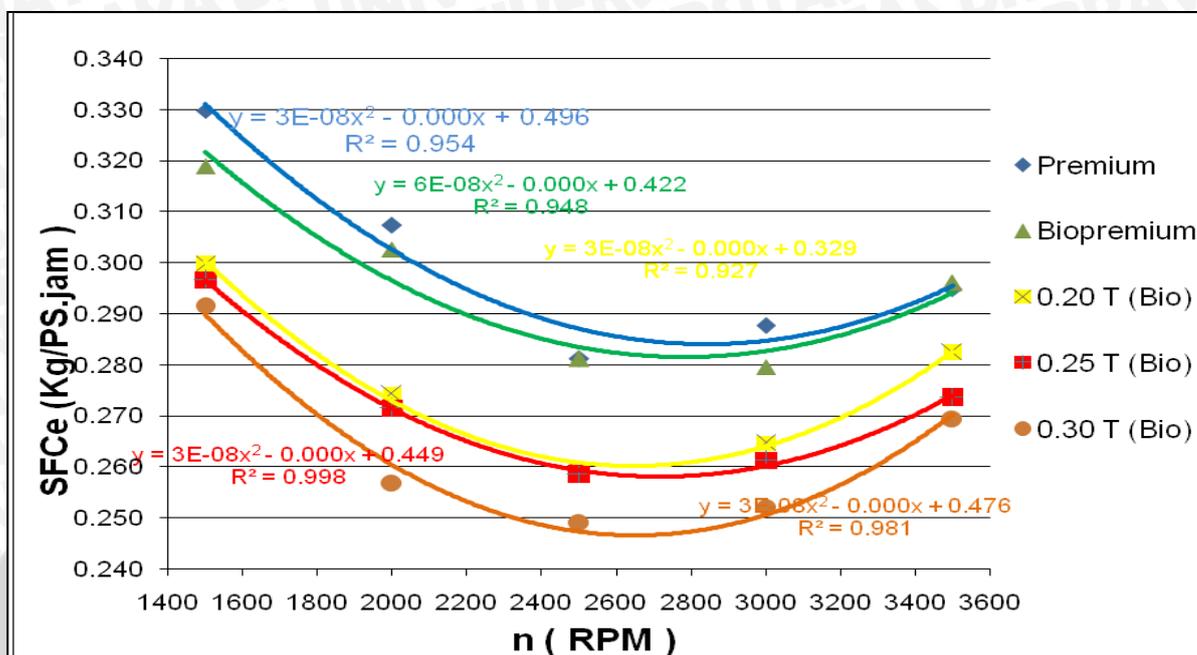
i = jumlah silinder

z = jumlah putaran poros engkol setiap siklus

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa daya efektif dengan nilai terbesar dihasilkan pada pengujian premium murni yaitu 33,824 PS pada putaran 3500 rpm, lebih besar daripada pengujian dengan perlakuan lainnya. Hal ini memperlihatkan bahwa dengan nilai kalor bahan bakar yang lebih tinggi menyebabkan pembakaran yang terjadi pada ruang bakar lebih baik. Pada gambar 4.3 juga menunjukkan penggunaan bahan bakar biopremium paling tinggi daya efektifnya ditunjukkan oleh biopremium dengan intensitas induksi elektromagnetik 0,3 T sebesar 32,512 PS pada putaran 3500 rpm, diikuti bahan bakar biopremium dengan intensitas induksi elektromagnetik sebesar 0,25 T, bahan bakar biopremium dengan intensitas induksi elektromagnetik sebesar 0,20 T, dan bahan bakar biopremium tanpa induksi elektromagnetik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar induksi elektromagnetik yang diberikan kepada aliran bahan bakar maka daya efektifnya juga semakin meningkat dikarenakan semakin banyak induksi elektromagnetik yang diberikan kepada aliran bahan bakar akan mengionisasi bahan bakar sehingga rantai karbon dalam bahan bakar akan terpecah-pecah sehingga akan mudah berikatan dengan oksigen, semakin banyak oksigen yang berikatan dengan karbon akan menjadikan pembakaran lebih baik dan menghasilkan tekanan indikasi yang lebih besar dikarenakan semakin banyaknya massa bahan bakar yang terbakar setiap kali proses pembakaran sehingga tekanan rata-rata akan semakin besar pula sehingga daya efektif yang dihasilkan juga semakin besar.

4.2.3. Hubungan antara Putaran dengan SFCE

Hubungan antara putaran mesin dengan SFCE terhadap berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4: Grafik hubungan antara putaran mesin dengan SFCE

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCE) adalah banyaknya bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya efektif tiap jamnya sehingga konsumsi bahan bakar spesifik efektif ini dapat digunakan untuk mengukur tingkat keekonomisan dari mesin, semakin rendah nilai SFCE maka mesin tersebut semakin ekonomis.

