



**MODIFIKASI SISTEM BAHAN BAKAR KARBURATOR MENJADI  
SISTEM BAHAN BAKAR INJEKSI PADA HONDA LEGENDA  
(TINJAUAN SISTEM PENGAPIAN)**

**PROYEK AKHIR**

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Untuk memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik**

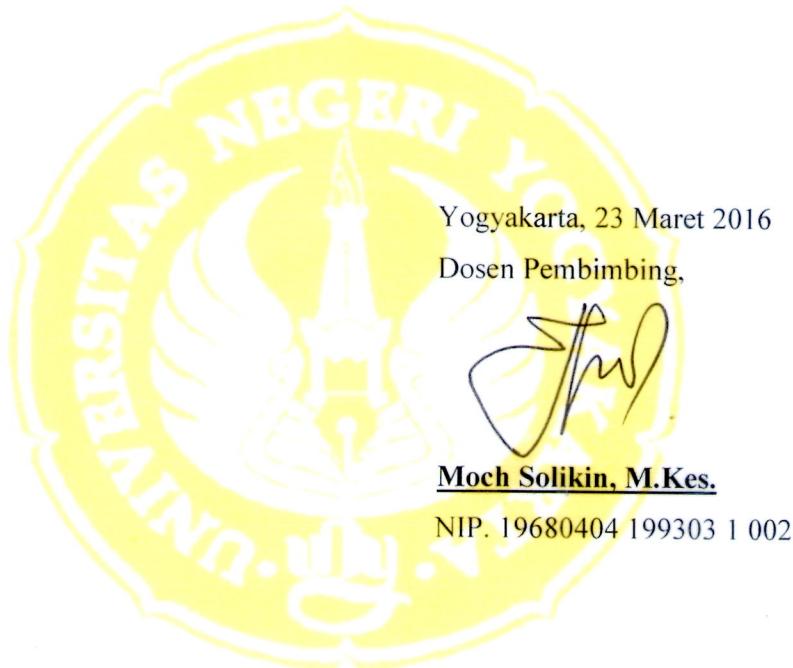


**Oleh :  
Busana Kusuma Adhi Surya  
NIM : 12509134056**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMOTIF FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
MARET 2016**

## **PERSETUJUAN**

Proyek Akhir yang berjudul “Modifikasi Sepeda Motor Sistem KarburatorMenjadi Sistem Injeksi (Sistem Pengapian)” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



## PENGESAHAN

Proyek akhir yang berjudul "Modifikasi Sistem Bahan Bakar Karburator Menjadi Sistem Injeksi (Tinjauan Sistem Pengapian)" ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 25 April 2016 dan dinyatakan lulus.

### DEWAN PENGUJI

Nama

Moch. Solikin, M.Kes.

Sukaswanto, M.Pd.

Lilik Chaerul Yuswono, M.Pd.

Ketua Penguji

Sekretaris Penguji

Penguji Utama

Tandatangan

Tanggal

25/4/16

22/4/16

25/4/2016

Yogyakarta, 25 April 2016

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan

Dr. Moch Bruri Triyono, M.Pd.  
NIP.19560216 198603 1 003



## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proyek Akhir tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Yogyakarta, 23 maret 2016

Yang menyatakan,

Busana Kusuma Adhi Surya

NIM. 12509134056

## **MOTTO**

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu pasti ada kemudahan"

**(Qs. Al Insyiroh (94) : 6).**

"Belajarlah karena tidak ada seorangpun yang dilahirkan dalam keadaan berilmu, dan tidaklah orang yang berilmu seperti orang yang bodoh"

**(Al-Imam Asy-Syafi'i).**

# **MODIFIKASI SEPEDA MOTOR SISTEM KARBURATOR MENJADI SISTEM INJEKSI PADA HONDA LEGENDA (TINJAUAN SISTEM PENGAPIAN)**

**Oleh:**  
**Busana Kusuma Adhi Surya**  
**12509134056**

## **ABSTRAK**

Tujuan pembuatan proyek akhir modifikasi sepeda motor sistem karburator menjadi sistem injeksi (tinjauan sistem pengapian) adalah mengurangi konsumsi bahan bakar, mengurangi emisi gas buang, meningkatkan performa mesin. Dapat mengetahui perbedaan kinerja sepeda motor sebelum dan setelah dilakukan modifikasi sistem pengapian EFI terkait dengan konsumsi bahan bakar, emisi gas buang dan performa mesin.

Proses perancangan modifikasi diawali dengan pemilihan komponen-komponen injeksi yang akan digunakan, pembelian, pemeriksaan dan penyesuaian modifikasi terhadap komponen, kemudian pengaplikasian komponen-komponen tersebut pada sepeda motor seperti *stator*, *rotor*, ECU, O2 sensor, EOT (*engine oil temperature*), dan kabel bodi, kemudian diikuti dengan penjadwalan waktu kerja dan kalkulasi biaya yang akan dibutuhkan. Proses pengujian meliputi pengujian sistem pengapian, pengujian sistem pengisian, pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang dan pengujian performa mesin sebelum dan sesudah modifikasi untuk mengetahui perbedaan hasil pengujian sebelum dan sesudah modifikasi.

Perancangan sistem pengapian EFI pada sepeda motor Honda Legenda diawali menentukan komponen yang dibutuhkan dengan cara melihat *wiring diagram*, dari *wiring diagram* tersebut diketahui bahwa komponen yang akan digunakan adalah *stator*, *rotor*, O2 sensor, EOT (*engine oil temperatur*), ECU, dan kabel bodi. Langkah selanjutnya adalah proses pembuatan dudukan *stator* dan pengelasan dudukan *stator* pada *cover crankcase* kiri, selanjutnya menetukan letak titik pengapian dengan menggunakan *rotor* Yamaha Jupiter Z1 dengan cara memutar *rotor* kekanan sejauh 105°, dilanjutkan dengan pemasangan O2 sensor pada saluaran gas buang dan pemasangan EOT (*engine oil temperatur*) pada *cylinder block*, kemudian proses pengaplikasian kabel bodi Yamaha Jupiter Z1. Pada pengujian saat pengapian adalah 12° sebelum TMA, pengujian komponen EFI menunjukkan semua komponen berfungsi, sistem pengisian menunjukkan voltase pengisian sebesar 14,02 V, pengujian konsumsi bahan bakar menunjukkan setelah penurunan konsumsi bahan bakar rata-rata mencapai 21,9 %. Hasil uji emisi setelah dimodifikasi menunjukkan hasil lebih baik dibanding sebelum modifikasi yaitu penurunan kadar CO sebesar -8,615 % yang sebelumnya 4,376 % menjadi 4,753 %, serta penurunan kadar HC mencapai 39,35 % yaitu dari 3857 ppm menjadi 2339 ppm. Hasil uji performa juga menunjukkan peningkatan daya maksimum yang sebelumnya 7,4dk/9000 rpm menjadi 9,4dk/10000 rpm dan torsi maksimum yang sebelumnya 5,90Nm/5000 rpm menjadi 6,90Nm/9500 rpm.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya, Sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul Modifikasi Sistem Bahan Bakar Konvensional Menjadi Sistem Bahan Bakar Injeksi pada Sepeda Motor Honda Legenda dengan tinjauan Sistem Kelistrikan. Sehubungan dengan itu, terselesaiannya Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan, dorongan dan nasehat serta saran dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Proyek Akhir dan laporan ini, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Zainal Arifin, MT selaku Kajur Diknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Moch. Solikin, M.Kes. selaku Kaprodi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Amir Fatah, M.Pd. selaku Koordinator Proyek Akhir Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bapak Moch. Solikin, M.Kes. selaku Pembimbing Proyek Akhir.
6. Bapak Sutiman, M.T. selaku Penasehat Akademik kelas D Prodi Teknik Otomotif Angkatan 2012.
7. Segenap Dosen dan Staf Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

8. Bapak dan Ibu, beserta seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil sehingga Proyek Akhir dan laporan ini dapat terselesaikan.
9. Teman satu kelompok dalam penggerjaan Proyek Akhir ini, Jangkung Eko Setiyono yang telah bekerja sama dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
10. Teman-teman kelas D angkatan 2012 yang telah membantu untuk menyelesaikan Proyek Akhir dan laporan ini.
11. Dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan pembuatan Proyek Akhir serta penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya jika terdapat kesalahan yang disengaja maupun tidak disengaja. Besar harapan, semoga laporan ini dapat berguna bagi pembaca dan semua pihak.

Yogyakarta, Maret 2016

Busana Kusuma Adhi Surya

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN .....	iv
MOTTO .....	v
ABSTRAK .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan.....	6
F. Manfaat.....	6
G. Keaslian Gagasan .....	6
<b>BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH</b>	
A. Sistem Pengapian.....	8
1. Syarat Sistem Pengapian.....	8
2. Koil Pengapian .....	11
3. Busi .....	14
4. Sistem Pengapian CDI.....	17
5. Sistem Pengapian Honda Legenda dan Yamaha Jupiter Z1.....	23
B. Sistem Pengisian.....	24

1. Prinsip Kerja Generator.....	25
2. Persyaratan Sistem Pengisian.....	25
3. Tipe Generator.....	26
C. Sistem Injeksi Bahan Bakar.....	31
1. Konstruksi Sistem EFI .....	31
2. Cara Kerja EFI .....	34
3. Komponen Sistem Injeksi .....	36
D. Perencanaan Proses Modifikasi.....	38
1. Perbandingan Kompresi.....	39
2. Konstruksi Mesin.....	39
3. Perbandingan Campuran Udara dan Bahan Bakar .....	39

### BAB III. KONSEP RANCANGAN

A. Analisa Kebutuhan Modifikasi.....	41
1. Rencana Kebutuhan Alat.....	42
2. Rencana Kebutuhan Komponen .....	43
B. Perancangan Modifikasi .....	43
1. Perancangan Letak <i>Stator</i> dan <i>Rotor</i> .....	46
2. Perancangan Letak Sensor-sensor .....	49
C. Langkah Modifikasi .....	52
D. Rancangan Pengujian .....	53
1. Pengujian Fungsi Komponen .....	54
2. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar .....	56
3. Pengujian Emisi Gas Buang .....	57
4. Pengujian Performa Mesin .....	58
E. Rencana Kegiatan.....	58
F. Perencanaan Biaya.....	59

### BAB IV. PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Modifikasi Sistem Pengapian.....	61
1. Pemasangan <i>Rotor</i> dan Menentukan Letak <i>Timing</i> Pengapian .....	61
2. Pemasangan <i>Stator</i> .....	64

3. Pemasangan Sensor-sensor.....	65
4. Pengujian Saat Terjadi Proses Pengapian .....	69
B. Proses Pengujian Modifikasi Sistem Bahan Bakar .....	70
1. Pengujian Komponen Injeksi .....	70
2. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	72
3. Pengujian Emisi Gas Buang .....	74
4. Pengujian Performa Mesin.....	78
C. Hasil Pengujian Modifikasi Sistem Bahan Bakar .....	79
1. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	79
2. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang.....	80
3. Hasil Pengujian Performa Mesin.....	80
D. Pembahasan .....	81
1. Perencanaan Modifikasi Sistem Bahan Bakar.....	81
2. Proses Modifikasi Sistem Pengapian.....	82
3. Kinerja Mesin Setelah Dilakukan Modifikasi .....	84
a. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	84
b. Pengujian Emisi Gas Buang.....	85
c. Pengujian Performa Mesin.....	86
4. Kalkulasi Biaya .....	87
<b>BAB V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Simpulan.....	90
B. Keterbatasan Hasil Modifikasi .....	91
C. Saran .....	92
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	93
<b>LAMPIRAN .....</b>	94

## **DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan Harga Komponen .....	44
Tabel 2. Jadwal Kegiatan .....	59
Tabel 3. Perencanaan Biaya.....	60
Tabel 4. Kategori L PP RI No. 05 Tahun 2006.....	77
Tabel 5. Kategori M, N, dan O PP Ri No. 05 Tahun 2006 .....	78
Tabel 6. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar .....	80
Tabel 7. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang .....	81
Tabel 8. Hasil Pengujian Performa Mesin .....	81

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Proses pengapian .....	10
Gambar 2. Rangkaian primer ketika platina tertutup .....	12
Gambar 3. Rangkaian primer saat platina membuka .....	12
Gambar 4. Hubungan kumparan primer dan kumparan sekunder .....	13
Gambar 5. Grafik batas suhu operasional busi.....	15
Gambar 6. Pengaruh suhu operasional busi .....	16
Gambar 7. Busi panas dan busi dingin.....	16
Gambar 8. Komponen-komponen CDI – AC .....	18
Gambar 9. Cara kerja CDI-AC.....	19
Gambar 10. Sirkuit sistem pengapian CDI dengan arus DC .....	22
Gambar 11. Prinsip terjadinya induksi listrik .....	25
Gambar 12. Rangkaian sistem pengisian tipe DC.....	26
Gambar 13. Rangkaian Generator <i>flywheel magnet</i> .....	27
Gambar 14. Generator AC yang dilengkapi <i>rectifier</i> dan regulator.....	28
Gambar 15. Generator 3 phase.....	30
Gambar 16. Sistem bahan bakar Supra X 125 PGM-FI.....	31
Gambar 17. Skema aliran bahan bakar motor EFI .....	32
Gambar 18. Skema sistem kontrol elektronik Supra X 125 PGM-FI .....	33
Gambar 19. Throttle Body .....	33
Gambar 20. Wiring Diagram Yamaha Jupiter Z1 .....	43
Gambar 21. Stator Legenda (kiri) dan Jupiter Z1(kanan) .....	45
Gambar 22. Rotor Jupiter Z1(kiri) dan Legenda (kanan).....	46
Gambar 23. Rotor Jupiter Z1 yang akan dipasang pada Legenda.....	47
Gambar 24. Letak sensor oksigen .....	48
Gambar 25. Letak sensor temperature oli .....	50
Gambar 26. Rotor Honda Legenda .....	62
Gambar 27. Rotor Yamaha Jupiter Z1 .....	62
Gambar 28. Rotor Jupiter Z1 yang akan dipasang pada Honda Legenda .....	63
Gambar 29. Dudukan stator .....	64
Gambar 30. Dudukan stator yang sudah dilas.....	65
Gambar 31. Letak sensor oksigen .....	66
Gambar 32. Letak sensor temperatur oli .....	67
Gambar 33. Sensor Temperatur Oli .....	68
Gambar 34. Kabel bodi yang sudah terpasang .....	69
Gambar 35. Pengujian <i>Timing</i> Pengapian .....	70
Gambar 36. Proses Pengujian Komponen Injeksi.....	71
Gambar 37. Pengujian O <sub>2</sub> sensor .....	72
Gambar 38. Pengujian Sistem Pengisian .....	72
Gambar 39. Pengujian konsumsi bahan bakar sebelum modifikasi.....	73
Gambar 40. Pengujian konsumsi bahan bakar setelah modifikasi .....	74
Gambar 41. Pengujian emisi gas buang .....	75
Gambar 42. Pengujian performa mesin.....	78

## **DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
1. Kartu Bimbingan .....	95
2. Hasil Uji Emisi Gas Buang Sebelum Modifikasi.....	96
3. Hasil Uji Emisi Gas Buang Sesudah Modifikasi .....	97
4. Hasil Uji Performa Mesin Sebelum Modifikasi.....	98
5. Hasil Uji Performa Mesin Sesudah Modifikasi .....	99
6. Peraturan pemerintah tentang ambang batas emisi gas buang.....	100
7. <i>Wiring Diagram</i> .....	107
8. Surat Bukti Selesai Revisi Proyek Akhir .....	109

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Perkembangan jumlah kendaraan bermotor dari waktu ke waktu terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan baik di Indonesia maupun secara Global. Dari data survey yang dilakukan oleh BPS (Badan Pusat Statistik) mengenai perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2013, tercatat jumlah kendaraan bermotor dari berbagai jenis (mobil penumpang, bis, truk, dan sepeda motor) yang ada di Indonesia pada tahun tersebut mencapai total 104.118.969 unit, hal ini menunjukan peningkatan dari tahun sebelumnya yaitu tahun 2012 yang mencapai kurang lebih 9,3%. Tercatat sebelumnya pada tahun 2012 jumlah kendaraan bermotor telah mencapai 94.373.324 unit (sumber : <http://bps.go.id>). Diperkirakan pada tahun-tahun berikutnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia akan terus meningkat dengan peningkatan berkisar antara 9%-11% per tahun, melihat pertumbuhan ekonomi dan daya beli para konsumen kendaraan bermotor di Indonesia yang cukup tinggi.

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor tersebut berbanding lurus dengan peningkatan emisi gas buang yang dihasilkan, dimana hal ini dapat menyebabkan polusi udara baik secara lokal maupun global. Di kota-kota besar yang ada di Indonesia, emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan

bermotor tersebut memiliki kontribusi yang cukup besar dalam pencemaran udara. Sebanyak 70% pencemaran udara disebabkan oleh kendaraan bermotor, sedangkan sisanya dihasilkan oleh cerobong asap industri, dan juga berasal dari sumber pembakaran lain seperti pembakaran sampah, kegiatan rumah tangga, kebakaran hutan, dsb. (Zainal Arifin: 2009).

Emisi gas buang penyebab polusi udara tersebut mengandung zat berbahaya seperti CO, NOx, dan HC, dimana zat-zat tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Beberapa penyakit yang disebabkan oleh emisi gas buang adalah infeksi saluran pernapasan atas (ISPA), asma, tuberkulosis, pneumonia dan kanker paru-paru. Data dari badan kesehatan dunia (WHO) terakhir pada tahun 2010 tercatat dari seluruh dunia ada 223.000 orang meninggal dunia karena kanker paru-paru yang disebabkan oleh polusi udara. Polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor juga berperan besar dalam perusakan lapisan ozon di atmosfer bumi.

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor juga mengakibatkan peningkatan konsumsi para pengguna kendaraan terhadap bahan bakar minyak yang mana cepat atau lambat dapat menyebabkan kelangkaan dari bahan bakar minyak itu sendiri. Menurut tribunnews.com (2013) menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia telah mencapai 1,5 juta barrel perhari. Jumlah ini semakin memprihatinkan mengingat minyak bumi merupakan sumber daya tak terbarukan yang lama-kelamaan akan habis. Maka dari itu,

berbagai pengembangan teknologi terus dilakukan khususnya oleh berbagai produsen kendaraan bermotor terhadap produk-produknya agar dapat meminimalisir dampak-dampak negatif yang ditimbulkan dari perkembangan kendaraan bermotor tersebut. Pengembangan teknologi ini terus dilakukan untuk membuat kendaraan bermotor tersebut dapat semakin hemat dalam konsumsi bahan bakar dengan tanpa mengurangi performa mesin yang dihasilkan, serta ramah lingkungan.

Salah satu dari pengembangan teknologi yang dilakukan oleh para produsen kendaraan bermotor adalah menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi pada produk kendaraan bermotornya dimana teknologi tersebut adalah hasil pengembangan dari teknologi yang sudah ada sebelumnya, yaitu teknologi sistem bahan bakar konvensional atau sistem bahan bakar karburator. Pada sistem bahan bakar karburator proses pengatomisasian bahan bakar masih kurang maksimal sehingga terkadang campuran masih kurang homogen. Saat campuran bahan bakar dan udara tersebut kurang homogen, mengakibatkan tidak semua bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dapat terbakar secara sempurna dalam proses pembakaran, sehingga cenderung menjadi tidak efisien, dan tenaga yang dihasilkan kurang maksimal, dari pembakaran yang kurang sempurna tersebut akan menghasilkan emisi yang kurang baik dimana kadar gas berbahaya seperti CO dan HC menjadi meningkat. Maka dari itulah saat ini sistem bahan bakar karburator perlahan-lahan telah digantikan dengan sistem bahan bakar injeksi.

Teknologi sistem bahan bakar injeksi merupakan sebuah sistem mekanis yang berfungsi mengatur campuran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan menggunakan kontrol elektronik berdasarkan data *input* dari berbagai sensor yang ada untuk membaca kondisi dan suhu mesin. Dibandingkan dengan teknologi sistem bahan bakar konvensional yang masih menggunakan karburator, teknologi sistem bahan bakar injeksi mampu menghasilkan pembakaran yang lebih baik sehingga dapat mengurangi emisi gas buang dan meningkatkan efisiensi bahan bakar, selain itu dengan hasil pembakaran yang lebih baik diharapkan akan menghasilkan performa mesin yang lebih baik pula.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka penulis memiliki gagasan untuk melakukan modifikasi dengan mengaplikasikan sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor yang masih menggunakan sistem bahan bakar karburator yaitu Honda Astrea Legenda dengan tinjauan sistem pengapian EFI (*Electric Fuel Injection*) sebagai Proyek Akhir.

Modifikasi ini diharapkan dapat membuat konsumsi bahan bakar pada sepeda motor tersebut lebih hemat dari sebelumnya dan mengurangi emisi gas buang yang berbahaya sehingga lebih ramah lingkungan.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah yang timbul, diantaranya sebagai berikut :

1. Semakin banyaknya permintaan masyarakat akan kebutuhan sarana transportasi mengakibatkan produsen membuat kendaraan bermotor secara masal. Hal tersebut mengakibatkan masalah peningkatan pada konsumsi bahan bakar minyak yang merupakan sumber daya dalam waktu dekat akan habis.
2. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor mengakibatkan peningkatan emisi gas buang yang menghasilkan polusi udara dan mengganggu kesehatan manusia, oleh sebab itu perlu adanya inovasi teknologi yang dapat meminimalisir dampak tersebut.
3. Pada sistem karburator proses pengatomisasian campuran bahan bakar masih kurang maksimal, sehingga tidak semua bahan bakar yang masuk ke ruang bakar terbakar secara menyeluruh dalam proses pembakaran, maka konsumsi bahan bakar cenderung kurang menghasilkan emisi dengan kadar gas berbahaya seperti CO dan HC yang tinggi.

### C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya serta mengingat keterbatasan waktu dan pikiran dari penulis maka diberikan batasan masalah agar dapat lebih terfokus pada judul Proyek Akhir yang dibuat. Permasalahan yang dikaji dalam hal ini adalah modifikasi sistem bahan bakar injeksi dengan tinjauan sistem pengapian untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan memperbaiki emisi gas buang.

## D. Rumusan Masalah

Dari batasan masalah diatas penyusun dapat merumuskan masalah yang akan dipecahkan, yaitu diantaranya :

1. Bagaimana merancang modifikasi sistem pengapian EFI pada sepeda motor Honda Legenda?
2. Bagaimana melakukan modifikasi sistem pengapian EFI pada sepeda motor Honda Legenda?
3. Bagaimana kinerja motor setelah dilakukan modifikasi sistem pengapian EFI terkait dengan konsumsi bahan bakar, emisi gas buang dan performa mesin?

## E. Tujuan

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah diantaranya :

1. Dengan sistem pengapian EFI dapat mengurangi konsumsi bahan bakar.
2. Dapat mengurangi emisi gas buang setelah dilakukan proses modifikasi.
3. Dapat meningkatkan performa mesin setelah dilakukan modifikasi.
4. Dapat mengetahui perbedaan kinerja sepeda motor sebelum dan setelah dilakukan modifikasi sistem pengapian EFI terkait dengan konsumsi bahan bakar, emisi gas buang dan performa mesin.

## F. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh nantinya setelah penggeraan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membantu mengetahui dan memperdalam pengetahuan mengenai sistem pengapian EFI beserta komponen-komponen yang digunakan pada modifikasi tersebut.
2. Mengurangi konsumsi bahan bakar dan memperbaiki emisi gas buang yang dihasilkan sepeda motor agar lebih efisien dan ramah lingkungan.
3. Meningkatkan kinerja, kemampuan dan mutu mahasiswa.

#### **G. Keaslian Gagasan**

Teknologi sistem bahan bakar injeksi merupakan pengembangan dari sistem bahan bakar yang ada sebelumnya, yaitu sistem bahan bakar karburator. Teknologi sistem pengapian EFI diasumsikan lebih efisien dan lebih rendah emisi dibandingkan dengan teknologi sistem pengapian CDI. Dengan adanya hal tersebut dan kemampuan yang dimiliki penulis, maka muncul gagasan untuk melakukan modifikasi sistem pengapian EFI pada sepeda motor Honda Legenda yang masih menggunakan sistem pengapian CDI menjadi sistem pengapian EFI guna meningkatkan efisiensi pembakaran dan meminimalisir emisi gas buang pada sepeda motor tersebut.

## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

#### **A. Sistem Pengapian**

Sistem pengapian merupakan bagian yang sangat penting pada suatu kendaraan, karena sistem ini berhubungan dengan sistem kerja suatu mesin kendaraan. Sistem pengapian pada motor bensin berfungsi mengatur proses pembakaran campuran bensin dan udara di dalam silinder sesuai waktu yang sudah ditentukan yaitu pada akhir langkah kompresi. Permulaan pembakaran diperlukan, karena pada motor bensin pembakaran tidak bisa terjadi dengan sendirinya. Pembakaran campuran bensin-udara yang dikompresikan terjadi di dalam silinder setelah busi memercikkan bunga api, sehingga diperoleh tenaga akibat pemuaian gas hasil pembakaran, mendorong piston ke Titik Mati Bawah (TMB) menjadi langkah usaha. Agar busi dapat memercikkan bunga api, maka diperlukan suatu sistem yang bekerja secara akurat. Sistem pengapian terdiri dari berbagai komponen, yang bekerja bersama-sama dalam waktu yang sangat cepat dan singkat (Jalius Jama : 2008).

#### **1. Syarat Sistem Pengapian**

Agar mesin dapat bekerja dengan baik, maka ada beberapa syarat yang harus dimiliki mesin bensin tersebut, yaitu :

- a. Percikan bunga api harus kuat

Pada saat campuran bensin-udara dikompresi di dalam silinder, maka kesulitan utama yang terjadi adalah bunga api meloncat di antara celah elektroda busi sangat sulit, hal ini disebabkan udara merupakan tahanan listrik dan tahanannya akan naik pada saat dikompresikan.

Tegangan listrik yang diperlukan harus cukup tinggi, sehingga dapat membangkitkan bunga api yang kuat di antara celah elektroda busi (Jalius Jama: 2008)

Terjadinya percikan bunga api dipengaruhi oleh pembentukan tegangan induksi yang dihasilkan dari proses pengapian. Semakin tinggi tegangan yang dihasilkan maka semakin kuat bunga api yang dihasilkan.

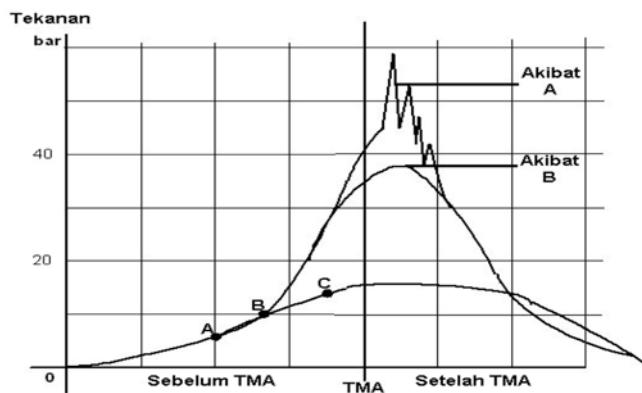
b. Saat pengapian harus tepat

Untuk memperoleh pembakaran yang sempurna, maka campuran bensin dan udara yang paling tepat. Saat pengapian harus dapat berubah mengikuti berbagai perubahan kondisi operasional mesin.

Saat pengapian dari campuran bensin dan udara adalah saat terjadinya percikan bunga api busi beberapa derajat sebelum Titik Mati Atas (TMA) pada akhir langkah kompresi. Saat terjadinya percikan waktunya harus ditentukan dengan tepat supaya dapat membakar dengan sempurna campuran bensin dan udara agar dicapai energi maksimum.

Setelah campuran bahan bakar dibakar oleh bunga api, maka diperlukan waktu tertentu bagi api untuk merambat di dalam ruangan bakar. Oleh sebab itu akan terjadi sedikit keterlambatan antara awal

pembakaran dengan pencapaian tekanan pembakaran maksimum. Dengan demikian, agar diperoleh output maksimum pada engine dengan tekanan pembakaran mencapai titik tertinggi, periode perambatan api harus diperhitungkan pada saat menentukan saat pengapian (*ignition timing*).



Gambar 1. Proses pengapian

(Jalius Jama: 2008)

Bila saat pengapian dimajukan terlalu jauh (titik A) maka tekanan pembakaran maksimum akan tercapai sesudah TMA. Karena tekanan di dalam silinder akan menjadi lebih tinggi dari pada pembakaran dengan waktu yang tepat, pembakaran campuran udara bahan bakar yang spontan akan terjadi dan akhirnya akan terjadi *knocking atau detonasi*.

*Knocking* atau *detonasi* merupakan ledakan yang menghasilkan gelombang kejutan berupa suara ketukan karena naiknya tekanan yang besar dan kuat yang terjadi pada akhir pembakaran. *Knocking* yang berlebihan akan mengakibatkan katup, busi dan torak terbakar. Saat pengapian yang terlalu maju juga bisa menyebabkan suhu mesin menjadi tinggi.

Sedangkan apabila pengapian terlalu mundur maka tekanan pembakaran akan menurun karena piston sudah menuju Titik Mati Bawah (TMB), sehingga tenaga mesin berkurang dan bahan bakar menjadi boros.

c. Sistem pengapian harus kuat dan tahan

Sistem pengapian harus kuat dan tahan terhadap perubahan yang terjadi setiap saat pada ruang mesin atau perubahan kondisi operasional kendaraan; harus tahan terhadap getaran, panas, atau tahan terhadap tegangan tinggi yang dibangkitkan oleh sistem pengapian itu sendiri.

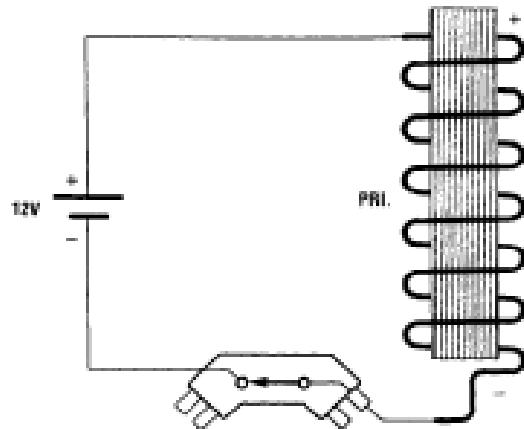
Komponen-komponen sistem pengapian seperti koil pengapian, kondensor, kabel busi (kabel tegangan tinggi) dan busi harus dibuat sedemikian rupa sehingga tahan pada berbagai kondisi. Misalnya dengan naiknya suhu di sekitar mesin, busi harus tetap tahan (tidak meleleh) agar bisa terus memberikan loncatan bunga api yang baik. Oleh karena itu, pemilihan tipe busi harus benar-benar tepat.

## 2. Koil Pengapian

Untuk menghasilkan percikan, maka listrik harus melompat melewati celah udara yang terdapat di antara dua elektroda pada busi. Karena udara merupakan isolator, tegangan yang sangat tinggi dibutuhkan untuk mengatasi tahanan dari celah udara tersebut. Koil pengapian mengubah sumber tegangan rendah dari sumber (12V) menjadi sumber

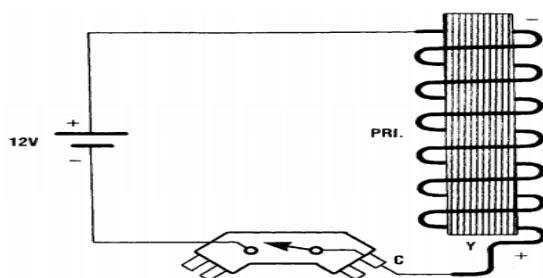
tegangan tinggi (10KV atau lebih) yang diperlukan untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah busi dalam sistem pengapian.

Pada koil pengapian, kumparan primer dan sekunder digulung pada inti besi. Kumparan tersebut akan menaikkan tegangan yang diterima dari baterai menjadi tegangan tinggi melalui induksi elektromagnet.



Gambar 2. Rangkaian primer ketika platina tertutup  
(Jalius Jama: 2008)

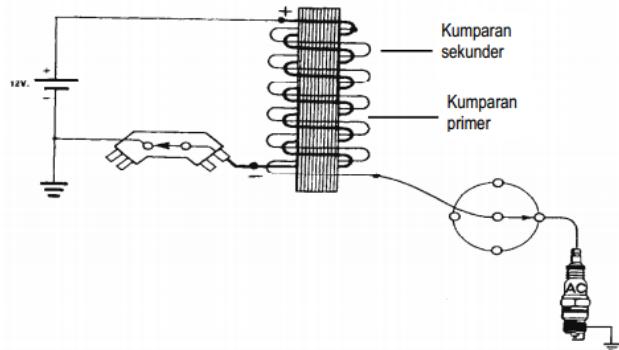
Medan magnet akan dibangkitkan pada saat arus mengalir pada gulungan (kumparan) primer. Garis gaya magnet yang dibangkitkan pada inti besi berlawanan dengan garis gaya magnet dalam kumparan primer.



Gambar 3. Rangkaian primer saat platina membuka  
(Jalius Jama: 2008)

Arus yang mengalir pada rangkaian primer tidak akan segera mencapai maksimum, karena adanya perlawanan oleh induksi diri pada kumparan primer. Diperlukan waktu agar arus maksimum pada rangkaian primer dapat tercapai (Jalius Jama: 2008).

Bila arus mengalir dalam kumparan primer dan kemudian arus tersebut diputuskan tiba-tiba, maka akan dibangkitkan tegangan dalam kumparan primer berupa induksi sendiri sebesar 300 – 400 V, searah dengan arus yang mengalir sebelumnya. Arus ini kemudian mengalir dan disimpan untuk sementara dalam kondensor. Apabila platina menutup kembali maka muatan listrik yang ada dalam kondensor tersebut akan mengalir ke rangkaian, sehingga arus primer segera menjadi penuh.



Gambar 4. Hubungan kumparan primer dan kumparan sekunder

(Jalius Jama: 2008)

Jika dua kumparan disusun dalam satu garis (dalam satu inti besi) dan arus yang mengalir kumparan primer dirubah (diputuskan), maka akan terbangkitkan tegangan pada kumparan sekunder berupa induksi sebesar 10 KV atau lebih (Jalius Jama: 2008).

Besarnya arus primer yang mengalir tidak segera mencapai maksimum pada saat platina menutup, karena arus tidak segera mengalir pada kumparan primer. Adanya tahanan dalam kumparan tersebut, mengakibatkan perubahan garis gaya magnet yang terjadi juga secara bertahap. Tegangan tinggi yang terinduksi pada kumparan sekunder juga terjadi pada waktu yang sangat singkat.

Besarnya tegangan yang dibangkitkan oleh kumparan sekunder ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut:

a) Banyaknya Garis Gaya Magnet

Semakin banyak garis gaya magnet yang terbentuk dalam kumparan, semakin besar tegangan yang diinduksi.

b) Banyaknya Kumparan

Semakin banyak lilitan pada kumparan, semakin tinggi tegangan yang diinduksikan.

c) Perubahan Garis Gaya Magnet

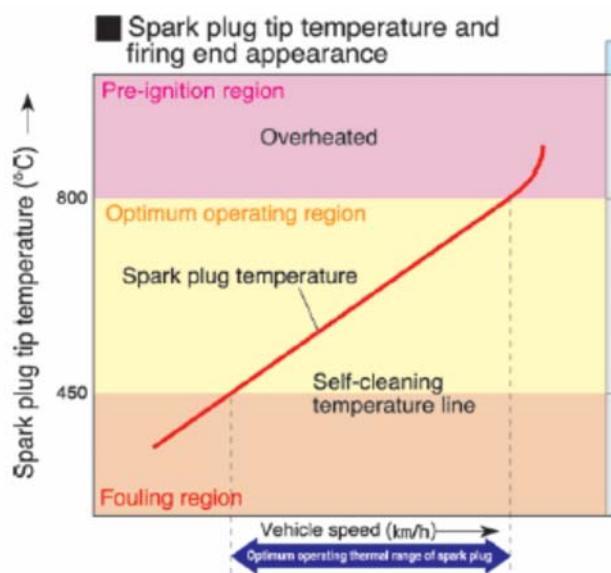
Semakin cepat perubahan banyaknya garis gaya magnet yang dibentuk pada kumparan, semakin tinggi tegangan yang dibangkitkan kumparan sekunder.

### 3. Busi

Tegangan tinggi yang dihasilkan oleh kumparan sekunder koil pengapian, setelah melalui rangkaian tegangan tinggi akan dikeluarkan diantara elektroda tengah (elektroda positif) dan elektroda sisi (elektroda negatif) busi berupa percikan bunga api. Tujuan adanya busi dalam hal ini

adalah untuk mengalirkan arus tegangan tinggi dari tutup busi ke bagian elektroda tengah ke elektroda sisi melewati celah udara dan kemudian berakhir ke massa.

Busi yang ideal adalah busi yang mempunyai karakteristik yang dapat beradaptasi terhadap semua kondisi operasional mesin mulai dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi. Seperti disebutkan di atas busi dapat bekerja dengan baik bila suhu elektroda tengahnya sekitar  $400^{\circ}\text{C}$  sampai  $800^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu tersebut karbon pada insulator akan terbakar habis. Batas suhu operasional terendah dari busi disebut dengan *self-cleaning temperature* (busi mencapai suhu membersihkan dengan sendirinya), sedangkan batas suhu tertinggi disebut dengan istilah *pre-ignition* (Jalius Jama: 2008).



Gambar 5. Grafik batas suhu operasional busi  
(Jalius Jama: 2008)

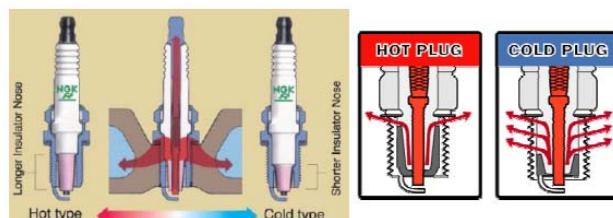
Tingkat panas dari suatu busi adalah jumlah panas yang dapat disalurkan/dibuang oleh busi.

Firing end appearance	Effect
	May cause pre-ignition
	
	May lead to loss of sparks (misfire)

Gambar 6. Pengaruh suhu operasional busi

(Jalius Jama: 2008)

Busi yang dapat menyalurkan/membuang panas lebih banyak dan lebih cepat disebut busi dingin (*cold type*), karena busi itu selalu dingin, sedangkan busi yang lebih sedikit/susah menyalurkan panas disebut busi panas (*hot type*), karena busi itu sendiri tetap panas.