Pada gambar 4.4 hubungan putaran terhadap SFCE dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran, maka SFCE akan semakin menurun sampai pada putaran tertentu kemudian SFCE akan mengalami kenaikan jika putaran dinaikkan lagi. Hal ini terjadi karena semakin tinggi putaran, konsumsi bahan bakar akan semakin tinggi dan daya efektif juga meningkat kemudian daya efektif mengalami penurunan. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar (F_c) dan berbanding terbalik dengan daya efektif (N_e), sesuai dengan persamaan berikut:

$$SFCE = \frac{FC}{Ne} \quad FC = \frac{b}{t} \cdot \gamma \cdot \frac{3600}{1000}$$

dengan:

SFC_e = *Effective Specific Fuel Consumption* ($\text{kg} \cdot \text{PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$)

FC = *Fuel Consumption* ($\text{kg} \cdot \text{jam}^{-1}$)

N_e = Daya efektif (PS)

b = Jumlah bahan bakar (30ml)

t = waktu konsumsi bahan bakar dalam setiap 30 ml

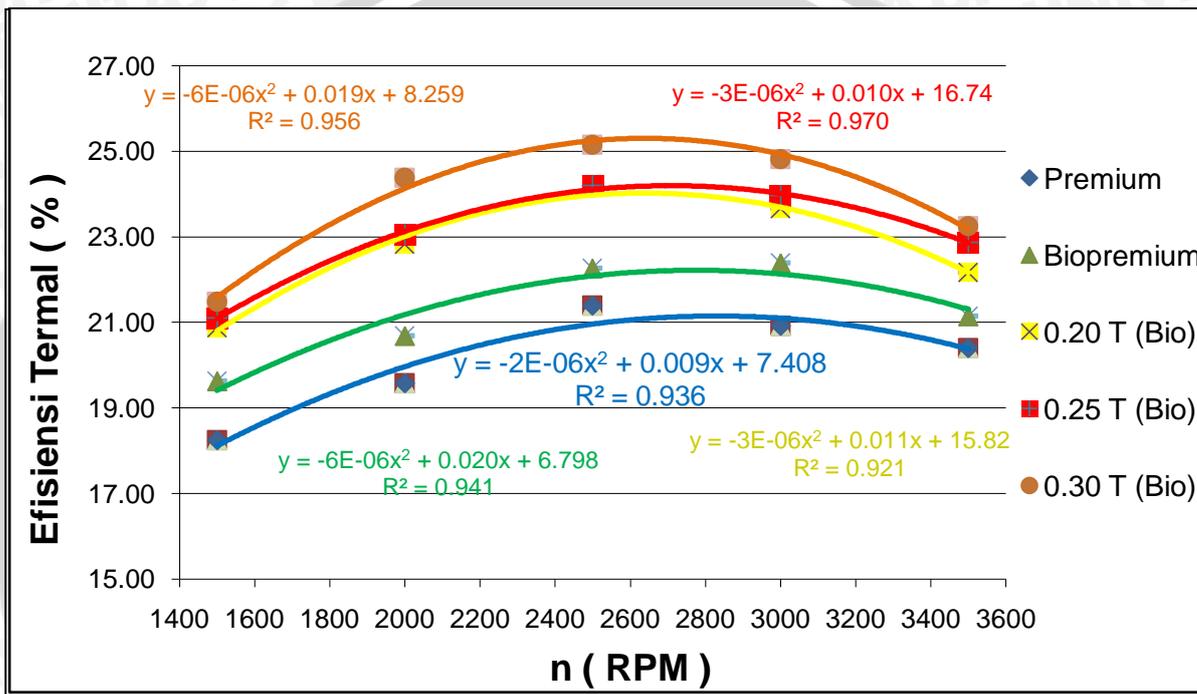
γ = massa jenis bahan bakar

Dari grafik dapat dilihat bahwa premium murni memiliki nilai SFC_e paling besar diantara yang lain. Hal ini berarti premium lebih boros daripada variabel yang menggunakan bahan bakar biopremium E10 dan bahan bakar biopremium E10 dengan induksi elektromagnetik. Hal ini dikarenakan etanol yang dicampur dengan premium mengandung oksigen sehingga massa bahan bakar yang terbakar setiap proses pembakaran lebih banyak yang akan menyebabkan tekanan indikasi yang terjadi pada ruang bakar juga semakin meningkat yang akan berpengaruh pada meningkatnya daya efektif yang terjadi sehingga SFC_e akan semakin kecil dibandingkan premium murni. Dan juga penggunaan *Electromagnetic Resonance Ionizer* akan menyebabkan bahan bakar yang terbakar pada ruang kerja akan semakin banyak sehingga meningkatkan tekanan indikasi yang berpengaruh pada meningkatkan tekanan rata-rata yang terjadi sehingga meningkatkan daya efektif yang terjadi sehingga SFC_e akan semakin menurun dibandingkan dengan premium murni.

Secara keseluruhan penggunaan mesin bensin dengan bahan bakar biopremium E10 yang dipengaruhi induksi elektromagnetik sebesar 0,3 Tesla menghasilkan konsumsi bahan bakar paling ekonomis daripada variasi lainnya.

4.2.4. Hubungan antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif

Hubungan antara putaran mesin dengan Efisiensi Termal Efektif terhadap berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut:



Gambar 4.5: Grafik hubungan antara putaran mesin dengan Efisiensi Termal Efektif

Pada gambar 4.5 hubungan putaran terhadap efisiensi termal efektif dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran maka efisiensi termal efektif akan mengalami kenaikan sampai pada putaran tertentu kemudian mengalami penurunan. Hal ini disebabkan nilai efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFC_e) dan nilai kalor bahan bakar (LHV_{bb}), seperti pada persamaan berikut:

$$\eta_{te} = \frac{632}{SFC_e \times LHV_{bb}} \times 100$$

dengan:

η_{te} = efisiensi termal efektif (%)

SFC_e = *Specific Fuel Consumption Effective* ($kg.PS^{-1}.jam^{-1}$)

LHV_{bb} = nilai kalor bahan bakar (kkal.kg^{-1})

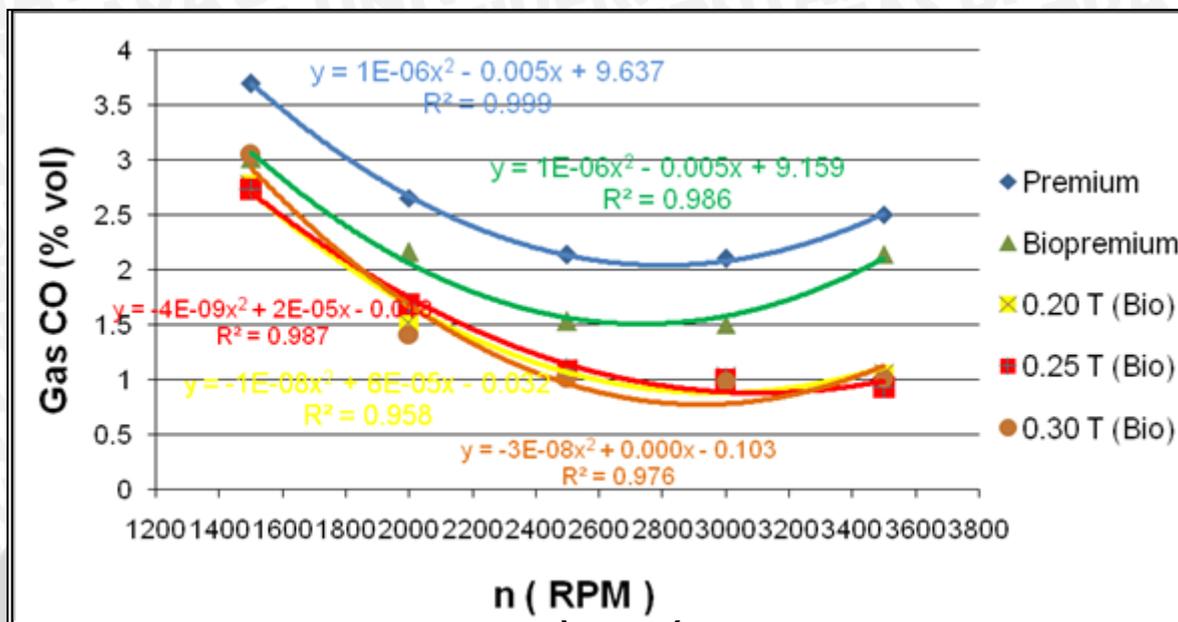
Dengan bertambahnya putaran mesin efisiensi termal yang dihasilkan akan semakin meningkat, hal ini berlaku secara umum baik menggunakan pengaruh induksi elektromagnetik ataupun tidak, namun dengan menggunakan pengaruh induksi elektromagnetik efisiensi termal nilainya lebih besar karena jumlah bahan bakar yang terbakar pada setiap proses pembakaran jauh lebih banyak yang akan menghasilkan temperatur dan tekanan yang besar juga.

Selain itu, peningkatan efisiensi termal disebabkan oleh berkurangnya kerugian bahan bakar yang tidak terbakar habis pada setiap proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar. Dimana bahan bakar akan dikondisikan terlebih dahulu yaitu dengan penambahan bioetanol dalam bensin dan memberinya pengaruh induksi elektromagnetik agar molekul bahan bakar terpecah menjadi ion bermuatan yang reaktif sehingga akan lebih mudah mengikat oksigen dalam proses pembakaran. Dan hasilnya setiap bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar akan habis terbakar.

Dari grafik dapat dilihat bahwa dengan bahan bakar biopremium E10 dengan pengaruh induksi elektromagnetik sebesar 0,3 Tesla menghasilkan efisiensi termal yang paling besar. Hal ini dikarenakan semakin besar induksi elektromagnetik akan menyebabkan semakin banyak molekul bahan bakar terpecah menjadi ion bermuatan yang reaktif sehingga akan lebih mudah mengikat oksigen dalam proses pembakaran yang mengakibatkan pembakaran dalam ruang bakar akan semakin baik.