Gambar 7. Busi panas dan busi dingin

(Jalius Jama: 2008)

#### 4. Sistem pengapian CDI

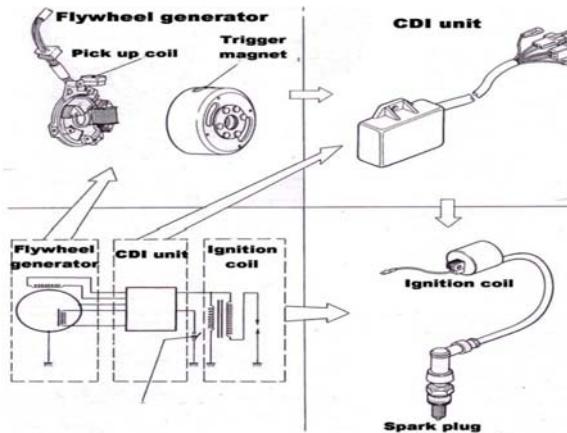
Sistem Pengapian CDI merupakan system pengapian elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan pengisian (*charge*) dan pengosongan (*discharge*) muatan kapasitor. Proses pengisian dan pengosongan muatan kapasitor dioperasikan oleh saklar elektronik seperti halnya kontak platina (pada sistem pengapian konvensional).

Pada sistim pengapian elektronik CDI dibagi menjadi dua yaitu:

a. Sistim pengapian CDI AC

Sumber tegangan didapat dari alternator, sehingga arus yang digunakan merupakan arus bolak-balik (AC). Sumber Tegangan, berfungsi sebagai penyedia tegangan yang diperlukan oleh sistem pengapian. Sumber tegangan system pengapian magnet elektronik AC merupakan sumber tegangan AC (*Alternating Current*), berupa Alternator (Kumparan Pembangkit/stator dan Magnet/rotor). Alternator berfungsi untuk mengubah energi mekanis yang didapatkan dari putaran mesin menjadi tenaga listrik arus bolak-balik (AC).

Sistem CDI-AC pada umumnya terdapat pada sistem pengapian elektronik yang suplai tegangannya berasal dari source coil (koil pengisi/sumber) dalam flywheel magnet (flywheel generator). Contoh ilustrasi komponen-komponen CDI-AC seperti gambar dibawah ini :



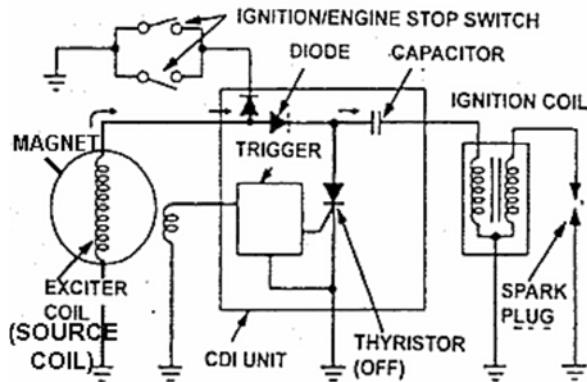
Gambar 8. Komponen-komponen CDI – AC

(Jalius Jama: 2008)

#### Cara Kerja Sistem Pengapian CDI-AC

Pada saat magnet permanen (dalam *fly wheel* magnet) berputar, maka akan dihasilkan arus listrik AC dalam bentuk induksi listrik dari source coil. Arus ini akan diterima oleh CDI unit dengan tegangan sebesar 100 sampai 400 volt. Arus tersebut selanjutnya dirubah menjadi arus setengah gelombang (menjadi arus searah) oleh diode, kemudian disimpan dalam kondensor (kapasitor) dalam CDI unit.

Pada saat terjadinya pengapian, pulsa generator akan menghasilkan arus sinyal. Arus sinyal ini akan disalurkan ke gerbang (*gate*) SCR (*thyristor*)



Gambar 9. Cara kerja CDI-AC

(Jalius Jama: 2008)

Dengan adanya trigger (pemicu) dari gate tersebut, kemudian SCR akan aktif (*on*) dan menyalurkan arus listrik dari anoda (A) ke katoda (K). Dengan berfungsiya SCR tersebut, menyebabkan kapasitor melepaskan arus (*discharge*) dengan cepat. Kemudian arus mengalir ke kumparan primer (*primary coil*) koil pengapian untuk menghasilkan tegangan sebesar 100 sampai 400 volt sebagai tegangan induksi sendiri.

Akibat induksi diri dari kumparan primer tersebut, kemudian terjadi induksi dalam kumparan sekunder dengan tegangan sebesar 15 KV sampai 20 KV. Tegangan tinggi tersebut selanjutnya mengalir ke busi dalam bentuk loncatan bunga api yang akan membakar campuran bensin dan udara dalam ruang bakar. Terjadinya tegangan tinggi pada koil pengapian adalah saat koil pulsa dilewati oleh magnet, ini berarti waktu pengapian (*Ignition Timing*) ditentukan oleh penetapan posisi koil pulsa, sehingga

sistem pengapian CDI tidak memerlukan penyetelan waktu pengapian seperti pada sistem pengapian konvensional. Pemajuan saat pengapian terjadi secara otomatis yaitu saat pengapian dimajukan bersama dengan bertambahnya tegangan koil pulsa akibat kecepatan putaran motor. Selain itu SCR pada sistem pengapian CDI bekerja lebih cepat dari contact breaker (platina) dan kapasitor melakukan pengosongan arus (*discharge*) sangat cepat, sehingga kumparan sekunder koil pengapian teriduksi dengan cepat dan menghasilkan tegangan yang cukup tinggi untuk memercikan bunga api pada busi (Jalius Jama : 2008)

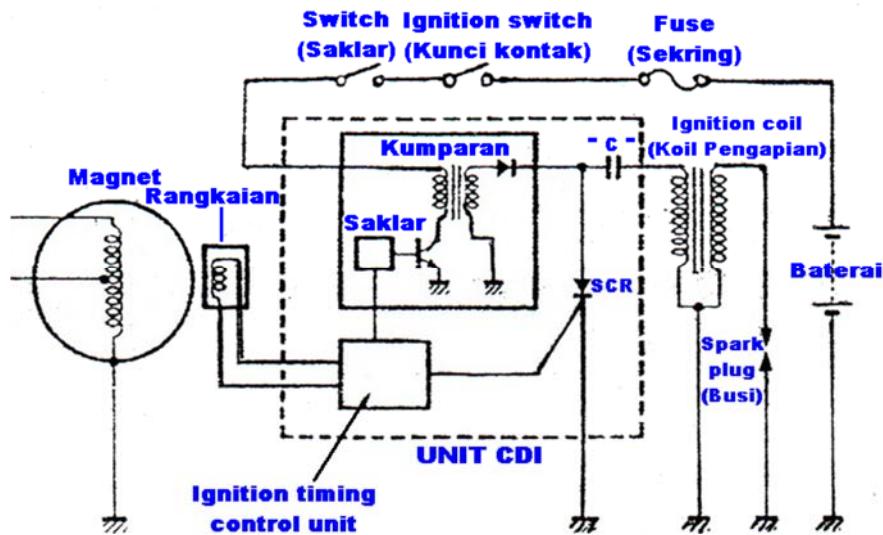
b. Sistem pangapian CDI DC

Sumber tegangan diperoleh dari tegangan baterai (yang disuplay oleh sistem pengisian), sehingga arus yang digunakan merupakan arus searah (DC). Sumber tegangan DC (*Direct Current*), berupa Baterai yang didukung oleh sistem pengisian (Kumparan Pengisian, Magnet dan Rectifier/Regulator), berfungsi sebagai penyedia tegangan DC yang diperlukan oleh sistem pengapian. Sistem pengapian CDI ini menggunakan arus yang bersumber dari baterai.

Jalur kelistrikan pada sistem pengapian CDI dengan sumber arus DC ini adalah arus pertama kali dihasilkan oleh kumparan pengisian akibat putaran magnet yang selanjutnya disearahkan dengan menggunakan *Rectifier* kemudian dihubungkan ke baterai untuk melakukan proses pengisian (*Charging System*). Dari baterai arus ini

dihubungkan ke kunci kontak, CDI unit, koil pengapian dan ke busi.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 10. Sirkuit sistem pengapian CDI dengan arus DC

(Jalius Jama : 2008)

Cara kerja sistem pengapian CDI dengan arus DC yaitu pada saat kunci kontak di ON-kan, arus akan mengalir dari baterai menuju sakelar. Bila sakelar ON maka arus akan mengalir ke kumparan penguat arus dalam CDI yang meningkatkan tegangan dari baterai (12 Volt DC menjadi 220 Volt AC). Selanjutnya, arus disearahkan melalui dioda dan kemudian dialirkan ke kondensor untuk disimpan sementara. Akibat putaran mesin, koil pulsa menghasilkan arus yang kemudian mengaktifkan SCR, sehingga memicu kondensor/kapasitor untuk mengalirkan arus ke kumparan primer koil pengapian. Pada saat terjadi pemutusan arus yang mengalir pada kumparan primer koil pengapian, maka timbul tegangan induksi pada kedua kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder dan menghasilkan loncatan bunga api

pada busi untuk melakukan pembakaran campuran bahan bakar dan udara.

## 5. Sistem Pengapian Honda Legenda dan Yamaha Jupiter Z1

Tugas akhir memodifikasi sepeda motor sistem karburator menjadi sistem injeksi dengan tinjauan sistem pengapian ini memodifikasi antara Honda Legenda dengan Yamaha Jupiter Z1, sehingga kita terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik sistem pengapian dari masing-masing kendaraan tersebut. Berikut merupakan karakteristik sistem pengapian dari masing-masing kendaraan :

### a. Honda Legenda

Honda legenda menggunakan sistem pengapian CDI-AC. Arus listrik yang dihasilkan oleh stator menuju ke CDI tanpa melewati baterai karena sistem pengapian Honda Legenda adalah sistem bolak-balik (AC), CDI akan meneruskan arus listrik tersebut ke koil saat ada sensor yang masuk ke CDI. Sensor tersebut adalah pulser (Pick Up Coil), pulser akan bekerja saat ada sensor pulser melewati pulser tersebut. Pulser akan membuka gerbang pada CDI dan meneruskan arus tersebut ke koil, koil akan menghasilkan arus listrik yang lebih besar karena di dalam koil terjadi induksi magnet. Arus listrik dari koil akan menuju ke busi dan busi memercikan bunga api.

### b. Yamaha Jupiter Z1

Yamaha Jupiter Z1 menggunakan sistem pengapian EFI (*Electronic Fuel Injection*), yang berarti jupiter z1 menggunakan

sistem pengapian DC. Yamaha Jupiter Z1 menggunakan berbagai sensor untuk melakukan proses pengapian. Sensor tersebut diantaranya adalah CKP (*Crankshaft Position Sensor*), EOT (*Engine Oil Temperature*), TPS (*Throotle Position Sensor*), Oxigen Sensor. Sensor-sensor tersebut dikontrol oleh ECU (Electronic Control Unit) dan memberikan sinyal untuk proses pengapian.

## B. Sistem Pengisian (*Charging System*)

Sistem kelistrikan sepeda motor seperti sistem stater, sistem pengapian, sistem penerangan dan intrumen kelistrikan yang lain membutuhkan sumber listrik agar sistem tersebut dapat berfungsi dengan baik. Energi listrik yang disuplai dari baterai sebagai sumber listrik memiliki jumlah yang terbatas. Sumber listrik dalam baterai akan habis jika terus menerus digunakan untuk menjalankan sistem kelistrikan pada sepeda motor tersebut. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan sistem pengisian.

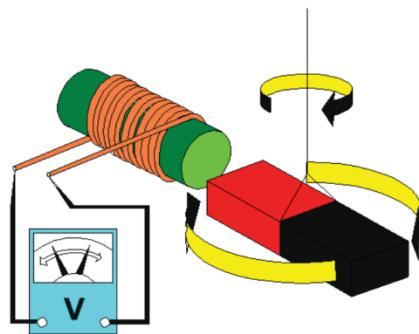
Sistem pengisian berfungsi untuk menghasilkan energi listrik agar dapat mengisi kembali dan mempertahankan kondisi energi baterai agar tetap stabil. Disamping itu, sistem pengisian juga berfungsi untuk mensuplai energi listrik secara langsung kesistem kelistrikan seperti lampu penerangan pada sepeda motor.

Komponen utama sistem pengisian adalah alternator, dioda (*rectifier*) dan *voltage regulator*. Alternator berfungsi untuk menghasilkan energi listrik, dioda

untuk menyearahkan arus bolak-balik (AC) menjadi searah (DC) dan *voltage regulator* berfungsi untuk mengatur tegangan yang disuplai ke lampu serta mengontrol arus pengisian yang masuk ke baterai.

### 1. Prinsip Kerja Generator

Bila suatu kawat penghantar dililitkan pad inti besi lalu didekatnya digerakkan sebuah magnet, maka akan timbul energi listrik pada kawat tersebut (Jalius jama : 2008). Timbulnya energi listrik tersebut hanya terjadi saat ujung magnet mendekati dan menjauhi inti besi. Induksi listrik terjadi bila magnet dalam keadaan bergerak saat ujung magnet mendekati inti besi, garis gaya magnet yang mempengaruhi inti besi akan menguat. Perubahan kekuatan garis gaya magnet tersebut yang akan menimbulkan induksi listrik.



Gambar 11. Prinsip terjadinya induksi listrik

(Jalius Jama : 2008)

### 2. Persyaratan Sistem Pengisian

Sistem pengisian yang baik setidaknya memenuhi persyaratan, antara lain:

- a. Sistem pengisian harus bisa mengisi/menyuplai listrik dengan baik pada berbagai tingkat kondisi putaran mesin

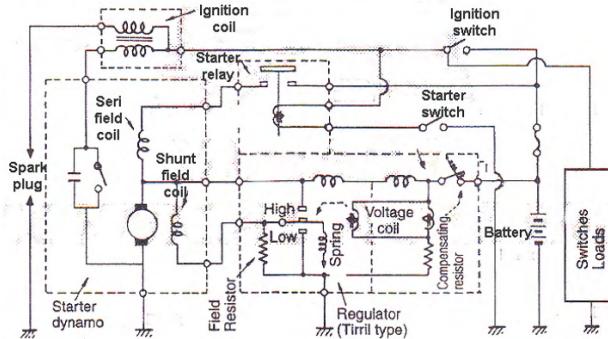
- b. Sistem pengisian harus mampu mengatur tegangan listrik yang dihasilkan agar jumlah tegangan yang diperlukan tidak berlebihan (*over charging*)

### 3. Tipe Generator

Generator yang digunakan pada sistem pengisian sepeda motor dibedakan menjadi dua, yaitu generator tipe searah (DC) dan tipe bolak-balik (AC).

#### a. Generator DC

Prinsip kerja dari generator DC sama dengan motor *stater*, jika di beri arus maka akan berfungsi sebagai motor dan jika diputar dari gaya luar maka akan berfungsi sebagai generator (Jalius Jama: 2008).



Gambar 12. Rangkaian sistem pengisian tipe DC

(Jalius Jama: 2008)

Cara kerja sistem pengisian generator DC adalah pada saat *switch stater* dihubungkan maka arus akan mengalir dari relay *stater* ke seri *field coil* titeruskan ke *armature coil* dan berakhir ke massa. Motor akan berputar untuk memutarkan mesin. Setelah mesin hidup, kontak relay stater putus karena *switch stater* tidak ditekan, sehingga tidak ada lagi arus yang mengalir ke *seri field coil*. Akibatnya motor berubah

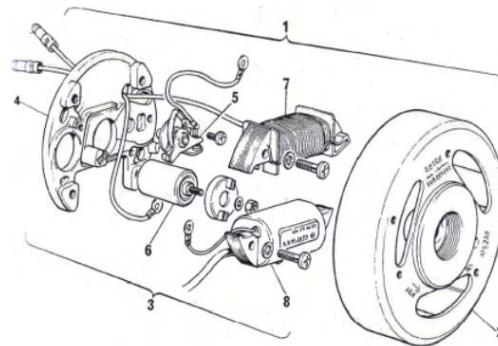
fungsi menjadi generator karena *armature coil* saat ini menghasilkan arus listrik yang disalurkan ke regulator pengisian.

Sistem pengisian tipe DC tidak terlalu banyak digunakan pada sepeda motor karena kurang dapat menghasilkan arus listrik. Salah satu contoh sepeda motor yang menggunakan generator tipe DC adalah Yamaha RD200 (Jalius Jama: 2008).

#### b. Generator AC

##### 1) Generator dengan *Flywheel Magnet*

Generator tersebut banyak digunakan pada scooter dan sepeda motor kecil lainnya. *Flywheel magnet* terdiri dari stator dan *flywheel rotory* yang mempunyai magnet permanen. Stator diletakkan ke salah satu *crankcase*. Dalam stator terdapat kumparan sebagai pembangkit listrik.



Gambar 13. Rangkaian generator *flywheel magnet*

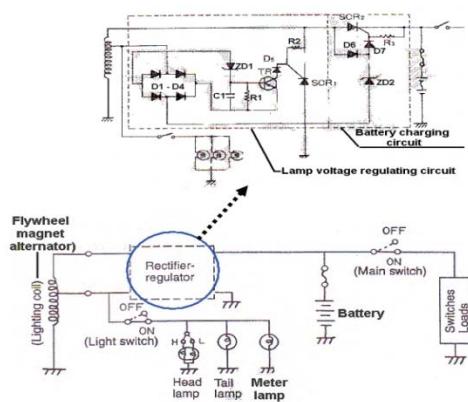
(Jalius Jama: 2008)

Keterangan:

1. Komponen *flywheel* generator
2. *Flywheel rotor*

3. Komponen stator
4. Piringan stator
5. *Contact breaker* (platina)
6. Condensor
7. Kumparan penerangan
8. Koil pengapian

Sepeda motor yang sebagian sistem kelistrikkannya menggunakan AC (seperti lampu kepala, lampu belakang dan meter lamp) dan sebagian kelistrikan lainnya menggunakan DC (seperti klakson, lampu tanda belok). Rangkaian tersebut dilengkapi dengan *rectifier* dan *regulator*. *Rectifier* digunakan untuk mengubah sebagian output pengisian menjadi arus DC yang akan masuk ke baterai. Regulator berfungsi untuk mengatur tegangan dan arus AC yang menuju ke sistem penerangan.



Gambar 14. Generator AC yang dilengkapi *rectifier* dan regulator

(Jalius Jama : 2008)

Regulator akan bekerja mengatur arus dan tegangan pengisian yang masuk ke baterai dan mengatur tegangan yang masuk ke lampu agar tegangan yang masuk konstan. Pengaturan tegangan dan arus tersebut berdasarkan kegunaan dari *diode zener* (ZD) dan *thyristor* (SCR). Jika tegangan dalam sistem telah mencapai tegangan yang berlebih maka tegangan tersebut akan dialirkan ke massa.

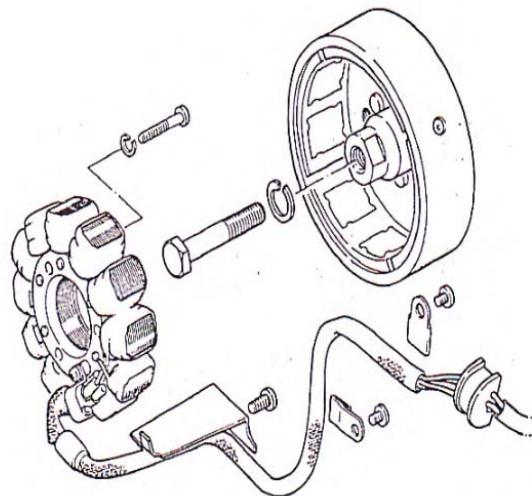
Cara kerja sistem pengisian generator AC adalah arus AC yang dihasilkan alternator disearahkan oleh *rectifier diode*. Kemudian arus DC mengalir untuk mengisi baterai. Arus juga mengalir menuju *voltage regulator* jika saklar untuk lampu kepala dihubungkan. Pada saat tegangan baterai belum maksimal, maka ZD masih belum aktif sehingga SCR juga belum bekerja. Setelah tegangan yang dihasilkan sistem pengisian naik dengan naiknya putaran mesin dan mencapai tegangan maksimal, maka ZD akan bekerja dari arah kebalikan (katoda ke anoda) menuju gate pada SCR. Selanjutnya SCR akan bekerja mengalirkan arus ke massa. Saat ini proses pengisian ke baterai berhenti. Ketika tegangan baterai menurun akibat digunakan untuk sistem kelistrikan dan telah berada di bawah standar ZD, maka ZD kembali bekerja. Sehingga SCR akan menjadi off sehingga tidak ada arus yang dibuang ke massa.