4.2.5. Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas CO

Hubungan antara putaran mesin dengan Emisi Gas CO terhadap berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.6: Grafik hubungan antara putaran dengan Emisi Gas CO

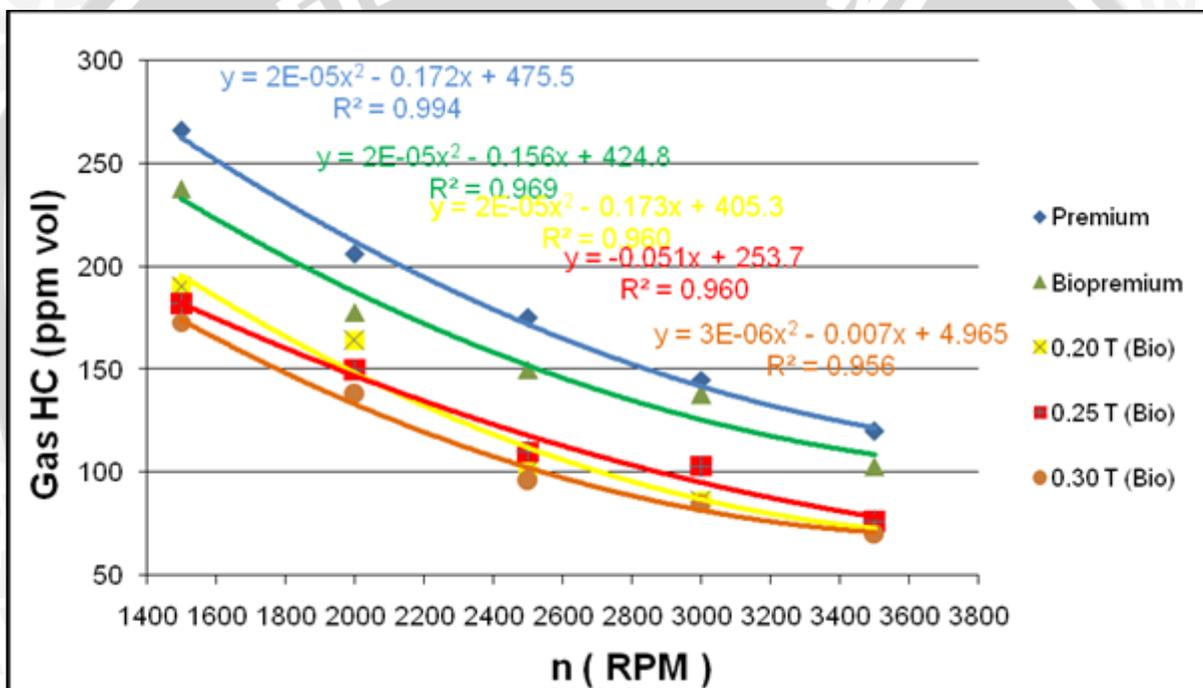
Dari gambar 4.6 hubungan putaran dengan emisi gas CO menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran maka emisi gas CO akan mengalami penurunan sampai pada putaran tertentu kemudian mengalami kenaikan di akhir-akhir putaran, kadar emisi gas CO yang dihasilkan cenderung menurun hal ini dikarenakan semakin besar putaran maka pembakaran yang terjadi akan semakin efektif yang mengakibatkan bahan bakar terbakar sempurna dan menghasilkan gas CO₂ sehingga gas CO yang terbentuk akan semakin sedikit lalu pada putaran tinggi pembakaran yang terjadi kurang efektif dibandingkan putaran menengah yang menyebabkan menurunnya pembentukan gas CO₂ sehingga gas CO yang terbentuk akan meningkat.

Dari grafik hubungan putaran dengan emisi gas CO menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran, kadar emisi gas CO yang dihasilkan cenderung menurun. Pada grafik terlihat emisi gas CO terendah didapatkan oleh motor bensin berbahan bakar E10 biopremium dengan pengaruh induksi elektromagnetik 0,3 Tesla dimana pada putaran 3000 rpm yang memiliki kadar emisi gas CO terkecil yaitu 0,976 % vol gas buang. Dan emisi gas CO terbesar terjadi pada motor bensin bahan bakar premium murni pada putaran 1500 rpm yaitu 3,696 % vol gas buang.

Dan pada pengujian yang menggunakan induksi elektromagnetik menunjukkan bahwa penambahan induksi elektromagnet akan menurunkan emisi gas CO dibandingkan dengan premium murni dan biopremium tanpa induksi elektromagnetik. Hal ini dikarenakan penambahan induksi elektromagnet kepada aliran bahan bakar akan menyebabkan pembakaran yang terjadi pada ruang bakar akan lebih sempurna yang berdampak pada gas CO₂ yang terbentuk akan semakin banyak sehingga emisi gas CO akan semakin berkurang.