## 2) Generator AC 3 phase

Generator 3 phase umumnya digunakan pada sepeda motor ukuran menengah dan besar yang sebagian besar telah menggunakan

sistem stater elektrik. Keluaran listrik dari alternator membentuk gelombang yang saling menyusul, sehingga keluarannya bisa lebih stabil. Hal ini akan membuat output listriknya lebih tinggi.

Salah satu tipe alternator 3 phase yaitu alternator tipe magnet permanen yang terdiri dari magnet permanen, stator yang membentuk cincin dengan *generating coil* (kumparan pembangkit) disusun secara radial dibagian ujung luarnya dan rotor dengan kutup magnetnya dilekatkan didalamnya. Pengaturan tegangan dan penyearah arus pada sistem pengisian alternator 3 phase sama dengan sistem pengisian 1 phase, namun dalam alternator 3 phase menggunakan *voltage regulator* secara elektronik.



Gambar 15. Generator 3 phase  
(Jalius Jama: 2008)

### C. Sistem Injeksi Bahan Bakar (EFI)

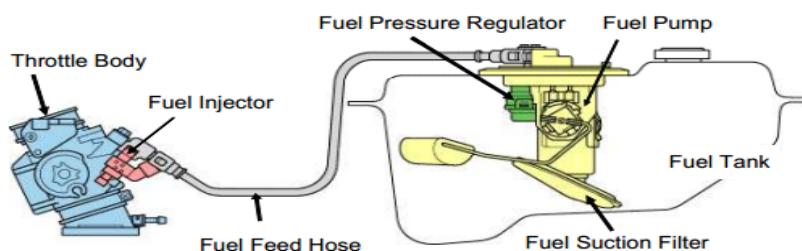
Sistem Injeksi adalah sistem pencampuran antara bahan bakar dan udara dikontrol secara elektronik. Bahan bakar disalurkan menggunakan pompa pada tekanan tertentu untuk disemprotkan menggunakan injektor sebagai pencampuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar. Sistem EFI harus dapat mampu mensuplai sejumlah bahan bakar yang disemprotkan agar dapat bercampur dengan udara dalam perbandingan campuran yang sesuai dengan beban dan putaran mesin.

#### 1. Konstruksi Sistem EFI

Konstruksi Sistem EFI dapat dibagi menjadi 3 sistem utama, yaitu:

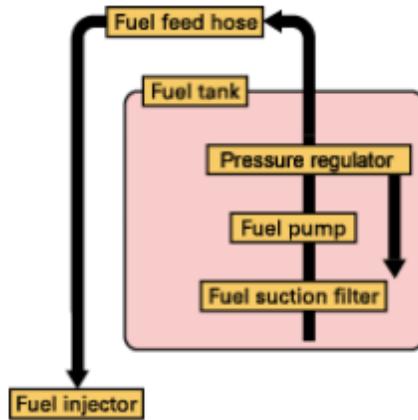
a) Sistem bahan bakar (*fuel system*)

Komponen yang digunakan untuk menyalurkan bahan bakar ke ruang bakar antara lain tangki bahan bakar (*fuel tank*), pompa bahan bakar (*fuel pump*), saringan bahan bakar (*fuel filter*), pengontrol tekanan bahan bakar (*pressure regulator*), selang bahan bakar dan injektor. Sistem bahan bakar berfungsi untuk menyimpan, menyaring, menyalurkan dan menginjeksikan bahan bakar untuk proses pembakaran mesin. Komponen sistem bahan bakar EFI sepeda motor adalah sebagai berikut :



Gambar 16. Sistem bahan bakar Supra X 125 PGM-FI

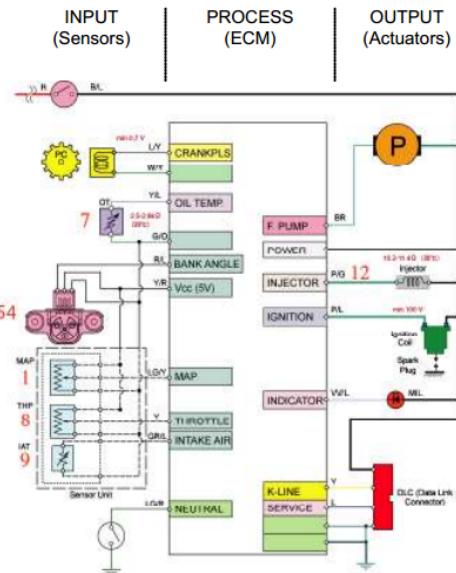
(Jalius Jama: 2008)



Gambar 17. Skema aliran bahan bakar motor EFI  
(Jalius Jama: 2008)

b) Sistem kontrol elektronik (*electronic control system*)

Dalam sistem kontrol elektronik berfungsi untuk mengontrol jumlah bahan bakar yang disesuaikan dengan daya, beban, putaran dan temperatur. Pada sistem ini terdapat ECU (*Electronic Control Unit*) untuk mengatur jumlah bahan bakar berdasarkan masukan dari sensor-sensor yang ada agar diperoleh campuran bahan bakar dan udara yang tepat. Diagram sistem kontrol EFI sepeda motor adalah sebagai berikut :



## 2. Cara Kerja EFI

Sistem EFI pada motor diracang agar bisa melakukan penyemprotan bahan bakar dengan jumlah dan waktu penginjeksian ditentukan berdasarkan masukan dari sensor-sensor yang masuk ke ECU. Pengaturan koreksi perbandingan antara campuran bahan bakar dan udara sangat penting agar mesin dapat bisa bekerja dengan sempurna pada berbagai kondisi. Sehingga keberadaan sensor-sensor yang memberikan informasi akurat tentang kondisi mesin untuk menentukan unjuk kerja/*performance* mesin.

Semakin lengkap sensor, maka pendekripsi kondisi mesin menjadi lebih baik. Sensor tersebut mempunyai karakter untuk mendekripsi suhu, tekanan, putaran, kandungan gas, getaran mesin dan sebagainya. Informasi dari sensor tersebut bermanfaat bagi ECU untuk diproses sebagai perintah untuk injektor, sistem pengapian, pompa bahan bakar dan sebagainya.

a) Saat penginjeksion dan lamanya penginjeksian

Penginjeksian pada motor bensin dilakukan di ujung intake manifold sebelum katup masuk, sehingga saat penginjeksian tidak sama persis dengan percikan bunga api. Saat penginjeksian tidak menjadi masalah walau terjadi pada langkah hisap, kompresi, usaha maupun buang karena penginjeksian terjadi sebelum katup masuk. Berarti saat terjadinya penginjeksian tidak langsung masuk ke ruang bakar selama posisi katup masih menutup.

Sedangkan lamanya penginjeksian akan bervariasi tergantung kerja mesin. Semakin lama durasi injeksi maka semakin banyak bahan bakar

yang disemprotkan. Dengan demikian naiknya putaran mesin maka durasi injeksi semakin bertambah karena bahan bakar yang dibutuhkan semakin banyak.

b) Kerja saat kondisi mesin dingin

Saat kondisi mesin masih dingin (saat pagi hari) maka diperlukan campuran bahan bakar dan udara yang lebih banyak. Hal ini disebabkan penguapan bahan bakar rendah pada saat temperatur masih rendah. Dengan demikian akan terdapat sebagian kecil bahan bakar yang menempel di dinding intake manifold sehingga tidak masuk ke ruang bakar.

Untuk memperkaya campuran bahan bakar tersebut, pada sistem EFI dilengkapi dengan sensor temperatur oli mesin. Sensor tersebut mendeteksi kondisi suhu kerja pada mesin, perubahan temperatur yang dideteksi dirubah menjadi sinyal dan dikirim ke ECU selanjutnya ECU akan mengolah data tersebut kemudian memberikan perintah kepada injektor untuk meningkatkan durasi injeksi agar bahan bakar yang disemprotkan menjadi lebih banyak.

c) Cara kerja saat putaran rendah

Pada saat putaran mesin masih rendah dan suhu mesin sudah mencapai suhu kerja, maka ECU akan mengontrol dan memberikan sinyal kepada injektor untuk memberikan durasi injeksi sebentar saja karena sensor TPS (*Throttle Potition Sensor*) masih menutup. Untuk aliran udara saat *idle* masih menggunakan sekrup penyetel (*air idle adjusting screw*) untuk

putaran stasioner. Berdasarkan data dari TPS tersebut, ECU akan memberikan tegangan ke injektor. Lamanya penyemprotan tidak terlalu lama karena bahan bakar yang dibutuhkan masih sedikit.

d) Cara kerja saat putaran menengah dan tinggi

Pada saat putaran mesin dinaikan maka ECU menerima data dari TPS. TPS mendeteksi bukaan katup *throttle*, saat itu sensor memberikan sinyal ke ECU kemudian mengolahnya dan selanjutnya akan memberikan tegangan ke injektor untuk menaikkan durasi injeksi. Disamping itu *timing* pengapian juga dimajukan agar tetap tercapai pembakaran yang optimal.

e) Cara kerja saat akselerasi (Percepatan)

Pada saat akselerasi maka bukaan katup *throttle* dideteksi oleh sensor TPS sehingga sinyal dikirim ke ECU untuk di proses dan memberikan sinyal ke injektor untuk menambah durasi injeksi disamping itu juga memajukan pengapian.

### 3. Komponen Sistem Injeksi

a. Sistem bahan bakar

1) Tangki bahan bakar

Tangki bahan bakar berfungsi untuk menyimpan bahan bakar sementara sebelum didistribusikan ke ruang bakar.

2) Pompa bahan bakar

Berfungsi untuk memompa bahan bakar dan memberikan tekanan yang konstan untuk injektor.

3) Filter bahan bakar

Berfungsi untuk menyaring kotoran agar tidak masuk ke saluran injektor.

4) Selang bahan bakar

Berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar dari pompa bahan bakar ke injektor. Selang bahan bakar harus kuat terhadap tekanan karena sebelum sampai pada injektor, bahan bakar didalam selang sudah bertekanan dengan pompa bahan bakar.

5) Injektor

Injektor berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke saluran masuk (*intake manifold*).

b. Sistem kontrol elektronik

1) ECU

ECU berfungsi untuk menerima data atau informasi dari sensor yang ada. Selanjutnya ECU akan memberikan sinyal ke aktuator. ECU juga berfungsi untuk mengontrol sistem kelistrikan pada kendaraan.

2) TPS (*Throttle Position Sensor*)

Berfungsi untuk mendeteksi bukaan *throttle* untuk mengetahui kondisi mesin saat digas.

3) *Engine Oil Temperature* (EOT)

Berfungsi untuk mendeteksi suhu kerja mesin sekaligus sebagai data ke ECU untuk menentukan durasi injeksi. EOT dipasang di silinder

head, dimana ujung sensor berhubungan langsung dengan oli pelumas.

4) *Oxygen sensor*

Berfungsi untuk mendeteksi oksigen sebagai input ke ECU untuk mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan.

c. Sistem induksi udara

1) Filter udara

Berfungsi untuk menyaring udara agar kotoran tidak masuk ke ruang bakar, sehingga tidak merusak dinding silinder.

2) *Intake manifold*

Berfungsi untuk menyalurkan udara dan bahan bakar dari injektor ke ruang bakar.

## D. Perencanaan Proses Modifikasi

Setelah melakukan pendekatan permasalahan yang ada maka langkah selanjutnya yang akan ditempuh adalah melakukan rencana proses modifikasi. Sebelum melakukan proses modifikasi, ada faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran. Langkah ini diambil untuk menentukan bagaimana tahapan-tahapan proses modifikasi akan dilakukan, bertujuan untuk proses pelaksanaan modifikasi dapat berjalan secara berurutan dan dapat melalui jalur yang benar agar proses modifikasi tersebut dapat berjalan dengan lancar.

Berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi pembakaran pada motor bensin, antara lain :

### **1. Perbandingan Kompresi**

Perbandingan kompresi menentukan efisiensi thermis mesin.

Dalam batas-batas tertentu, perbandingan tekanan kompresi yang tinggi meningkatkan kinerja pembakaran mesin sehingga secara otomatis pemakaian bahan bakar lebih hemat dan emisi gas buang menjadi rendah, namun, tekanan kompresi tinggi cenderung mengakibatkan knocking dan menghasilkan emisi tinggi, yang disebabkan oleh kenaikan suhu dalam ruang bakar. Hal ini menyebabkan reaksi pembakaran lebih awal sehingga campuran bahan bakar dan udara terbakar dengan sendirinya sebelum busi memercikkan api (Zainal Arifin dan Sukoco : 2009).

### **2. Konstruksi Mesin**

Konstruksi mesin mempengaruhi kerja pembakaran dan otomatis mempengaruhi gas buang. Oleh karena itu, konstruksi mesin dirancang sedemikian rupa agar memenuhi tingkat kinerja optimal dan juga mempertimbangkan hasil emisi. Perubahan konstruksi mempengaruhi efisiensi thermis pembakaran, sekaligus meningkatkan kualitas gas buang (Zainal Arifin dan Sukoco : 2009).

### **3. Perbandingan Campuran Udara dan Bahan Bakar**

Perbandingan campuran yang sesuai agar dapat menghasilkan tenaga yang maksimal adalah 14,7:1 dengan komposisi 1 merupakan bahan bakar sedangkan 14,7 merupakan udara. Tekanan kompresi

merupakan tekanan saat piston di TMA, tekanan kompresi dapat berkurang karena adanya kebocoran di sekitar piston seperti gasket, keausan piston maupun dinding piston. Menurunnya tekanan kompresi dapat mempengaruhi performa mesin. Sudut pengapian saat pengapian mempengaruhi performa mesin, pengapian terlalu maju dapat mengakibatkan tekanan pembakaran maksimal akan tercapai sesudah TMA. Karena tekanan di dalam silinder menjadi lebih tinggi dari pada pembakaran dengan waktu yang tepat, sehingga pembakaran bensin dan udara spontan akan terjadi dan akhirnya akan terjadi *detonasi*. Jika pengapian terlalu mundur maka tekanan pembakaran akan menurun karena piston sudah menuju TMB terlalu jauh, sehingga tenaga output mesin akan menurun dan bahan bakar akan boros.

## **BAB III**

### **KONSEP RANCANGAN**

Modifikasi sistem bahan bakar konvensional menjadi sistem EFI pada sepeda motor Honda Legenda ini terdiri dari dua bagian, yaitu modifikasi sistem bahan bakar dan modifikasi sistem pengapian, pada proyek akhir ini akan membahas mengenai perancangan dan proses modifikasi pada bagian sistem pengapian sesuai dengan judul yang diajukan. Tugas Akhir ini dirancang dengan sedemikian rupa sehingga dalam modifikasi sistem bahan bakar konvensional menjadi sistem EFI ini semua perangkat dan komponen yang ada dalam sistem bahan bakar EFI (*Engine Fuel Injection*) dapat terpasang secara baik, aman, dan mampu bekerja dengan optimal. Modifikasi sistem bahan bakar konvensional menjadi EFI sepeda motor Honda Legenda ini diharapkan dapat berfungsi untuk meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang pada sepeda motor.

#### **A. Analisa Kebutuhan Modifikasi**

Dalam modifikasi sistem kontrol injeksi pada Honda Legenda ini perlu adanya beberapa rancangan yaitu penempatan *rotor* dan *stator* agar didapat timing pengapian yang tepat serta pengisian yang maksimal untuk mensuplai arus ke baterai, kemudian peletakan sensor-sensor yang sesuai dengan fungsinya yaitu untuk mengukur temperatur mesin, mengukur kandungan oksigen yang terdapat pada gas buang dan untuk mengetahui posisi *crankshaft*.

Adapun dari modifikasi sistem pengapian pada Honda Legenda ini perlu disiapkan beberapa alat dan bahan/komponen injeksi untuk mempermudah dan mempercepat proses penggerjaan modifikasi serta proses pengujian pada hasil akhir dari modifikasi. Peralatan dan bahan/komponen yang diperlukan antara lain:

### **1. Rencana Kebutuhan Alat**

Beberapa peralatan yang akan digunakan untuk proses penggerjaan modifikasi serta proses pengujian dari hasil modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini diantaranya adalah:

- a. Tool Box
- b. Kunci T8, T10, T12, T14
- c. 1 set kunci *shock*
- d. *Tracker* magnet honda Legenda
- e. Multimeter
- f. Gerinda potong
- g. Bor listrik
- h. Las asetilin
- i. Mesin bubut
- j. Solder dan tenol
- k. Tecnotest Stargas 898 Global Diagnosis (*Exhaust Gas Analyser*)
- l. Stopwatch
- m. *Burret* ukur
- n. *Dynotest*

## 2. Rencana Kebutuhan Komponen

Rencana bahan/komponen yang diperlukan dalam modifikasi sistem pengapian EFI, antara lain:

- a. ECM (*Elektronic Control Module*)
- b. O<sub>2</sub> Sensor
- c. EOT (*Engine Oil Temperature*)
- d. *Ignition Coil*
- e. *Wire Harness* (kabel bodi)
- f. *Rectifier Regulator*
- g. *Stator Assy*
- h. *Rotor*

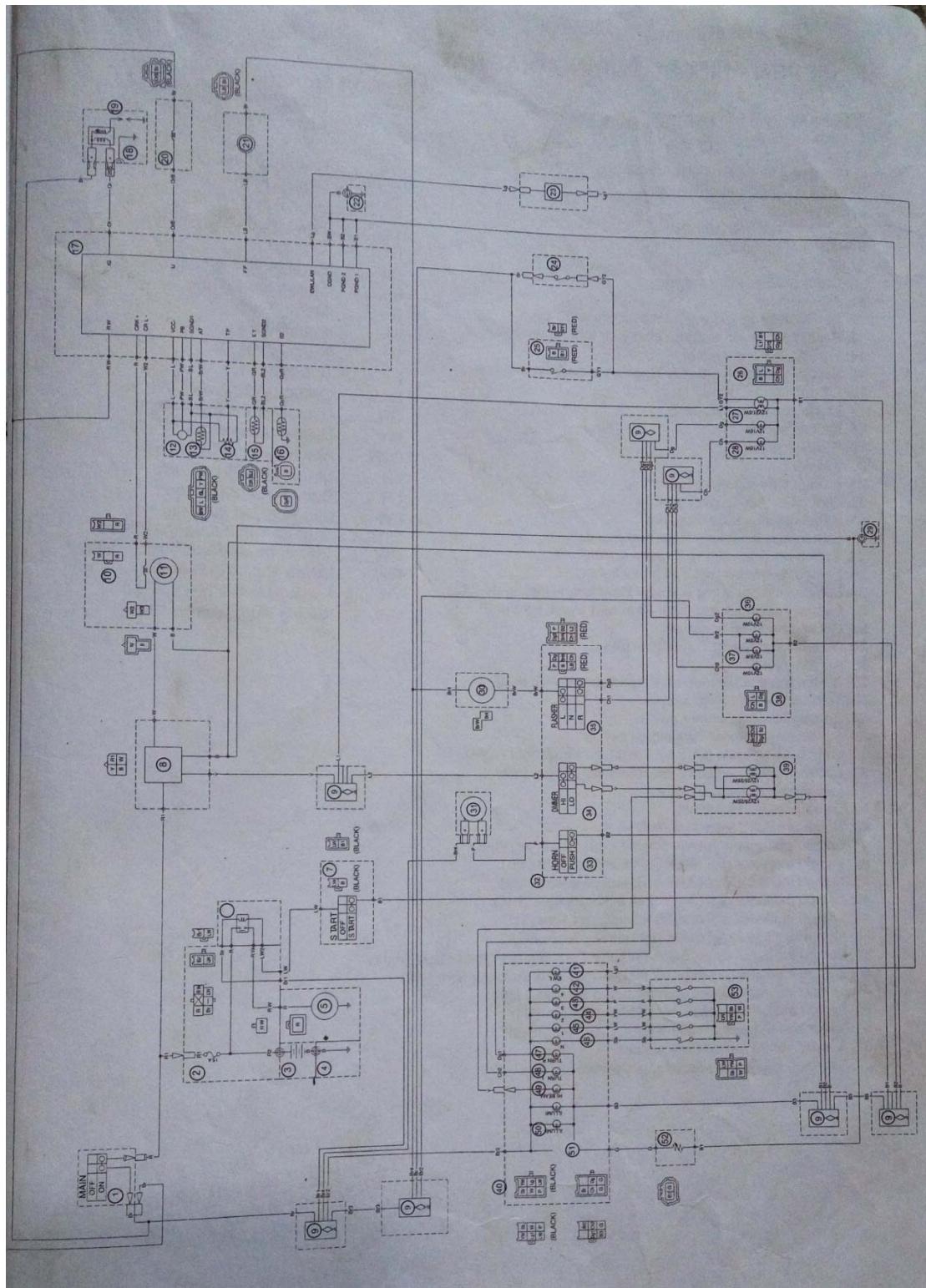
## B. Perancangan Modifikasi

Modifikasi sistem bahan bakar konvensional menjadi EFI pada sepeda motor Honda Legenda menurut sistem pengapian yang merupakan sistem penghasil tegangan listrik ini meliputi beberapa komponen mulai komponen yang ada pada generator hingga ke koil pengapian maupun busi. Komponen-komponen tersebut terdiri dari adalah rotor generator, stator, pick-up coil, baterai, *Rectifier*, ECU (Electronic Control Unit), O<sub>2</sub> sensor, thermo sensor, *ignition coil*, dan busi.

Perancangan modifikasi sistem ini meliputi pemasangan komponen-komponen dari sistem pengapian dan pengisian yang akan digunakan pada Honda Legenda. Sebelum melakukan tahap-tahap perancangan modifikasi, tahap pertama terlebih dahulu adalah menentukan komponen-komponen injeksi yang akan digunakan. Pada saat ini telah banyak produk sepeda motor yang menggunakan

teknologi injeksi, sehingga komponen-komponen injeksi yang ada memiliki beragam dimensi ukuran dan spesifikasi serta harga yang berbeda-beda, maka dari itu pemilihan komponen-komponen injeksi yang akan digunakan ditentukan dari beberapa faktor diantaranya dari faktor dimensi ukuran komponen, kemudian dari faktor harga serta dari spesifikasi yang sesuai atau mendekati dengan kapasitas mesin dari Honda Legenda.

Berdasarkan faktor tersebut serta dari beberapa kajian teori yang sebelumnya dibahas, komponen-komponen injeksi yang akan digunakan pada modifikasi ini adalah komponen injeksi dari Yamaha Jupiter Z1, karena komponen sistem injeksi Yamaha Jupiter Z1 memiliki dimensi yang hampir sama dengan Honda Legenda dan tidak banyak melakukan perubahan pada rotor karena ukuran rotor Legenda dengan Jupiter Z1 sama , selain itu komponen-komponen injeksi Yamaha Jupiter Z1 ini paling ekonomis dalam hal harga jika dibandingkan dengan yang lain seperti pada Honda Revo FI . Selain itu kapasitas mesin Honda Legenda yang mendekati dengan kapasitas mesin Yamaha Jupiter Z1.



Gambar 20. Wiring Diagram Yamaha Jupiter Z1

(Yamaha Indonesia Motor : 2012)

Tabel 1. Perbedaan harga komponen

No.	Nama	Harga	
		Yamaha Jupiter Z1	Honda Revo PGM-Fi
1	ECM ( <i>Elektronic Control Module</i> )	Rp 495.000,-	Rp 435.000,-
2	O2 Sensor	Rp 172.800,-	Rp 210.000,-
3	EOT (Engine Oil Temperature)	Rp 45.000,-	Rp 62.000,-
4	<i>Ignition Coil</i>	Rp 50.400,-	Rp 75.000,-
5	<i>Wire Harness</i> (kabel bodi)	Rp 263.700,-	Rp 330.000,-
6	<i>Rectifier Regulator</i>	Rp 175.000,-	Rp 320.000,-
7	<i>Stator Assy</i>	Rp 162.000,-	Rp 160.000,-
8	Injektor	Rp 152.000	Rp. 185.000,-
9	<i>Rotor</i>	Rp 190.000,-	Rp 192.000,-
10	Throttlebody assy	Rp 400.000,-	Rp 245.000,-
11	<i>Fuel Pump</i>	Rp 432.000,-	Rp 430.000,-
12	<i>Fuel Pipe</i>	Rp 143.000,-	Rp 167.000,-
Jumlah		Rp 2.680.900,-	Rp 2.811.000,-

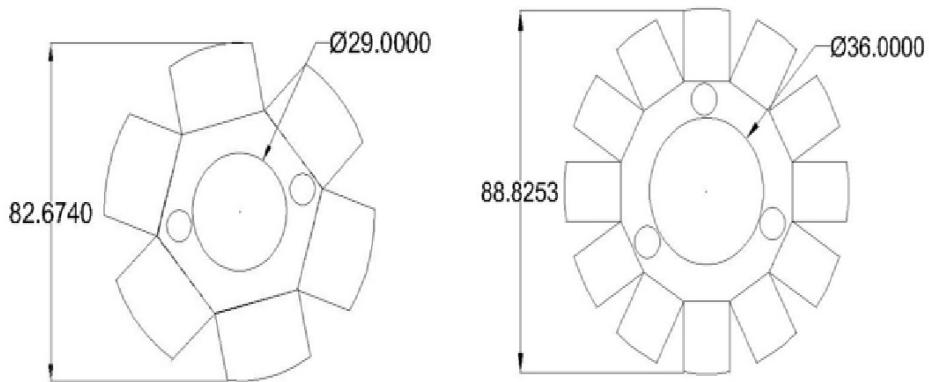
Setelah komponen injeksi yang akan digunakan telah ditentukan, maka tahap perancangan modifikasi selanjutnya adalah sebagai berikut:

### 1. Perancangan Letak *Stator* dan *Rotor*

Perancangan letak *stator* dan *rotor* sekaligus juga menentukan pengapian dan pengisian, pada modifikasi sistem pengapian ini terletak didalam *cover crankcase* kiri. Komponen injeksi yang digunakan ialah

Yamaha Jupiter Z1. Adapun beberapa perancangan untuk letak *stator* dan *rotor* yaitu sebagai berikut:

a. Perancangan *Stator*

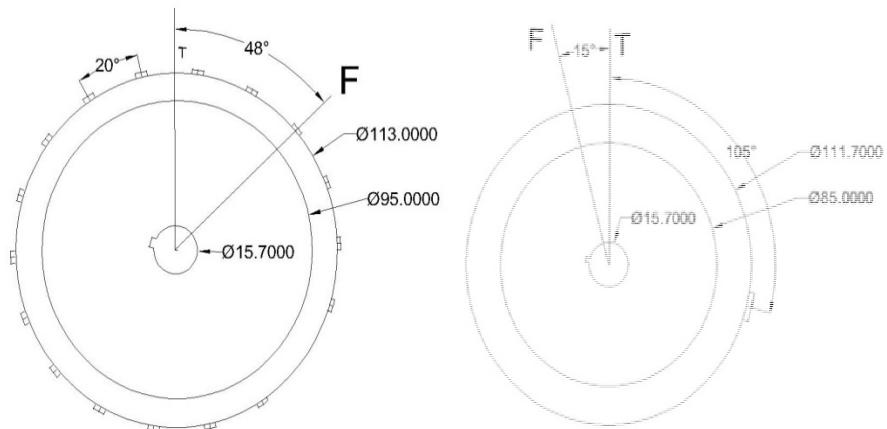


Gambar 21. Stator Legenda (kiri) dan Jupiter Z1(kanan)

Perancangan *stator* ini untuk menentukan letak *stator* sebagai komponen yang berfungsi sebagai pengisian, perancangan *stator* memperhatikan bentuk dimensi dari komponen tersebut agar *stator* dapat dipasang dan berfungsi sebaimana mestinya. Sesuai dengan tahapan sebelumnya yaitu menentukan komponen yang akan digunakan, *stator* yang akan digunakan pada modifikasi ini adalah *stator* Jupiter Z1 yang berdiameter luar 90 mm dan diameter dalam 36 mm. Sedangkan *stator* Legenda mempunyai diameter luar 83 mm dan diameter dalam 29 mm. Diameter dalam *stator* Legenda dan Jupiter Z1 mempunyai selisih 7 mm sehingga agar dapat dipasang pada *cover crankcase* Legenda maka diganti

dudukan berupa almunium yang dilas di *cover crankcase* kiri Legenda yang harus membubut dudukan stator Legenda.

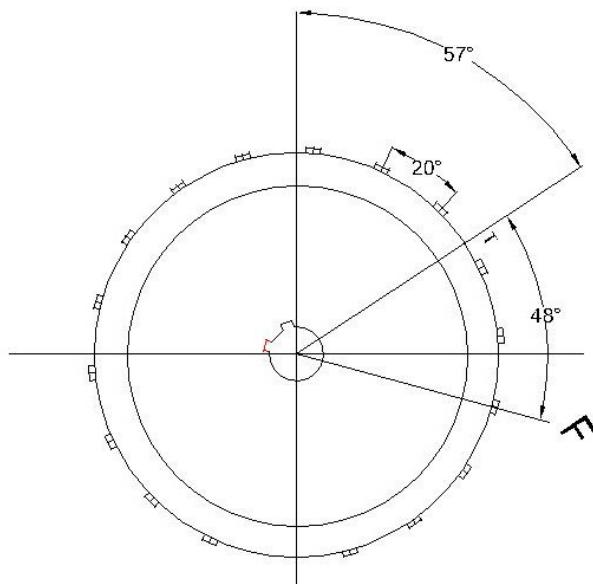
### b. Perancangan Rotor



Gambar 22. Rotor Jupiter Z1(kiri) dan Legenda (kanan)

Pada modifikasi ini *rotor* yang akan digunakan sesuai pada tahapan pemilihan komponen yaitu menggunakan *rotor* dari Jupiter Z1. *Rotor* Jupiter Z1 memiliki diameter luar 113 mm dan diameter dudukan poros engkol 15,7 mm. Sedangkan untuk Honda Legenda memiliki diameter luar 111 mm dan diameter dudukan poros engkol sama dengan Yamaha Jupiter Z1. Untuk letak tonjolan pick up pengapian antara Legenda dan Jupiter Z1 memiliki perbedaan, pada Legenda jarak antara titik T dengan tonjolan titik pengapian 105° sedangkan Jupiter Z1 jarak antara titik T dengan tonjolan titik pengapian 48°. Dengan adanya perbedaan titik

pengapian, maka perlu adanya modifikasi memindah tempat coakan spin pada rotor Yamaha Jupiter Z1.



Gambar 23. Rotor Jupiter Z1 yang akan dipasang pada Legenda  
Dengan selisih diameter luar 2 mm maka *cover crankshaft*  
Legenda masih bisa digunakan, sedangkan untuk diameter poros engkol  
langsung bisa dipasang karena memiliki diameter yang sama

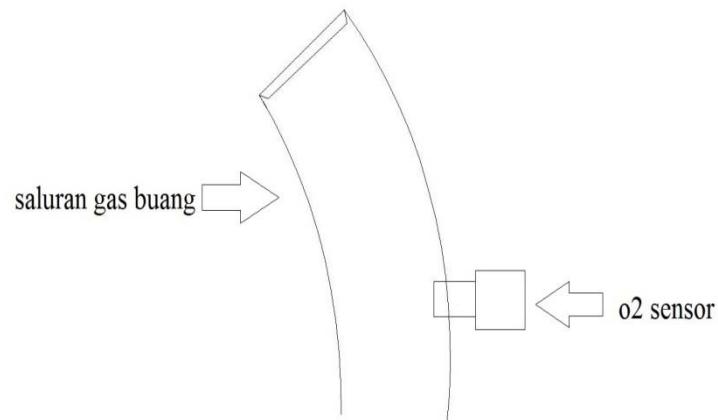
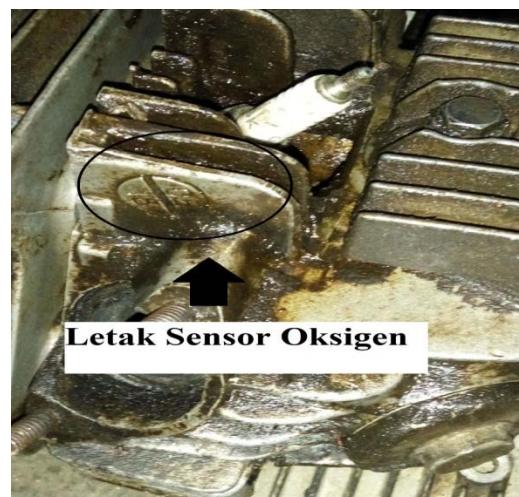
## 2. Perancangan Letak Sensor-sensor

Sensor diletakkan sesuai dengan fungsi dan kerja sensor tersebut, seperti sensor oksigen yang diletakkan disaluran gas buang dari mesin dan sensor temperatur oli yang diletakkan didekat piston agar dapat mendekripsi temperatur kerja.

### a. Sensor Oksigen

Sensor oksigen berfungsi untuk mendeteksi kadar oksigen yang terdapat pada gas buang yang dihasilkan oleh mesin. Untuk itu letak sensor oksigen harus bersinggungan langsung dengan gas buang.

Awal mula proses modifikasi, *cylinder head* dilepas sesuai dengan prosedur. Kemudian bagian *cylinder head* yang bersinggungan dengan gas buang dibor dengan ukuran 14mm. setelah dilakukan pengeboran maka langkah selanjutnya adalah proses membuat alur dengan ukuran 17mm untuk pemasangan sensor oksigen tersebut.



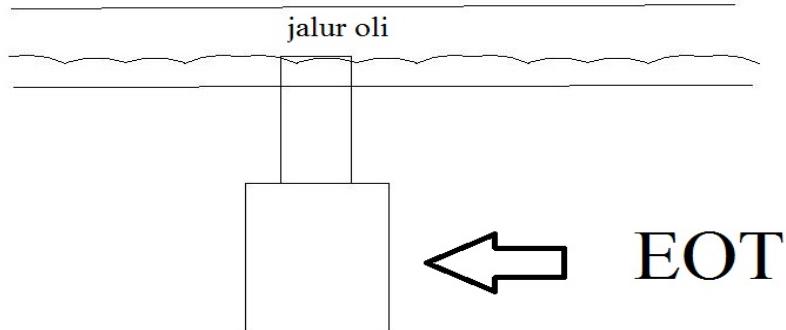
Gambar 24. Letak Sensor oksigen

b. Sensor Temperatur Oli

Sensor temperatur oli berfungsi untuk mendeteksi temperatur kerja mesin, untuk itu peletakan sensor harus mendekati piston dan berhubungan langsung dengan oli pelumas.

Pelaksanaan pemasangan sensor temperatur oli adalah melepas *cylinder head* sesuai dengan prosedurnya, kemudian melepas cylinder blok. Setelah itu, diletak yang sudah ditentukan cylinder blok digerinda agar rongga didalamnya dapat dilas aluminium untuk menambahkan bahan aluminium sebagai dudukan sensor temperatur oli. Setelah dilas aluminium permukaan yang telah ditentukan, dibor hingga tembus ke jalur *timming chain* bertujuan agar oli pelumas yang berada sekitar piston dapat turun sehingga melumasi sensor oli untuk mendeteksi temperatur kerja mesin sebagai input ECU.





Gambar 25. Letak sensor temperatur oli

### C. Langkah Modifikasi

Berdasarkan beberapa tahap perancangan, analisa kebutuhan serta rancangan pengujian sebelumnya maka pada modifikasi sistem injeksi ada beberapa langkah kerja, yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan letak tonjolan pengapian *rotor* Jupiter Z1.
2. Memasang *rotor* ke poros engkol Legenda.
3. Pembuatan dudukan aluminium sebagai dudukan *stator* yang dipasang di *cover crankcase* kiri.
4. Memasang dudukan *stator* di *cover crankcase* kiri Legenda agar sesuai dengan *stator* Jupiter Z1 yang mempunyai selisih 7 mm lebih besar dari *stator* Legenda.
5. Menentukan letak sensor-sensor sesuai dengan kegunaannya. Sensor temperatur oli diletakkan di *cylinder blok* yang bersinggungan langsung dengan oli, sedangkan sensor oksigen diletakan di *cylinder head* yang bersinggungan langsung dengan gas buang.
6. Memasang sensor temperatur oli di *cylinder block* dengan menambahkan las aluminium sebagai dudukan sensor temperatur oli.

7. Melubangi *cylinder block* yang telah ditentukan sebagai letak sensor temperatur, diameter lubang dudukan 12 mm dan membuat drat alur sesuai dengan ukuran sensor temperatur.
8. Melubangi cylinder head dengan mata bor ukuran 14 mm, kemudian membuat alur ukuran 17 mm.
9. Memasang kabel bodi (*wire harness*) Jupiter Z1 ke bodi Legenda.
10. Pasang soket kabel ke sensor sesuai dengan dudukan sensor agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.
11. Merangkai jalur penerangan Legenda menggunakan kabel bodi Jupiter Z1.
12. Pengujian konsumsi bahan bakar yang dilakukan dengan menggunakan *burret* pada beberapa variasi putaran mesin.
13. Pengujian emisi gas buang dengan menggunakan alat Tecnotest Stargas 898 Global Diagnosis (*exhaust gas analyser*). Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi.
14. Pengujian performa mesin di Mototech menggunakan *Dynotest*. Pengujian performa dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi.

#### **D. Rancangan Pengujian**

Rancangan pengujian dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan kinerja dari mesin Honda Legenda tersebut dari sebelum dilakukan modifikasi hingga sudah dilakukan modifikasi. Pengujian pada proses modifikasi ini terdiri dari tiga pengujian yaitu diantaranya pengujian konsumsi bahan bakar dan pengujian emisi gas buang yang rencananya akan dilakukan di bengkel otomotif Jurusan Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, serta untuk pengujian performa

daya dan torsi yang dihasilkan mesin yang rencananya akan dilakukan di Mototech yang beralamatkan di Jl. Ringroad Selatan, Kemasan, Singosaren, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta. Adapun rencana langkah-langkah pengujian modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Honda Legenda sebagai berikut:

### **1. Pengujian Fungsi Komponen**

Pengujian fungsi komponen bertujuan untuk mengetahui kondisi komponen yang digunakan pada sistem injeksi. Pengujian dilakukan pada setiap komponen, meliputi : generator, pick-up coil, fuel pump, EOT (Engine Oil Temperature), O<sub>2</sub> Sensor, MAP Sensor, TPS (Throttle Position Sensor), IATS (Intake Air Temperature Sensor), Injektor, Koil pengapian.