4.2.6 Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas HC

Hubungan antara putaran mesin dengan Emisi Gas HC terhadap berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7: Grafik hubungan antara putaran dengan Emisi Gas HC

Dari gambar 4.7 hubungan putaran terhadap emisi gas HC menunjukkan kecenderungan bahwa semakin tinggi putaran maka emisi gas HC mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya putaran campuran bahan bakar dengan udara yang terjadi semakin baik sehingga pembakaran yang terjadi lebih baik. Oleh karena itu emisi gas HC yang dihasilkan cenderung menurun.

Kecenderungan dapat terlihat pada grafik motor bensin tanpa perlakuan berbagai bahan bakar premium murni. Semakin tinggi putaran akan terlihat penurunan kadar gas HC. Pada kondisi

pengujian yang lain dengan menggunakan bahan bakar biopremium E10, kadar emisi gas HC masih lebih rendah dibanding motor bensin berbahan bakar premium murni, hal ini dikarenakan penambahan bioetanol akan menyebabkan pembakaran yang terjadi lebih sempurna sehingga emisi gas HC akan menurun dibanding dengan menggunakan premium murni. Pada pengujian dengan pengaruh induksi elektromagnetik dengan beberapa variasi intensitas di dapatkan kadar gas HC yang semakin menurun dibandingkan dengan penggunaan bensin murni dan biopremium tanpa induksi elektromagnetik, hal ini akibat dari pengondisian molekul bahan bakar agar bisa bereaksi dan terbakar lebih baik pada setiap proses pembakaran, sehingga akan menghasilkan emisi gas.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pengaruh intensitas induksi elektromagnetik pada aliran bahan bakar terhadap kinerja motor bensin 4 langkah berbahan bakar biopremium, dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan alat *Electromagnetic Resonance Ionizer* sebagai penghasil induksi elektromagnet dan penggunaan bahan bakar E10 biopremium mempunyai pengaruh terhadap kinerja serta emisi gas CO dan HC pada motor diesel empat langkah. Pada variasi putaran 1500 - 3500 rpm, perlakuan yang paling baik untuk:

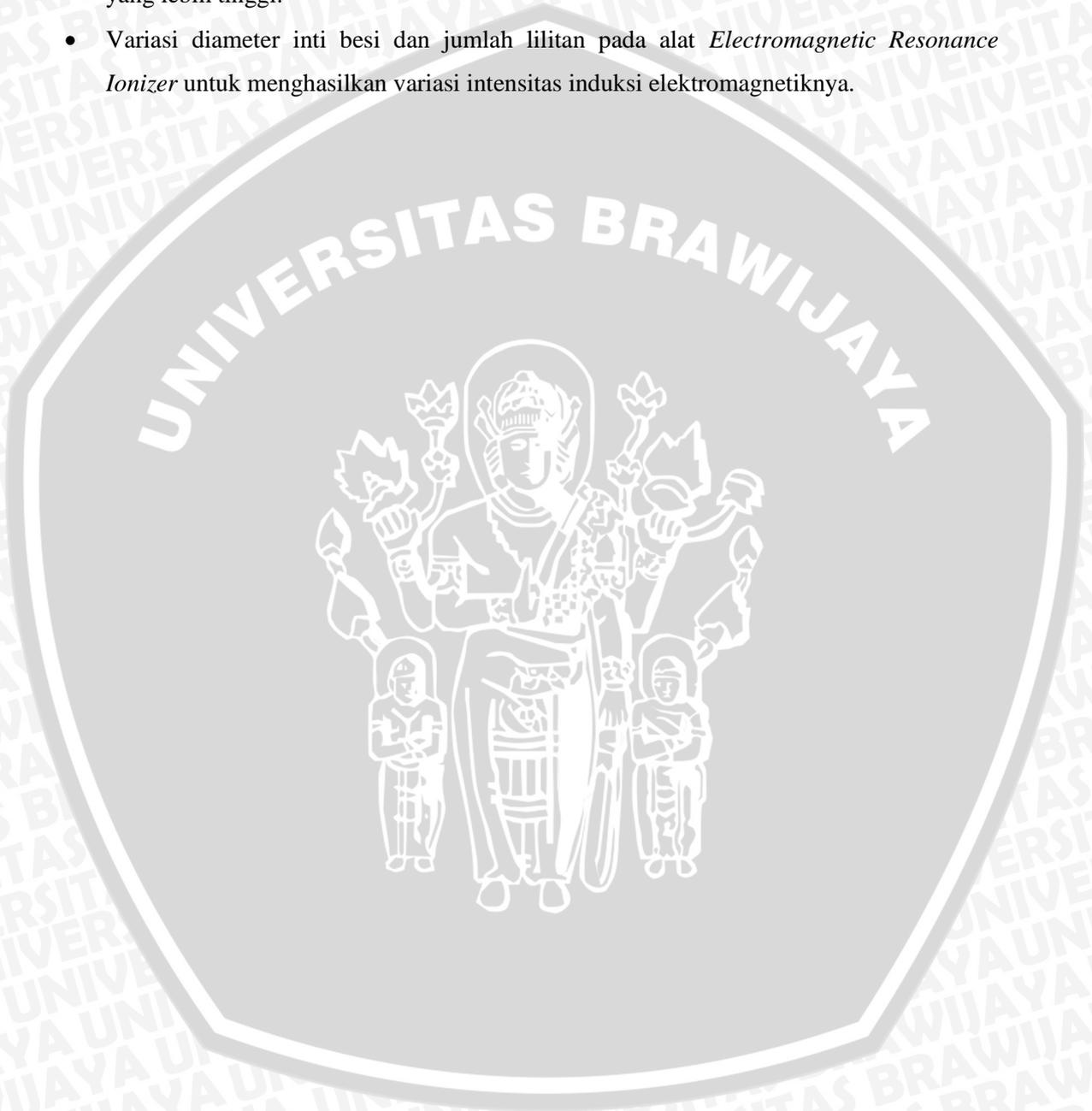
- Torsi yaitu dengan bahan bakar premium pada putaran 2500 rpm sebesar 8,174 kg.m. Sedangkan dengan bahan bakar biopremium didapat pada pengujian dengan induksi elektromagnet 0,3 Tesla pada putaran 2000 rpm sebesar 8,02 kg.m.
- Daya efektif yaitu bahan bakar premium murni pada putaran 3500 rpm sebesar 33,824 PS. Sedangkan dengan bahan bakar biopremium didapat pada pengujian dengan induksi elektromagnet 0,3 Tesla pada putaran 3500 rpm sebesar 32,949 PS.
- SFCE yang rendah yaitu bahan bakar biopremium dengan induksi elektromagnet 0,3 Tesla pada putaran 2500 rpm sebesar $0,249 \text{ kg.PS}^{-1}.\text{jam}^{-1}$
- Efisiensi termal efektif yaitu bahan bakar biopremium dengan induksi elektromagnet 0,3 Tesla pada putaran 2500 rpm sebesar 25,15%.
- Emisi gas CO yang rendah yaitu bahan bakar biopremium dengan induksi elektromagnet 0,3 Tesla pada putaran 3000 rpm sebesar 0,976% vol gas buang.
- Emisi gas HC yang rendah yaitu bahan bakar biopremium dengan induksi elektromagnet 0,3 Tesla pada putaran 3500 rpm sebesar 70 ppm vol.