#### a. Generator

Generator dapat diuji dengan cara mengukur tegangannya saat rotor berputar. Pengujian dilakukan dengan multimeter selector pada 250 ACV, test lead merah ditempelkan pada sumber tegangan generator sedangkan test lead hitam ditenpelkan pada ground. Apabila jarum multimeter dapat bergerak maka generator tersebut berfungsi.

#### b. Pick-up coil

Pengujian pick-up koil dilakukan dengan cara menggunakan multimeter pada selector 0.5 DCV. Test lead merah ditempelkan pada kabel warna merah, test lead hitam ditempelkan pada kabel warna putih, dengan kedua test lead masih menempel maka langkah selanjutnya adalah mendekatkan logam (besi) pada pick-up coil. Apabila jarum bergerak maka pick-up coil tersebut berfungsi.

c. Pompa bahan bakar (*fuel pump*)

Pengujian pompa bahan bakar dengan cara menyambungkan terminal pompa positif (+) dengan baterai positif (+), terminal pompa negatif (-) dengan baterai terminal baterai negatif (-). Cara pengujinya cukup terminal positif pompa bahan bakar ditempelkan pada terminal positif baterai, pada saat ditempelkan tedengar bunyi pompa maka pompa tersebut berfungsi.

d. EOT (Engine Oil Temperature)

Pemeriksaan EOT dapat dilakukan dengan mengukur nilai resistor menggunakan Ohm meter pada kedua terminal EOT. Tahanan EOT mencapai  $0.2\text{k}\Omega$ , semakin tinggi suhu EOT maka semakin berkurang nilai resistornya.

e. O<sub>2</sub> Sensor

Konstruksi oksigen sensor terdiri dari Zirconium (ZrO<sub>2</sub>) (semacam matrial keramik) dan dilapisi dengan platina pada bagian luar maupun dalamnya. Oksigen sensor menghasilkan tegangan rendah (0-1 V), campuran kurus terdapat banyak oksigen pada gas buang sehingga menghasilkan tegangan rendah (0,1-0,4 V), campuran kaya kandungan oksigen pada gas buang rendah sehingga oksigen sensor menghasilkan tegangan lebih tinggi (0,6-1V). Apabila O<sub>2</sub> sensor tidak mengeluarkan tegangan pada saat mesin bekerja, maka oksigen sensor dapat dipastikan tidak berfungsi.

- f. MAP Sensor, TPS (Throttle Position Sensor), IATS (Intake Air Temperature Sensor)

Pengujian TPS, Map Sensor, IATS dilakukan dengan cara yang sama, yaitu dengan cara mengukur tegangan yang keluar dari sensor-sensor tersebut. TPS, MAP Sensor, dan IATS terletak pada *throotle body*, sensor tersebut mendapatkan tegangan dari ECU sebesar 5 volt. Salah satu cara untuk mengetahui kerja fungsi dari sensor tersebut dengan cara mencabut soket pada *throotle body* pada saat mesin bekerja, apabila mesin mati maka sensor-sensor tersebut bekerja dengan normal.

- g. Injektor

Fungsi injektor adalah menyemprotkan butiran-butiran bahan bakar. Untuk mengetahui fungsi dari injektor tersebut dengan cara menguji tahanan menggunakan multimeter, apabila injektor mempunyai tahanan. Langkah selanjutnya adalah menguji penyemprotan bahan bakar dengan cara memasang injektor dengan socket kabel dari ECU kemudian kunci kontak pada posisi ON dan memutar poros engkol, bila injektor meyemprotkan bahan bakar maka injektor tersebut berfungsi.

- h. Pengujian keseluruhan komponen

Pengujian keseluruhan komponen dilakukan pada saat semua komponen terpasang pada masing-masing tempat, pengujian membutuhkan alat berupa *scanner*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kerja keseluruhan komponen apakah berfungsi dengan baik atau tidak. Apabila salah satu komponen bermasalah, maka *scanner*

tersebut akan mendeteksi dengan kode berupa angka yang menunjukan komponen tersebut.

## **2. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar**

Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar pada mesin sebelum dan sesudah modifikasi dengan cara mengukur konsumsi bahan bakar menggunakan alat ukur (*burret*) yang ada di kampus dengan waktu yang ditentukan selama 60 detik dalam berbagai putaran mesin (*idle*, putaran rendah, putaran sedang dan putaran tinggi). Pengujian dilakukan dua kali, yaitu sebelum dilakukan modifikasi dan sesudah dilakukan modifikasi.

## **3. Pengujian Emisi Gas Buang**

Pengujian emisi gas buang dilakukan dengan cara mengukur tingkat emisi atau kandungan gas yang terkandung dalam emisi yang dihasilkan mesindengan menggunakan alat Tecnotest Stargas 898 Global Diagnosis (*Exhaust Gas Analyser*) yang ada di bengkel kampus. Pengujian emisi gas buang dilakukan dua kali yaitu sebelum modifikasi dan sesudah dimodifikasi menjadi injeksi. Hal ini untuk mengetahui perbedaan dan perbandingan kandungan emisi gas buang sebelum dan sesudah dimodifikasi menjadi injeksi.

Data yang diambil dari pengujian ini berupa jumlah kandungan setiap gas yang terkandung pada emisi gas buang yang dihasilkan dalam satuan % seperti CO,CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan HC yang dinyatakan dalam satuan ppm. Serta lambda ( $\lambda$ ) yang merupakan nilai perbandingan campuran udara dengan bahan bakar

dan dinyatakan tanpa satuan (Zainal Arifin dan Sukoco: 2009). Selanjutnya dilakukan perbandingan dari data emisi gas buang yang diperoleh dari pengujian sebelum dilakukan modifikasi dan sesudah dilakukan modifikasi tersebut. Jika emisi gas buang yang dihasilkan dari mesin setelah dimodifikasi menunjukkan emisi gas buang yang lebih baik seperti misalnya kandungan HC dan CO yang lebih rendah dan nilai lambda ( $\lambda$ ) yang mendekati satu, maka modifikasi sistem injeksi pada Honda Legenda telah berhasil membuat emisi gas buang yang dihasilkan lebih ramah lingkungan.

#### **4. Pengujian Performa Mesin**

Pengujian performa mesin dilakukan dengan cara mengukur daya maksimal beserta torsi maksimal yang dihasilkan mesin. Pengujian peforma tersebut menggunakan alat *Dyno Test* yang mana alat tersebut tidak terdapat pada bengkel otomotif kampus sehingga pengujian performa dilakukan di Mototech (Jl. Ringroad Selatan, Kemasan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta).

Pengujian performa dilakukan dua kali yaitu sebelum dan sesudah modifikasi. Data yang diambil dari pengujian ini berupa kurva atau grafik yang menunjukkan pada tingkat rpm berapa daya maksimal dan torsi maksimal dapat tercapai. Kemudian melakukan perbandingan dari data pengujian sebelum dilakukan modifikasi dengan data sesudah dilakukan modifikasi. Jika data setelah dilakukan modifikasi menunjukkan daya maksimal dan torsi maksimal yang lebih besar, maka modifikasi injeksi ini dapat meningkatkan performa dan efisiensi bahan bakar.

## E. Rencana Kegiatan

Poses modifikasi sistem injeksi ini perlu diadakannya penjadwalan agar dapat berjalan dngan lancar dan matang, mulai dari tahap pengujian awal, persiapan, pelaksanaan hingga tahap pengujian akhir. Adapun perancangan jadwal pelaksanaan modifikasi ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Jadwal Kegiatan

No.	Kegiatan	Waktu											
		Maret 2015			April 2015			Mei 2015			September 2015		
1	Pengujian Kerja Mesin Sebelum Modifikasi	■	■										
2	Perancangan			■	■								
3	Pengerjaan Modifikasi Sistem Bahan Bakar				■	■	■	■	■	■			
4	Pengerjaan Modifikasi Sistem Kontrol Elektronik					■	■	■	■	■			
5	Pengujian Kerja Mesin Setelah Modifikasi										■	■	■

## F. Perencanaan Biaya

Dalam proses modifikasi sistem bahan bakar konvensional menjadi EFI sepeda motor Honda Legenda ini diperlukan perencanaan biaya untuk mempersiapkan bahan-bahan atau komponen yang diperlukan dan perencanaan biaya untuk jasa pengujian performa mesin yang dilakukan di luar lingkungan bengkel kampus yaitu di Mototech serta beberapa keperluan lainnya. Perencanaan biaya tersebut dibuat sebelum melakukan proses modifikasi agar pengeluaran biaya menjadi lebih matang. Adapun penjelasan rancangan biaya dalam proses

modifikasi, pembelian komponen-komponen yang digunakan selama proses modifikasi, serta jasa pengujian performa mesin ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Perencanaan Biaya

No.	Kebutuhan Modifikasi	Banyak	Harga Baru @	Jumlah
1	ECU	1 buah	Rp 495.000,-	Rp 495.000,-
2	O2 Sensor	1 buah	Rp 172.800,-	Rp 172.800,-
3	Thermo Sensor	1 buah	Rp 45.000,-	Rp 45.000,-
4	Ignition Coil Assy	1 buah	Rp 50.400,-	Rp 50.400,-
5	Wire Harness Assy	1 buah	Rp 263.700,-	Rp 263.700,-
6	Rectifier & Regulator Assy	1 set	Rp 175.000,-	Rp 175.000,-
7	Stator Assy	1 buah	Rp 162.000,-	Rp 162.000,-
8	Rotor	1 buah	Rp 190.000,-	Rp 190.000,-
9	Uji Performa di Mototech	2 kali	Rp 37.500,-	Rp 75.000,-
10	Modifikasi Rotor Magnet	1 buah	Rp 80.000,-	Rp 80.000,-

## **BAB IV**

### **PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN**

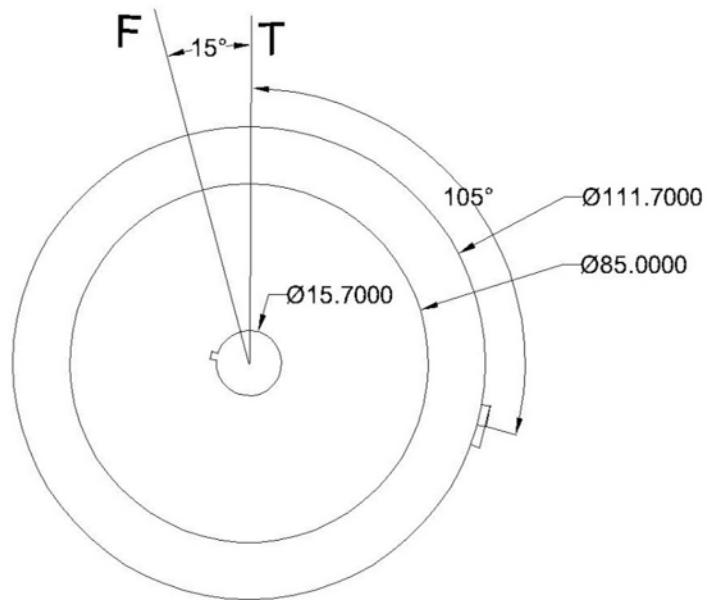
#### **A. Proses Modifikasi Sistem Pengapian**

Proses pengaplikasian sistem bahan bakar injeksi (EFI) pada modifikasi sistem pengapian Honda Legenda ini meliputi beberapa tahapan utama diantaranya adalah modifikasi pemasangan *rotor* dan menentukan letak timing pengapian, pemasangan *stator*, pemasangan sensor-sensor, pemasangan kabel bodi serta pengujian saat terjadi pengapian. Adapun tahapan-tahapan tersebut berdasarkan perancangan dan langkah kerja dari bab sebelumnya adalah sebagai berikut:

##### **1. Pemasangan *Rotor* dan Menentukan Letak *Timing* Pengapian**

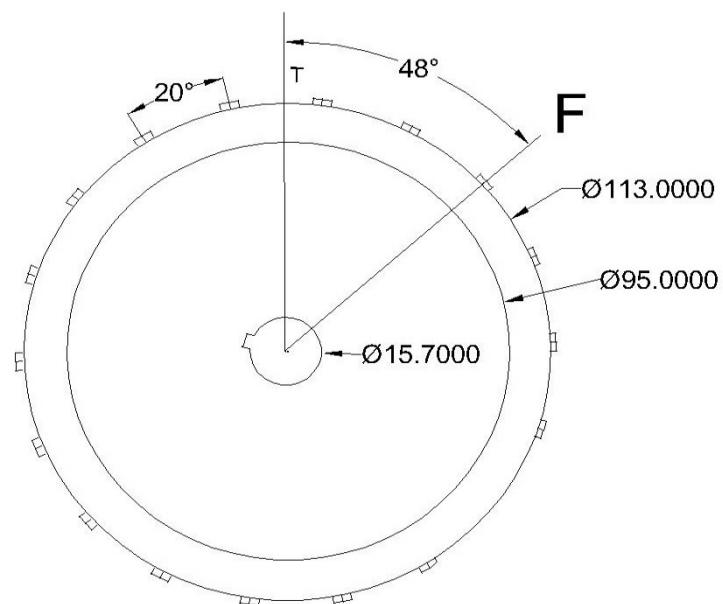
Pada modifikasi ini *rotor* dapat langsung terpasang pada poros engkol yang digunakan, karena adanya kesamaan ukuran diameter poros engkol antara *rotor* Honda Legenda dan Yamaha Jupiter Z1. Rotor Honda Legenda dan Yamaha Jupiter Z1 memiliki diameter poros engkol 15,7 mm.

Untuk menentukan *timing* pengapian langkah awal yang dilakukan yaitu melihat *cover crank case* Yamaha Jupiter Z1 untuk menentukan tonjolan *rotor* sebagai letak pengapian. *Rotor* Yamaha Jupiter Z1 memiliki tonjolan 17 buah yang berfungsi sebagai sinyal yang dihasilkan dari induksi *pick up coil* selanjutnya dikirim ke ECU sebagai data. Kemudian sesuaikan *rotor* Yamaha Jupiter Z1 ke *crankcase cover* Honda Legenda.



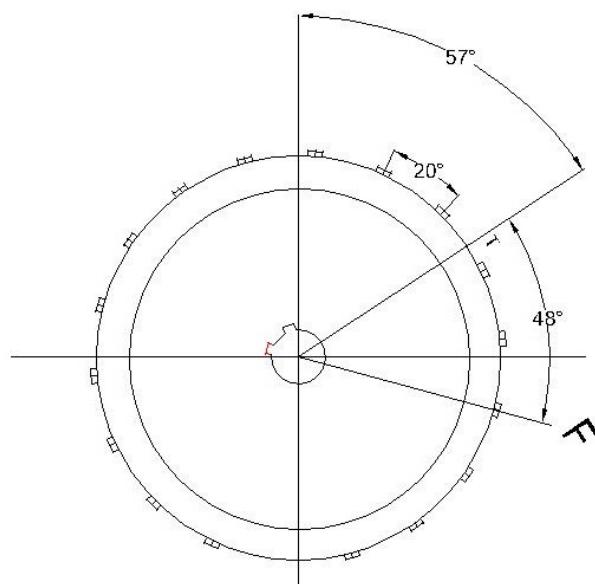
Gambar 26. Rotor Honda Legenda

Letak tonjolan *rotor* Honda Legenda  $105^\circ$  dari titik T untuk tonjolan pengapian pada *rotor* Yamaha Jupiter Z1  $48^\circ$  dari tanda T.



Gambar 27. Rotor Yamaha Jupiter Z1

Sehingga untuk merubah dudukan *spie* Yamaha Jupiter Z1 agar dapat dipasang di Honda Legenda maka *rotor* Yamaha Jupiter Z1 diputar  $57^\circ$  searah jarum jam dari titik T. Setelah itu dudukan *spie* dibuat seperti pada rotor Honda legenda.



Gambar 28. Rotor Jupiter Z1 yang akan dipasang pada Honda Legenda

## 2. Pemasangan Stator

Pemasangan *stator* Yamaha Jupiter Z1 tidak bisa langsung diaplikasikan ke *cover crankcase* sebelah kiri Honda Legenda, karena diameter dalam *stator* Yamaha Jupiter Z1 lebih besar dengan *stator* Honda Legenda yang memiliki selisih diameter 7 mm. Oleh sebab itu pemasangan *stator* memerlukan modifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah menambah dudukan aluminium agar *stator* dapat terpasang di *cover crankcase* kiri Honda Legenda.



Gambar 29. Dudukan stator

Proses pembuatan dudukan stator dilakukan di bengkel bubut dan dikerjakan oleh tukang bubut yang sudah ahli dibidangnya. Setelah proses pengelasan dudukan stator tersebut, maka stator dapat terpasang.



Gambar 30. Dudukan stator yang sudah dilas

### 3. Pemasangan Sensor-Sensor

Sensor diletakkan sesuai dengan letak kerja dan fungsi dari sensor tersebut. Sensor berfungsi untuk mendeteksi kondisi mesin sebagai masukan data ke ECU.

#### a. Memasang Sensor Oksigen

Sensor oksigen berfungsi untuk mendeteksi kadar oksigen pada gas buang yang dihasilkan mesin. Sensor oksigen diletakkan pada saluran buang yang menuju ke knalpot. Proses awal pemasangan sensor oksigen yaitu menentukan bagian *cylinder haed* yang bersinggungan dengan saluran buang. Setelah menentukan tempat sensor oksigen, langkah selanjutnya adalah membuat lubang dan membuat ulir yang sesuai dengan

sensor oksigen agar dapat terpasang dengan baik pada *cylinder head*. Proses ini dilakukan di bengkel bubut dan dilakukan oleh tenaga yang ahli dibidangnya.



Gambar 31. Letak sensor oksigen

b. Memasang Sensor Temperatur Oli

Sensor temperatur oli berfungsi untuk mengetahui suhu kerja mesin sebagai input ke ECU untuk menentukan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan. Sensor oli diletakkan di *cylinder* agar dapat mendeteksi suhu kerja mesin di sekitar piston. Proses pemasangan sensor temperatur oli pada *cylinder* yaitu menentukan letak yang bersinggungan langsung dengan oli pelumas dan tidak jauh dari piston.



Gambar 32. Letak sensor temperatur oli

Setelah ditentukan telaknya, maka *cylinder* dilas aluminium sebagai dudukan sensor temperatur oli, setelah dilas aluminium buat lubang hingga tembus ke jalur oli yang bertujuan agar oli pelumas dapat turun melumasi sensor temperatur oli.



Gambar 33. Sensor Temperatur Oli

Proses pengelasan dan pembuatan lubang ulir dilakukan pada satu tempat di bengkel las aluminium dan dilakukan oleh tenaga ahli dibidangnya.

c. Memasang Kabel Bodи

Kabel bodи berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari baterai ke komponen injeksi lainnya agar dapat berfungsi dengan baik. Selain itu kabel bodи juga berfungsi sebagai sistem penerangan, pengisian dan sistem lain yang berhubungan dengan kelistrikan. Pemasangan kabel bodи menggunakan *wiring diagram* sebagai pedoman agar komponen dapat berfungsi dan tidak terjadi konsleting.



Gambar 34. Kabel bodi yang sudah terpasang

#### 4. Pengujian Saat Terjadi Proses Pengapian

Tahapan ini dilakukan saat mesin sudah bisa menyala dan bertujuan untuk mengetahui *timing* pengapian dari Honda Legenda setelah dilakukan proses modifikasi. Agar mesin dapat bekerja secara normal, maka ketepatan saat terjadinya proses pengapian harus diperhatikan. Pada Honda Legenda saat sebelum dilakukan proses modifikasi, titik pengapian berada di  $15^\circ$  sebelum TMA (Titik Mati Atas). Dengan acuan dari data tersebut maka, saat menggunakan rotor magnet Yamaha Jupiter Z1 harus disamakan titik pengapian sesuai dengan karakter mesin Honda Legenda. Pengujian ini menggunakan alat uji *Timing Light*, agar dapat mengetahui saat terjadi proses pengapian. Tetapi jika menggunakan *Timing Light*, tanda pengapian pada rotor magnet harus diperjelas agar mudah membacanya. Hasil dari pengujian sesudah modifikasi pada saat pengapian adalah  $12^\circ$  sebelum TMA, hasil ini

mungkin dapat berubah karena keterbatasan tempat untuk melihat tanda pengapian



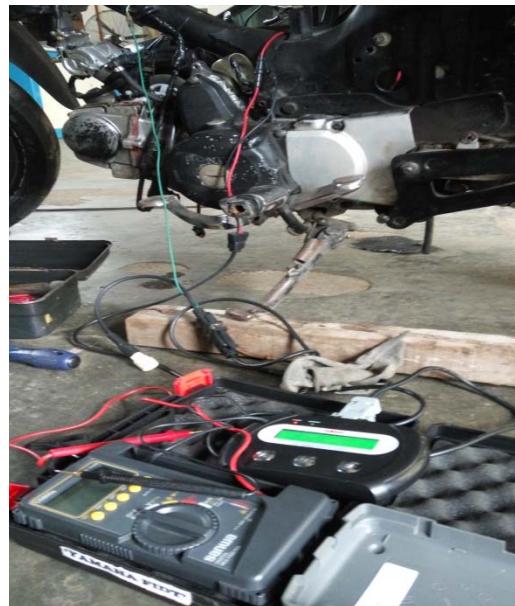
Gambar 35. Pengujian *Timing* Pengapian

## B. Proses Pengujian Modifikasi Sistem EFI

### 1. Pengujian Komponen EFI

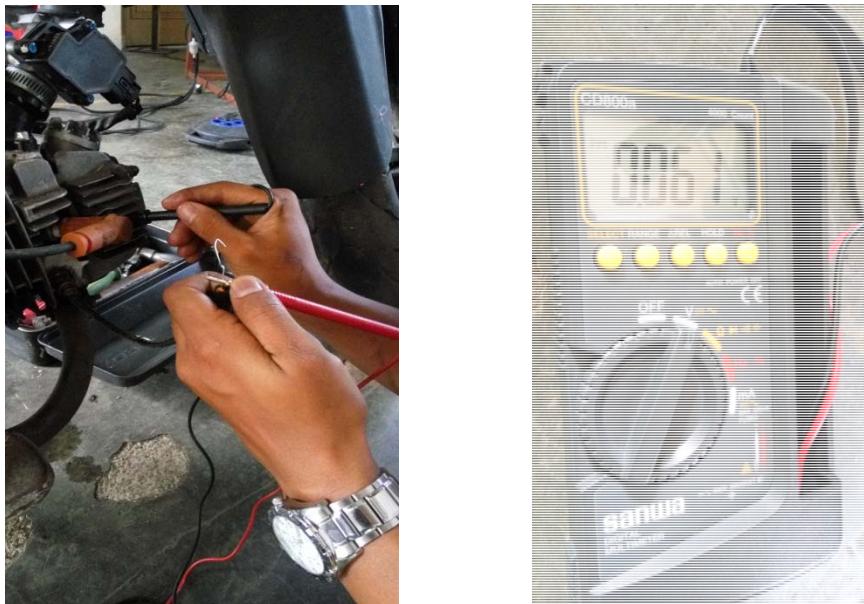
Pengujian komponen EFI ini menggunakan alat *FI Diagnostic Tool* untuk mengetahui kerja masing-masing komponen, apabila terdapat *trouble* pada komponen EFI maka alat ini akan mendeteksi kerusakan yang terjadi. Pengujian ini dilakukan di area bengkel kampus jurusan otomotif FT UNY dan pengujian dilakukan setelah modifikasi. Langkah awal pada proses pengujian ini adalah :

- a. Mempersiapkan peralatan yang digunakan, seperti : *Tool Box*, *Scanner (FI Diagnostic Tool)*,
- b. Memasang kabel *power* merah pada (+) baterai dan hitam pada (-) baterai,
- c. kabel warna hijau pada *scanner* disambungkan pada kabel diagnosis pada sepeda motor,
- d. Memilih tombol M dan mencari menu *Engine Test*, maka alat ini mampu mendeteksi *trouble* pada komponen injeksi mesin
- e. *FI Diagnostic Tool* membaca adanya *trouble* dengan kode 24, yang mana kode ini menunjukan O2 sensor.



Gambar 36. Proses Pengujian Komponen Injeksi

Dengan mengetahui *trouble* tersebut maka harus dilakukan tindakan menguji O2 sensor dengan menggunakan multimeter digital. O2 sensor ini mengeluarkan tegangan 0,060 Volt dan dapat diartikan bahwa sensor ini tidak rusak tetapi penyambungan kabel kurang pas.



Gambar 37. Pengujian O2 sensor

## 2. Pengujian Sistem Pengisian

Pengujian sistem pengisian dilakukan pada saat mesin hidup dan menggunakan multimeter untuk mengetahui tegangan pengisian. Pada pengujian ini tegangan pengisian sebesar 14.02 V dan dapat disimpulkan bahwa sistem pengisian normal.



Gambar 38. Pengujian Sistem Pengisian

### 3. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian konsumsi bahan bakar ini menggunakan rpm meter untuk mengetahui berapa putaran mesin saat pengujian pada rpm tertentu serta *burret* atau gelas ukur sebagai alat pengukur jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan mesin dalam satuan ml (mililiter). Sesuai rencana sebelumnya, pengujian ini dilakukan di area bengkel kampus jurusan otomotif FT UNY dan sebanyak dua kali yaitu sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi. Pengujian dilakukan pada putaran *idle* 1000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm.



Gambar 39. Pengujian konsumsi bahan bakar sebelum modifikasi

Pada pengujian setelah modifikasi tidak jauh berbeda dengan pengujian sebelum modifikasi yang mana pengujinya juga menggunakan *burret*, yaitu dengan cara melubangi tutup tangki pas di tengah - tengah untuk diberi selang yang sudah di lem agar tidak bocor dan menambal lubang

pernafasan pada tutup tangki. Kemudian tangki di isi penuh dengan bahan bakar, setelah terisi penuh tutup tangki dan hubungka selang pada tutup tangki ke selang pada *burret* untuk selanjutnya buret di isi dengan bahan bakar dan pastikan pada tutup tangki tidak ada kebocoran. Kemudian mesin dinyalakan seperti saat pengujian sebelum modifikasi, yaitu putaran *idle* 1000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm masing-masing selama 60 detik. Sehingga jumlah konsumsi bahan bakar dapat diketahui dari buret tersebut.



Gambar 40. Pengujian konsumsi bahan bakar setelah modifikasi

#### 4. Pengujian Emisi Gas Buang

Pengujian emisi gas buang ini menggunakan Tecnotest Stargas 898 Global Diagnosis (*Gas analyser*) sebagai alat uji emisi. Sesuai rencana sebelumnya pengujian emisi gas buang dikerjakan di area bengkel kampus jurusan otomotif FT UNY dan seperti pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang juga dilakukan sebanyak dua kali yaitu sebelum modifikasi dan pengujian setelah modifikasi.

Proses dalam melakukan pengujian emisi gas buang ini baik untuk pengujian sebelum modifikasi ataupun untuk pengujian sesudah modifikasi adalah sama, dimana sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu mempersiapkan *gas analyzer* sebagai alat utama yang digunakan sesuai dengan prosedur penyalaman yang telah ditentukan. Kemudian juga dilakukan persiapan pada sepeda motor yang diuji diantaranya memastikan pipa gas buang (knalpot) agar tidak bocor, menyesuaikan temperatur kerja mesin, serta mematikan sistem aksesoris seperti lampu, dll. Setelah itu, pengujian dilakukan pada posisi putaran mesin idle yaitu 1000 rpm, probe pada alat uji dimasukkan ke dalam pipa gas buang sepeda motor sedalam kurang lebih 30 cm dengan bantuan pipa tambahan. Pengujian emisi gas buang ini dilakukan selama  $\pm 20$  detik.



Gambar 41. Pengujian emisi gas buang

*Gas analyzer* akan mendeteksi konsentrasi dari zat yang terkandung dalam emisi yang dihasilkan mesin, seperti CO (*Carbon Monoxida*), HC (*Hydro Carbon*), CO<sub>2</sub> (*Carbon Dioxida*), dan O<sub>2</sub> (*Oxigen*), serta nilai lambda ( $\lambda$ ). Hasil dari pengujian emisi gas buang sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi akan menunjukkan perbedaan antara emisi gas buang yang dihasilkan oleh sistem bahan bakar konvensional dengan sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor tersebut.

Selain itu pengujian emisi gas buang ini juga perlu memperhatikan parameter atau batas maksimal gas yang boleh dikeluarkan pada baku mutu emisi gas buang yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05 tahun 2006 mengenai baku mutu emisi gas buang sumber bergerak kendaraan bermotor guna mengetahui lolos atau tidaknya hasil dari pengujian emisi gas buang pada sepeda motor setelah dilakukan modifikasi sistem bahan bakar injeksi tersebut.

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05 tahun 2006 kendaraan bermotor dikelompokkan menjadi beberapa kategori dimana pada setiap kategori memiliki parameter yang berbeda-beda, salah satu dari

kategori tersebut adalah kategori L yaitu kategori untuk kendaraan bermotor beroda kurang dari empat. Berikut adalah baku mutu emisi gas buang sumber bergerak kendaraan bermotor yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia untuk kategori L.

Tabel 4. Kategori L Peraturan Pemerintah RI No. 05 tahun 2006

Kategori	Tahun pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda Motor 2 langkah	< 2010	4,5	10.000	Idle
Sepeda Motor 4 langkah	< 2010	5,5	2400	Idle
Sepeda Motor (2 langkah & 4 langkah)	≥ 2010	4,5	2000	Idle

Adapun kategori lain yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05 tahun 2006 yaitu diantaranya adalah kategori M atau kategori untuk kendaraan bermotor beroda empat atau lebih dan digunakan untuk angkutan orang, kemudian kategori N yaitu kategori untuk kendaraan bermotor beroda empat atau lebih dan digunakan untuk angkutan barang, serta kategori O yang merupakan kategori untuk kendaraan bermotor penarik untuk gandengan atau kereta tempel. Berikut adalah baku mutu emisi gas buang sumber bergerak kendaraan bermotor yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia untuk kategori M, N dan O.

Tabel 5. Kategori M, N, dan O Peraturan Pemerintah RI No. 05 tahun 2006

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter			Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	Opasitas (%)	
Berpenggerak motor bakar cetus api (bensin)	< 2007 ≥ 2007	4,5 1,5	1200 200		Idle
Berpenggerak motor bakar penyalaan kompresi (diesel)					Percepatan bebas
- GVW ≤ 3,5 ton	< 2010 ≥ 2010			70 40	
- GVW > 3,5 ton	< 2010 ≥ 2010			70 50	

Keterangan :

GVW : Gross Vehicle Weight (jumlah berat kendaraan yang dibolehkan).

Dalam proyek akhir ini jenis kendaraan yang digunakan termasuk dalam kategori L, yaitu sepeda motor 4 langkah dengan tahun pembuatan pada tahun 2002. Oleh karena hal tersebut, pada pengujian emisi gas buang juga mempertimbangkan pada baku mutu emisi gas buang kategori L (tabel x) dengan parameter CO maksimal 5,5 % dan HC 2.400 ppm.

## 5. Pengujian Performa Mesin

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performa yang dihasilkan baik itu daya maksimum maupun torsi maksimum yang mampu dicapai oleh mesin. Untuk mengetahui daya maksimum dan torsi maksimum tersebut digunakan alat *dynamometer* atau yang sering disebut *dynotest*. Karena alat *dynotest* tidak terdapat di bengkel otomotif FT UNY, maka pengujian performa mesin ini dilakukan di luar area bengkel kampus yaitu di Mototech yang beralamatkan di Jl. Ringroad Selatan, Kemasan, Banguntapan, Sleman,

Yogyakarta. Seperti pengujian konsumsi bahan bakar dan pengujian emisi gas buang, pengujian ini juga dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pengujian sebelum modifikasi dan pengujian setelah modifikasi.



Gambar 42. Pengujian performa mesin

Proses pengujian performa yang dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi masih sama, yaitu setelah motor dan alat *dynotest* siap, kemudian mesin dinyalakan. Pengambilan data dilakukan pada sepeda motor saat gigi percepatan pada posisi 3 dan ketika putaran mesin mencapai 4000 rpm, katup gas dibuka penuh secara spontan hingga mencapai putaran mesin mencapai 10000 rpm. *Dynamometer* akan menghasilkan data berupa grafik pada komputer yang menunjukkan pada putaran berapa daya maksimum dan torsi maksimum yang dapat dicapai oleh mesin tersebut.

### C. Hasil Pengujian Modifikasi Sistem EFI

Setelah melakukan beberapa pengujian yaitu pengujian komponen EFI, pengujian sistem pengisian, pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang serta pengujian performa mesin. Untuk pengujian konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar, dan performa mesin dilakukan sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi untuk mengetahui perbedaan dan pengaruh dari modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini terhadap sepeda motor Honda Legenda yang semula menggunakan sistem bahan bakar konvensional. Maka didapatkan hasil dari masing masing pengujian tersebut diantaranya adalah sebagai berikut

#### 1. Hasil Pengujian Komponen EFI

Dari hasil pengujian komponen EFI didapatkan data sebagai berikut :

- Keseluruhan komponen EFI berfungsi dengan baik kecuali O2 sensor, karena data pada *FI Diagnostic Tools* menunjukkan *trouble* pada O2 sensor.
- Pengujian O2 sensor dilakukan dengan cara manual yaitu menggunakan multimeter digital dan menunjukkan angka sebesar 0.060 V.

#### 2. Hasil Pengujian Sistem Pengisian

Hasil dari pengujian sistem pengisian adalah 14.02 V, dari angka tersebut sistem pengisian berfungsi dengan normal.

#### 3. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 6. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Putaran Mesin (rpm)	Waktu (detik)	Hasil (ml)		Percentase
		Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi	
1000	60	4	3,5	12,5 %
3000	60	10	6	40 %
5000	60	15	13	13,3 %
Rata-rata				21,9 %

#### 4. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

Tabel 7. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

Gas Buang	Hasil		Persentase	Baku mutu emisi kategori L Peraturan Pemerintah RI no. 05 th 2006
	Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi		
CO	4,376 %	4,753 %	-8,615 %	5,5 %
CO2	8,34 %	2,89 %	65,34 %	
HC	3857 ppm	2339 ppm	39,35 %	2400 ppm
O2	5,7 %	12,19 %	-1166,5%	

#### 5. Hasil Pengujian Performa Mesin

Tabel 8. Hasil Pengujian Performa Mesin

Putaran Mesin (rpm)	Daya (HP)		Torsi (Nm)	
	Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi	Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi
4500	2,3	2,9	3,5	4,62
5000	3,9	4,5	<b>5,90</b>	6,45
5500	40	4,7	5,10	6,10
6000	3,8	4,4	4,43	5,15
6500	4,1	5,1	4,44	5,59
7000	5,0	5,7	5,02	5,76
7500	5,5	5,1	5,16	4,84
8000	5,8	5,7	5,11	5,03
8500	6,7	7,4	5,61	6,20
9000	<b>7,4</b>	8,6	5,79	6,74
9500	<b>7,1</b>	9,3	5,27	6,90
10000	<b>6,8</b>	9,4	4,83	6,65

## D. Pembahasan

### 1. Perancangan Modifikasi Sistem EFI

Pengapian yang tepat merupakan syarat untuk terjadinya proses pembakaran yang sempurna agar mendapatkan performa yang maksimal serta konsumsi bahan bakar yang lebih ekonomis dan rendah emisi.

Pada kendaraan bermotor khususnya sepeda motor, teknologi yang banyak digunakan saat ini adalah sistem EFI. Sistem EFI merupakan sebuah inovasi pengembangan dari teknologi yang ada sebelumnya yaitu sistem konvensional dimana kelebihan sistem EFI dibandingkan dengan sistem bahan bakar konvensional adalah pengkabutan bahan bakar pada sistem injeksi yang lebih baik sehingga menjamin campuran yang lebih baik pula, komposisi campuran yang dapat sesuai dengan setiap putaran dan beban mesin, mampu menghasilkan pembakaran yang lebih baik dimana dengan pembakaran yang lebih baik tersebut mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah serta tenaga mesin yang lebih baik.

Perancangan sistem EFI pada sepeda motor Honda Legenda yang sebelumnya menerapkan sistem bahan bakar konvensional ini bertujuan untuk mengurangi konsumsi terhadap bahan bakar dan memperbaiki emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor tersebut, agar dapat lebih ramah lingkungan karena teknologi sistem bahan bakar injeksi ini merupakan teknologi yang saat ini sudah diterapkan pada sepeda motor keluaran terbaru dan terus dikembangkan. Diterapkannya sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor

Honda Legenda ini diharapkan pula dapat meningkatkan performa yang dihasilkan oleh sepeda motor tersebut.

Perancangan modifikasi sistem EFI pada sepeda motor Honda Legenda ini mengacu pada teknologi EFI yang digunakan pada Yamaha Jupiter Z1. Perangkat yang digunakan pada modifikasi ini menerapkan perangkat EFI yang ada pada Yamaha Jupiter Z1.

Hambatan dalam perencanaan modifikasi sistem EFI pada sepeda motor Honda Legenda ini adalah dalam menentukan perangkat EFI yang akan digunakan, karena sekarang ini hampir semua sepeda motor menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi. Hal ini dapat diatasi dengan mempelajari beberapa buku manual dari sepeda motor injeksi serta melakukan observasi ke berbagai dealer sepeda motor terkait dengan kelengkapan komponen injeksi, jenis-jenis sepeda motor yang menerapkan sistem injeksi dan harga dari komponen-komponen injeksi tersebut.

## **2. Proses Modifikasi Sistem Pengapian**

Proses modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini terbagi dalam dua tinjauan yaitu tinjauan sistem bahan bakar dan tinjauan sistem pengapian yang mana kedua tinjauan tersebut saling berkaitan. Pada tinjauan sistem pengapian ini meliputi beberapa tahapan penggerjaan diantaranya adalah modifikasi rotor, stator, pemasangan oksigen sensor, pemasangan engine oil temperature, dan merangkai kabel bodi.

Kendala dalam proses pengerjaan modifikasi sistem injeksi ini adalah waktu pengerjaan yang tidak sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan sebelumnya, hal ini disebabkan oleh perencanaan yang kurang matang pada perancangan rotor magnet untuk menetukan *timing* pengapian yang tepat sehingga perlu mencari data-data spesifikasi khususnya data tentang *timing* pengapian dan letak *pick up coil* atau pulser dari kedua motor tersebut. Data-data tersebut digunakan untuk menetukan *timing* pengapian yang tepat pada Honda Legenda setelah dimodifikasi.

Pengerjaan yang dilakukan di luar lingkungan bengkel kampus seperti di bengkel bubut tersebut menghabiskan waktu yang lebih lama dari waktu yang telah direncanakan sebelumnya, sehingga belum terpasangnya rotor magnet ini mengakibatkan mesin belum dapat bekerja karena hal tersebut merupakan satu kesatuan dalam sistem. Selain itu juga ketersediaan jumlah dana yang terbatas sehingga pembelian semua komponen yang tidak dilakukan secara bersamaan juga menghabiskan waktu yang tidak sesuai dengan yang telah dijadwalkan.