Secara keseluruhan kinerja yang optimal serta emisi gas CO dan gas HC yang kecil pada putaran rendah sampai tinggi didapat dengan menambahkan induksi electromagnet sebesar 0,3 Tesla dan menggunakan bahan bakar E10 biopremium.

5.2. Saran

Perlu dilakukannya penelitian lanjutan untuk:

- Mengetahui pengaruh intensitas induksi elektromagnetik pada aliran bahan bakar terhadap kinerja motor bensin 4 langkah berbahan bakar E10 bopremium pada putaran yang lebih tinggi.
- Variasi diameter inti besi dan jumlah lilitan pada alat *Electromagnetic Resonance Ionizer* untuk menghasilkan variasi intensitas induksi elektromagnetiknya.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim; 1987: *Instruction Manual Book Engine Research and Test Bed*; Tokyo.
- Anonim, 2005: *Stargas Mod 898 Operating Instructions Book*. Jepang.
- Anonim, 2010: <http://www.aitrisnawati.com/wp-content/uploads/2008/05/buah-kelapa.jpg> (diakses pada juni 2011).
- Anonim, 2010: http://www.alibaba.com/product-free/101580459/Solenoid_Coil.html (diakses pada juni 2011).
- Anonim, 2010: http://www.alibaba.com/product-free/101580459/Toroida_Coil.html (diakses pada juni 2011).
- Anonim, 2010: http://www.biology.clc.uc.edu/graphics/bio104/fatty_acid.jpg (diakses pada juni 2001).
- Anonim, 2010: http://www.indo-work.com/pdimage/30/185730_151.jpg (diakses pada juni 2011).
- Anonim, 2007: <http://www.pertamina.com/uploads/download/Solar.pdf> (diakses pada juni 2011).
- Arismunandar, W; 2002: *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*; ITB, Bandung.
- Bueche, F. J; 1988: *Fisika*; Erlangga, Jakarta.
- Maleev, V. L.; 1973: *Internal Combustion Engines*; McGraw-Hill Book Company, Inc., Singapore.
- Milton, Brian E.; 1995: *Thermodynamics, Combustion and Engines*; Chapman and Hall, Madras.
- Nurchahyo, Bastyar ; 2008: *Pengaruh penambahan multiple medan magnet arah radial pada aliran bahan bakar terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah*; Digilib ITS, Surabaya.
- Petrovsky, N; 1979: *Marine Internal Combustion Engine*; Mir Publisher, Moscow.

Pulkrabrek, Willard W; 2004: *Engineering Fundamental of The Internal Combustion Engine*; Prentice Hal International inc, New Jersey.

Siregar, Houtman P; 2007: *Pengaruh diameter kawat kumparan alat penghemat energi yang berbasis electromagnetic terhadap kinerja motor diesel*; Proquest, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Indonesia, Jakarta.

Soetiari, Tj.; 1990: *Bahan Bakar dan Proses-Proses Kimia Pembakaran*; Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Turns, Stephen; 1996 : *An Introduction to Combustion*; John Wiley and Sons, New Jersey.

Pratomo, Rinto Y: *Analisis performa sepeda motor 4 langkah 1 silinder*, Jurusan Mesin, Universitas Indonesia, Jakarta.

Wahyudi, Slamet; 2006; *Statistik Teknik*; Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data pengujian Motor Bensin

TABEL TANPA PERLAKUAN DENGAN BAHAN BAKAR BENJIN MURNI

Bukaan Throttle : 50 % Suhu Udara : 30°C
 Kelembapan Udara : 74 % Tekanan Atmosfer : 714 mmHg

No.	n	F	P1	P1-P2	T _{ud}	T _{eg}	T _{wi}	T _{wo}	W _w	t	VCO	VHC
	(RPM)	(kg)	(mmH ₂ O)	(mmH ₂ O)	°C	°C	°C	°C	L/jam	(detik)	% vol	ppm vol
1	1500	22	9710.4	3	32	540	26	43	810	15.2	3.696	266
		22	9710.4	3	32	545	26	44	810	15.42	3.696	266
		22	9710.4	3	32	556	26	43	810	15.36	3.696	266
2	2000	22.5	9710.4	3.5	32	600	26	45	810	12.09	2.652	206
		22.5	9710.4	3.5	32	610	26	46	810	12.18	2.652	206
		22.5	9710.4	3.5	32	615	26	45	810	11.92	2.652	206
3	2500	22.5	9710.4	5	32	650	26	46	810	10.45	2.134	175
		23	9710.4	5	32	660	26	47	810	10.34	2.134	175
		23	9710.4	5	32	650	26	46	810	10.39	2.134	175
4	3000	21	9710.4	7.5	32	680	26	47.5	810	8.92	2.099	145
		21.5	9710.4	7.5	32	680	26.5	48	810	9.16	2.099	145
		21.5	9710.4	7.5	32	680	26	47	810	9.11	2.099	145
5	3500	19	9710.4	8	32	700	26	48	810	7.96	2.503	120
		19.5	9710.4	8	33	700	26	48	810	8.19	2.503	120
		19.5	9710.4	8	33	700	26	48	810	8.93	2.503	120

TABEL BAHAN BAKAR B10 BIOPREMIUM TANPA PERLAKUAN

No.	n	F	P2	P1-P2	T _{ud}	T _{eg}	T _{wi}	T _{wo}	W _w	t	VCO	VHC
	(RPM)	(kg)	(mmH ₂ O)	(mmH ₂ O)	°C	°C	°C	°C	L/jam	(detik)	% vol	ppm vol
1	1500	21	9710.4	2	32	500	25	35	600	16.26	3.014	238
	1500	21.5	9710.4	2	32	500	25	34	600	16.48	3.014	238
	1500	21.5	9710.4	2	32	500	25	34	600	16.48	3.014	238
2	2000	21.5	9710.4	4	31	540	25	39.5	600	12.89	2.16	178
	2000	21.5	9710.4	4	30	560	25	43	600	12.74	2.16	178
	2000	21.5	9710.4	4	31	560	25	43	600	12.98	2.16	178
3	2500	21	9710.4	5.5	31	620	25	45	600	11.29	1.532	150
	2500	21	9710.4	5.5	30	625	25	46	600	11.26	1.532	150
	2500	22	9710.4	5.5	30	625	25	46	600	10.96	1.532	150
4	3000	20.5	9710.4	7	30	660	25	49	600	9.67	1.502	138
	3000	20.5	9710.4	7	31	680	25	49	600	9.84	1.502	138
	3000	20.5	9710.4	7	31	680	25	49	600	9.71	1.502	138
5	3500	18	9710.4	9	31	720	25	50	600	8.98	2.141	103
	3500	18	9710.4	9	32	710	25	50	600	9.18	2.141	103
	3500	18	9710.4	9	32	710	25	50	600	8.78	2.141	103

TABEL BAHAN BAKAR E10 BIOPREMIUM DENGAN INDUKSI ELEKTROMAGNET 0.20 TESLA

No.	n	F	P2	P1-P2	T _{ud}	T _{eg}	T _{wi}	T _{wo}	W _w	t	VCO	VHC
	(RPM)	(kg)	(mmH ₂ O)	(mmH ₂ O)	°C	°C	°C	°C	L/jam	(detik)	% vol	ppm vol
1	1500	22	9710.4	2.5	31.5	550	26.5	43	810	17.16	2.781	190
	1500	21.5	9710.4	2.5	31.5	560	26.5	43	810	17.67	2.781	190
	1500	21.5	9710.4	2.5	31.5	570	26.5	43	810	16.72	2.781	190
2	2000	22.25	9710.4	3.5	32	610	26.5	44	810	13.68	1.508	164
	2000	22.25	9710.4	3.5	32	615	27	44.5	810	14.18	1.508	164
	2000	22.25	9710.4	3.5	32	610	27	45	810	13.31	1.508	164
3	2500	21.5	9710.4	5	32.5	650	27.5	45	810	11.96	1.09	101
	2500	21.5	9710.4	5	32.5	650	27.5	45	810	12.12	1.09	101
	2500	21.5	9710.4	5	32.5	650	27.5	45	810	11.98	1.09	101
4	3000	20.75	9710.4	6.5	33.5	680	28	49	810	10.21	1.019	86
	3000	20.5	9710.4	6.5	33.5	690	28	49	810	10.22	1.019	86
	3000	20.5	9710.4	6.5	33.5	690	28	49	810	10.32	1.019	86
5	3500	18.5	9710.4	8	33	720	28	55	810	9.19	1.043	75
	3500	18.5	9710.4	8	33	710	28	55	810	9.13	1.043	75
	3500	18.5	9710.4	8	33	710	28	55	810	9.15	1.043	75

TABEL BAHAN BAKAR E10 BIOPREMIUM DENGAN INDUKSI ELEKTROMAGNET 0.25 TESLA

No.	n	F	P2	P1-P2	T _{ud}	T _{eg}	T _{wi}	T _{wo}	W _w	t	VCO	HC
	(RPM)	(kg)	(mmH ₂ O)	(mmH ₂ O)	°C	°C	°C	°C	L/jam	(detik)	% vol	ppm vol
1	1500	21.5	9710.4	2.5	31	540	25	45	600	17.16	2.734	182
	1500	22	9710.4	2.5	30.5	540	25	47	600	17.78	2.734	182
	1500	22	9710.4	2.5	30.5	540	25	47	600	16.78	2.734	182
2	2000	22.5	9710.4	3.5	31	600	25	50	600	13.81	1.683	150
	2000	22.25	9710.4	3.5	30.5	600	25	50	600	13.81	1.683	150
	2000	22.25	9710.4	3.5	30.5	600	25	50	600	13.81	1.683	150
3	2500	21.75	9710.4	5	30.5	630	25	50	600	11.66	1.087	110
	2500	21.5	9710.4	5	30.5	640	25.5	51	600	12.17	1.087	110
	2500	21.5	9710.4	5	30.5	640	25.5	51	600	12.17	1.087	110
4	3000	21	9710.4	6.5	31.5	680	25.5	52	600	10.76	1	103
	3000	21	9710.4	6.5	32	685	25.5	52	600	10.13	1	103
	3000	20	9710.4	6.5	32	685	25.5	52	600	10.13	1	103
5	3500	18	9710.4	8	31.5	710	26	53	600	9.18	0.929	76
	3500	19	9710.4	7.9	31.5	710	26	54	600	9.52	0.929	76
	3500	18.75	9710.4	7.9	31.5	710	26	54	600	9.52	0.929	76

TABEL BAHAN BAKAR E10 BIOPREMIUM DENGAN INDUKSI ELEKTROMAGNET 0.30 TESLA

No.	n	F	P1	P1-P2	T _{ud}	T _{eg}	T _{wi}	T _{wo}	W _w	t	Vco	HC
	(RPM)	(kg)	(mmH ₂ O)	(mmH ₂ O)	°C	°C	°C	°C	L / jam	(detik)	% vol	ppm vol
1	1500	22.25	9710.4	2.3	33	580	26	58	600	17.61	3.042	173
	1500	21.75	9710.4	2.3	33	580	26	58	600	17.41	3.042	173
	1500	21.75	9710.4	2.3	33	580	26	58	600	17.41	3.042	173
2	2000	22.5	9710.4	3	33	610	26	58	600	14.31	1.41	138
	2000	22.5	9710.4	3	33	610	26	58	600	14.67	1.41	138
	2000	22.25	9710.4	3	33	610	26	58	600	14.67	1.41	138
3	2500	21.75	9710.4	5	33	650	26	58	600	12.32	1.008	96
	2500	21.75	9710.4	5	33	650	26	60	600	12.4	1.008	96
	2500	21.75	9710.4	5	33	650	26	60	600	12.4	1.008	96
4	3000	21	9710.4	6.5	33	680	26	60	600	10.4	0.976	85
	3000	21	9710.4	6.5	33	680	26	60	600	10.61	0.976	85
	3000	21	9710.4	6.5	33	680	26	60	600	10.61	0.976	85
5	3500	18.5	9710.4	7.5	33	710	26	60	600	9.23	1.014	70
	3500	19	9710.4	7.5	33	710	26	60	600	9.54	1.014	70
	3500	19	9710.4	7.5	33	710	26	60	600	9.54	1.014	70

Lampiran 2. Data Pengujian Induksi Elektromagnetik

No.	Besarnya Arus Listrik (Ampere)	Induksi Elektromagnetik (Tesla)
1	16	0,20
2	20	0,25
3	25	0,30

Lampiran 3. Gambar Peralatan Pengujian



alat *electromagnetic resonance ionizer*





Tesla meter (Leybold Hareous)



Current Regulator





Digital Thermometer



Stargas (alat pengukur kandungan emisi gas buang)