### **3. Kinerja Mesin Setelah Dilakukan Modifikasi**

Setelah dilakukan beberapa pengujian sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi diantaranya adalah pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang yang dihasilkan dan pengujian performa mesin. Maka didapat perbandingan hasil yang kemudian digunakan untuk menyimpulkan kinerja sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Honda Legenda tersebut. adapun pembahasannya adalah sebagai berikut :

### **a. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar**

Hasil dari pengujian konsumsi bahan bakar yang dilakukan sebelum modifikasi dan pengujian konsumsi bahan bakar sesudah dilakukan modifikasi. Sesuai hasil pengujian, konsumsi bahan bakar sebelum modifikasi menunjukkan bahwa pada putaran mesin 1000 rpm hingga 5000 rpm masing-masing tingkat putaran mesin dalam waktu 60 detik, jumlah konsumsi bahan bakar terus meningkat dari 1000 rpm yang menghabiskan bahan bakar sebesar 4 ml hingga 5000 rpm yang menghabiskan konsumsi bahan bakar sebesar 15 ml. Sedangkan konsumsi bahan bakar setelah dilakukan modifikasi dari putaran mesin 1000 rpm hingga putaran tinggi yaitu pada 5000 rpm, jumlah konsumsi bahan bakar terus meningkat hanya saja jumlah konsumsi bahan bakar lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah konsumsi bahan bakar sebelum dilakukan modifikasi. Untuk persentasenya, konsumsi bahan bakar yang paling irit jika dibanding dengan konsumsi sebelum modifikasi adalah pada 3000 rpm yaitu sebesar 40 %, sedangkan untuk persentasi rata-rata dari pengujian, modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini mampu mengurangi konsumsi bahan bakar pada sepeda motor tersebut sebesar 21,9 %.

### **b. Pengujian Emisi Gas Buang**

Dari pengujian emisi gas buang yang dilakukan selama  $\pm$  20 detik setelah probe alat uji dimasukkan ke dalam pipa gas buang baik sebelum modifikasi dan setelah modifikasi, hasil dari pengujian setelah modifikasi

tercatat komposisi gas emisi tersebut terdiri dari gas CO sebesar 4,753 %, CO<sub>2</sub> sebesar 2,89 %, HC sebesar 2339 ppm dan O<sub>2</sub> sebesar 12,19 % serta menghasilkan lambda ( $\lambda$ ) 1492. Sedangkan hasil dari pengujian emisi gas buang yang dilakukan sebelum modifikasi terdiri dari komposisi gas CO sebesar 4,376 %, CO<sub>2</sub> sebesar 8,34 %, HC sebesar 3856 ppm, dan O<sub>2</sub> sebesar 5,7 % serta menghasilkan lambda ( $\lambda$ ) 0,939.

Dari hasil antara kedua pengujian tersebut setelah dilakukan modifikasi, kandungan emisi menunjukkan kadar gas beracun CO naik sebesar -8,615 % dari sebelum modifikasi 4,376 % menjadi 4,753 % dan HC yang juga menurun hingga 39,35 % yaitu yang semula 3857 ppm menjadi 2339 ppm, hal ini menunjukkan bahwa emisi yang dihasilkan mesin setelah dimodifikasi lebih baik dan lebih ramah lingkungan, serta pada kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan setelah dilakukan modifikasi meningkat sebesar 65,34 % dari yang semula 8,34 % menjadi 2,89 %, hal ini juga mengindikasikan bahwa pembakaran yang dihasilkan mesin setelah dilakukan modifikasi lebih baik sehingga CO<sub>2</sub> meningkat.

Dari penjelasan yang telah dijabarkan sebelumnya pada tabel 5 mengenai baku mutu emisi gas buang sumber bergerak kendaraan bermotor untuk kategori L (kendaraan bermotor beroda kurang dari empat) yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05 tahun 2006, diketahui bahwa parameter atau batas maksimal zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung oleh pipa gas buang pada sepeda motor 4 langkah dengan tahun pembuatan dibawah tahun

2010 untuk gas CO adalah sebesar 5,5 % dan gas HC adalah sebesar 2400 ppm. Jika menyesuaikan dengan parameter tersebut untuk menentukan lolos atau tidaknya hasil uji emisi, maka hasil dari pengujian setelah dilakukan modifikasi pada sepeda motor Honda Legenda yang mana telah diketahui sebelumnya untuk gas CO adalah sebesar 4,753 % dan HC adalah sebesar 2339 ppm, hasil tersebut menunjukkan perbaikan pada emisi gas buang lolos uji emisi.

### c. Pengujian Performa Mesin

Pada pengujian performa mesin sebelum dilakukan modifikasi, daya maksimum yang dapat dicapai mesin adalah sebesar 7,4 HP pada putaran 9000 rpm dan menghasilkan torsi maksimum sebesar 5,90 Nm pada putaran 5000 rpm. Sedangkan setelah dilakukan modifikasi, pengujian performa mesin menghasilkan daya maksimum sebesar 9,4 HP pada putaran 10000 rpm dan torsi maksimum sebesar 6,90 Nm pada putaran 9500 rpm. Berdasarkan hasil yang didapat dari kedua pengujian tersebut, didapatkan hasil bahwa setelah dilakukan modifikasi, performa mesin yang dihasilkan yaitu daya maksimal dan torsi maksimal juga mengalami peningkatan meskipun tidak terlalu signifikan. Daya maksimum meningkat sebesar 2,0 HP dari daya yang dihasilkan sebelum modifikasi dan begitu pula dengan torsi maksimum yang juga meningkat sebesar 1,0 Nm.

Hambatan dalam melakukan pengujian-pengujian tersebut terdapat pada saat pengujian performa mesin yang dilakukan di Mototech yang

beralamat di Jl. Ringroad Selatan, Kemasan, Banguntapan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dimana banyak yang menggunakan jasa Mototech dalam melakukan pengujian performa mesin menggunakan *dynotest* baik itu mahasiswa, masyarakat umum maupun untuk keperluan balap, sehingga waktu pengujian memakan waktu yang lebih lama dari perencanaan. Agar tidak terlalu banyak membuang waktu, hal ini dapat diatasi dengan memesan atau *booking* waktu terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian via telepon kepada pihak Mototech.

## 6. Kalkulasi Biaya

Pelaksanaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Honda Legenda sebagai proyek akhir ini menghabiskan dana sebesar Rp. 3.400.000,- dimana biaya yang dibutuhkan tersebut melebihi perencanaan biaya semula yang hanya Rp. 3.100.000,- . Pembengkakan biaya tersebut terjadi dikarenakan adanya beberapa masalah pada biaya jasa penggerjaan yang dilakukan diluar lingkungan bengkel kampus seperti biaya pembubutan dan pengelasan alumunium yang melebihi dari perencanaan yang disebabkan oleh persiapan dan perencanaan yang kurang matang. Pembengkakan biaya dikarenakan penggerjaan modifikasi Rotor magnet, stator, pembuatan dudukan sensor-sensor EFI, dan pembuatan dudukan *Intake manifold* pada kepala silinder dilakukan diluar area kampus FT UNY karena keterbatasan alat serta kemampuan melakukan pekerjaan tersebut sehingga diperlukan biaya tambahan untuk membayar jasa penggerjaannya.

Selain itu pembengkakan biaya juga disebabkan oleh pengujian performa mesin yang dilakukan di Mototech. Sehingga biaya mengalami pembengkakan lagi sebesar Rp 70.000,-. Sisanya merupakan pembengkakan biaya dari keperluan sampingan seperti lem treebond, solatif, tenol, dll.

Biaya pelaksanaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Honda Legenda ini didapat dari dana pribadi 2 mahasiswa yang mengerjakan Proyek Akhir ini.

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Simpulan**

Setelah melakukan proses perancangan, penggerjaan modifikasi serta pengujian terkait kinerja dari hasil modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Honda Legenda, maka didapat simpulan sebagai berikut.

1. Perancangan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Honda Legenda ini meliputi pemilihan komponen-komponen yang akan digunakan, serta pengaplikasian komponen-komponen tersebut pada sepeda motor seperti letak oksigen sensor, *engine oil temperatur*, rotor yang disesuaikan dengan poros engkol Honda Legenda, kemudian stator yang disesuaikan dengan *cover crankcase* kiri dan memasang kabel bodi agar semua komponen kelistrikan dapat berfungsi dengan baik dan kabel tidak terjepit.
2. Proses penggerjaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang telah ditentukan, dilanjutkan dengan proses pembuatan dudukan *stator* pada *cover crankcase* kiri, kemudian proses modifikasi *rotor* dengan menentukan *timming* pengapian, selanjutnya memasang oksigen sensor di *cylinder head* dan memasang *engine oil temperature* pada *block cylinder*, serta pengaplikasian kabel bodi ke sistem kelistrikan mesin maupun sistem penerangan.
3. Hasil pengujian sistem EFI pada Honda Legenda ini meliputi pengujian *timing* pengapian yang berada pada  $12^\circ$  sebelum TMA, pengujian sistem

pengisian dengan hasil 14.02 V, pengujian komponen EFI menggunakan *FI Diagnostic Tools* dengan hasil semua komponen EFI berfungsi (tidak ada *trouble*), pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang dan pengujian performa mesin. Dari pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang, dan pengujian performa mesin yang dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi dapat disimpulkan bahwa modifikasi sistem EFI ini mampu mengurangi konsumsi bahan bakar disetiap putaran mesin yang diujikan dengan rata-rata penurunannya mencapai 21,9 %. Dapat memperbaiki emisi gas buang seperti mengurangi kadar CO sebesar -8,615 % yaitu dari 4,376% menjadi 4,753% dan HC sebesar 39,35% yaitu dari 3857 ppm menjadi 2339 ppm dimana gas tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no. 05 tahun 2006 yang menetapkan baku mutu untuk kadar CO adalah 5,5% dan kadar HC adalah 2400 ppm, hasil uji emisi setelah modifikasi tersebut lolos dan layak jalan walaupun peningkatan sedikit. Serta modifikasi ini meningkatnya performa mesin yaitu untuk daya maksimal yang sebelumnya 7,4 HP / 9000 rpm menjadi 9,4 HP / 10000 rpm dan torsi maksimal dari 5,90 Nm / 5000 rpm menjadi 6,90 Nm / 9500 rpm.

## B. Keterbatasan Hasil Modifikasi

Modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Honda Legenda memiliki beberapa keterbatasan yaitu:

1. Pemasangan *Pick up coil* pada dudukan yang sudah ada pada *Cover Crankcase* kiri Honda Legenda yang harus melubangi bak magnet serta memberi *O-Ring* agar posisi *Pick up coil* tepat pada tonjolan magnet.
2. Pemasangan selang tekanan tinggi yang terkadang masih terjepit antara tangki bahan bakar dengan rangka motor sehingga merusak bagian luar dari selang tersebut meskipun tidak sampai menyebabkan kebocoran.
3. Pemasangan filter udara yang terkadang masih sulit terkait pada *trottel body*, karena perbedaan antara selang yang terpasang pada *trottel body* Honda Legenda berbeda dengan yang di gunakan pada Yamaha Jupiter Z1.

### C. Saran

Saran yang diberikan agar modifikasi sistem bahan bakar injeksi menjadi lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Performa mesin pada Daya maksimum dan Torsi maksimum dapat ditingkatkan dengan cara menambah kapasitas mesin dan menggunakan ECU *Programmable* yang dapat distel sesuai dengan kebutuhan mesin, emisi gas buang rendah, dan konsumsi bahan bakar irit.
2. Agar selang tekanan tinggi lebih mudah diaplikasikan dan tidak terjepit, maka perlu menggunakan selang tekanan tinggi *universal* yang ada dipasaran yang panjangnya dapat diatur dan disesuaikan sendiri.
3. Penggunaan jenis bahan bakar dengan nilai oktan lebih tinggi dan tanpa timbal seperti bahan bakar oktan 92 atau bahan bakar oktan 95 perlu dilakukan untuk menjaga kualitas komponen sistem bahan bakar injeksi dan meningkatkan performa.



## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, (2012). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya*. Diakses pada tanggal 18 september, dari [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id).
- Anonim (2012). *Jupiter Z1 Service Manual*. Jakarta: PT Yamaha Indonesia Motor Manufacturing.
- Jalius Jamma. (2008). *Teknik Sepeda Motor Jilid 2 untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Tim Proyek Akhir D3. (2011). *Pedoman Proyek Akhir D3 FT UNY*, Yogyakarta: FT UNY.
- Zainal Arifin dan Sukoco. (2009). *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung : Alfabeta.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Kartu Bimbingan



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

## KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00  
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Busora Kusuma Adhi Surya  
 No. Mahasiswa : 12509134056  
 Judul PA/TAS : Modifikasi Sistem Bahan Bakar Kotorator Menggunakan Sistem Bahan Bakar Injeksi pada Honda Legend (Timpanan Sistem Pengapran)  
 Dosen Pembimbing : Mach. Selitin, M. Kes.

Bimb. Ke	Hari/Tanggal Bimbingan	Materi Bimbingan	Catatan Dosen Pembimbing	Tanda tangan Dosen Pemb.
1	Senin / 23 Nov '15	Bab I	Rumusan diperbaiki	✓
2				
3	Senin 23 nov '15	Bab II	Pandekatan Tambang API	✓
4			Legenda + Supirasi	✓
5		Bab III	Rancangan Dual Enggngi gantengnya	✓
6				
7	Kamis / 3-03-16	Bab III	Dan Canggih di Rerisi	✓
8			Rev. Canggih klo	✓
9	Kamis / 17-03-16	Bab IV	Rev. urutan Skripsi Ramengon	✓
10	Senin / 21-03-16	Bab II	Desain jadi	✓

## Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali  
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh dicopy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PA/TAS

87 ap cya ✓

Lampiran 2. Hasil Uji Emisi Gas Buang Sebelum Modifikasi

<b>EXHAUST GAS TEST REPORT</b>  Serial no.: 1711260  TECHNOLTEST TYPE: STABURG 4000 DIAL CLASS: 2 REPORT N. 545.01RL/94/PN 18/07/2004	
<b>RPM</b> 0 [l/min] <b>CO</b> 4.376 [% vol] <b>CO2</b> 8.34 [% vol] <b>H C</b> 3856 [ppm vol] <b>O2</b> 5.07 [% vol] <b>NO</b> ---- [ppm vol]  CO corr. 5.16% [% vol] $\lambda$ 0.939 [-] <b>TEMP.</b> ---- [°C]	
<b>ENVIRONMENT CONDITIONS</b>  Temperature 30 [°C] Pressure 995 [hPa] Rel. Humidity 64 [%RH]  <b>DATE:</b> 28/03/2015 <b>TIME:</b> 06:59	
<b>CAR DATA</b>  <b>FUEL:</b> GASOLINE <b>BRAND:</b> HONOR <b>MODEL:</b> LEGENDA <b>LIC. PLATE:</b> RBK <b>CHASSIS:</b> A <b>Km:</b>	
<b>WORKSHOP</b>  <b>AUTOMOTIF</b> <b>RFT-UNY</b> <b>VANDIKUOTO</b>	
<b>EXAMINER:</b> BUSNRA	

### Lampiran 3. Hasil Uji Emisi Gas Buang Sesudah Modifikasi

#### EXHAUST GAS ANALYSIS

Serial nr. 1711960  
 TECNOTEST  
 TYPE STARGAS 898  
 DIMI CLASS 0  
 REPORT N.  
 545/DIML/04/RM  
 10/07/2004

RPM 0 [1/min]  
 CO 4.753 [% vol]  
 CO2 2.89 [% vol]  
 HC 2339 [ppm vol]  
 O2 12.19 [% vol]  
 NO ---- [ppm vol]  
 CO cor ---- [% vol]  
 λ 1.492 [-]  
 TEMP. --- [°C]

#### ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 37 [°C]  
 Pressure 989 [hPa]  
 Rel. Humidity 45 [%RH]  
 DATE: 23/02/2016  
 TIME : 10:02

#### CAR DATA

FUEL: GASOLINE

BRAND:

AZ

MODEL:

AA

LIC.PLATE:

A

CHASSIS:

Km:

#### WORKSHOP

ROTOMOTIF

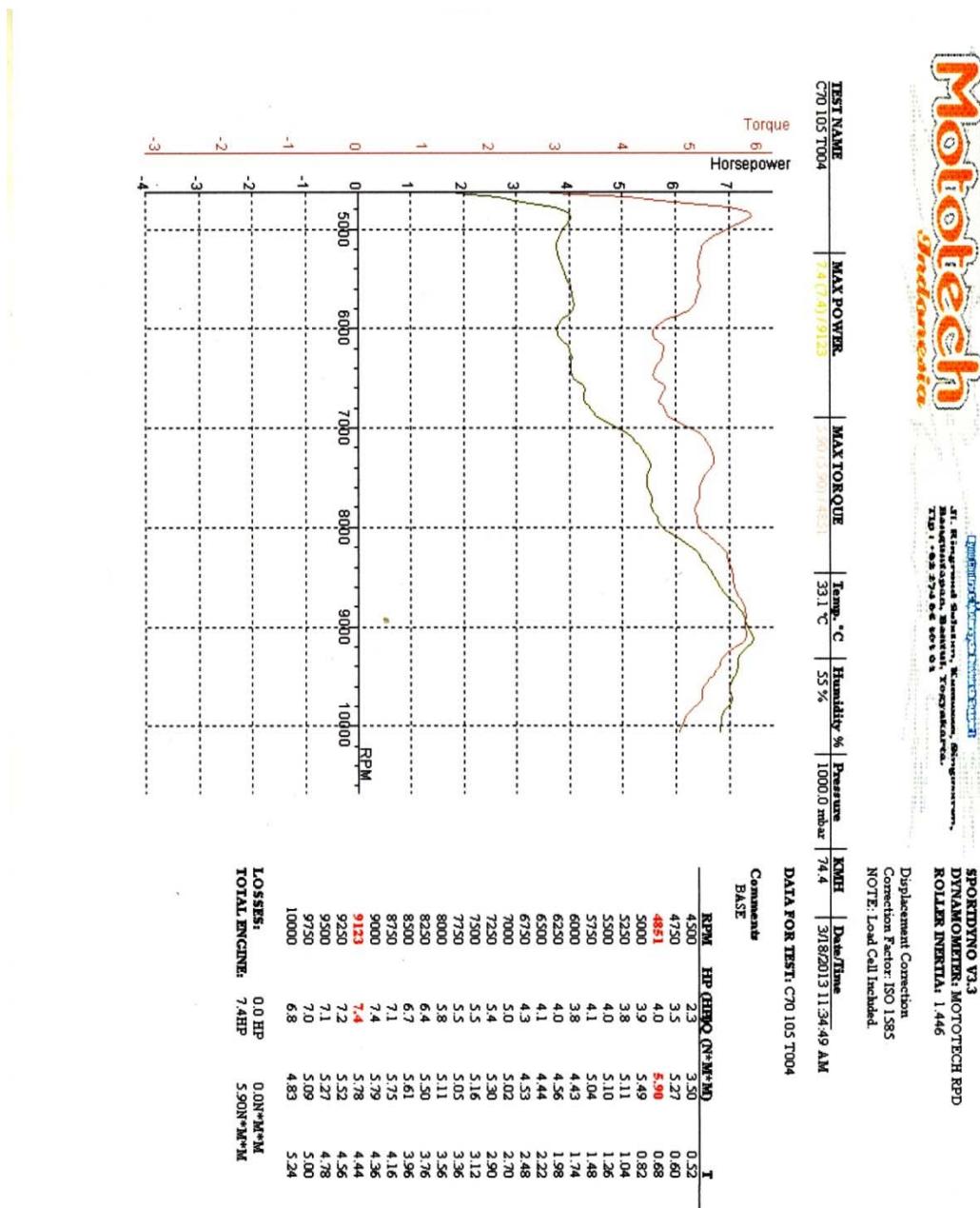
AFT-UNY

VANDIKUOTO

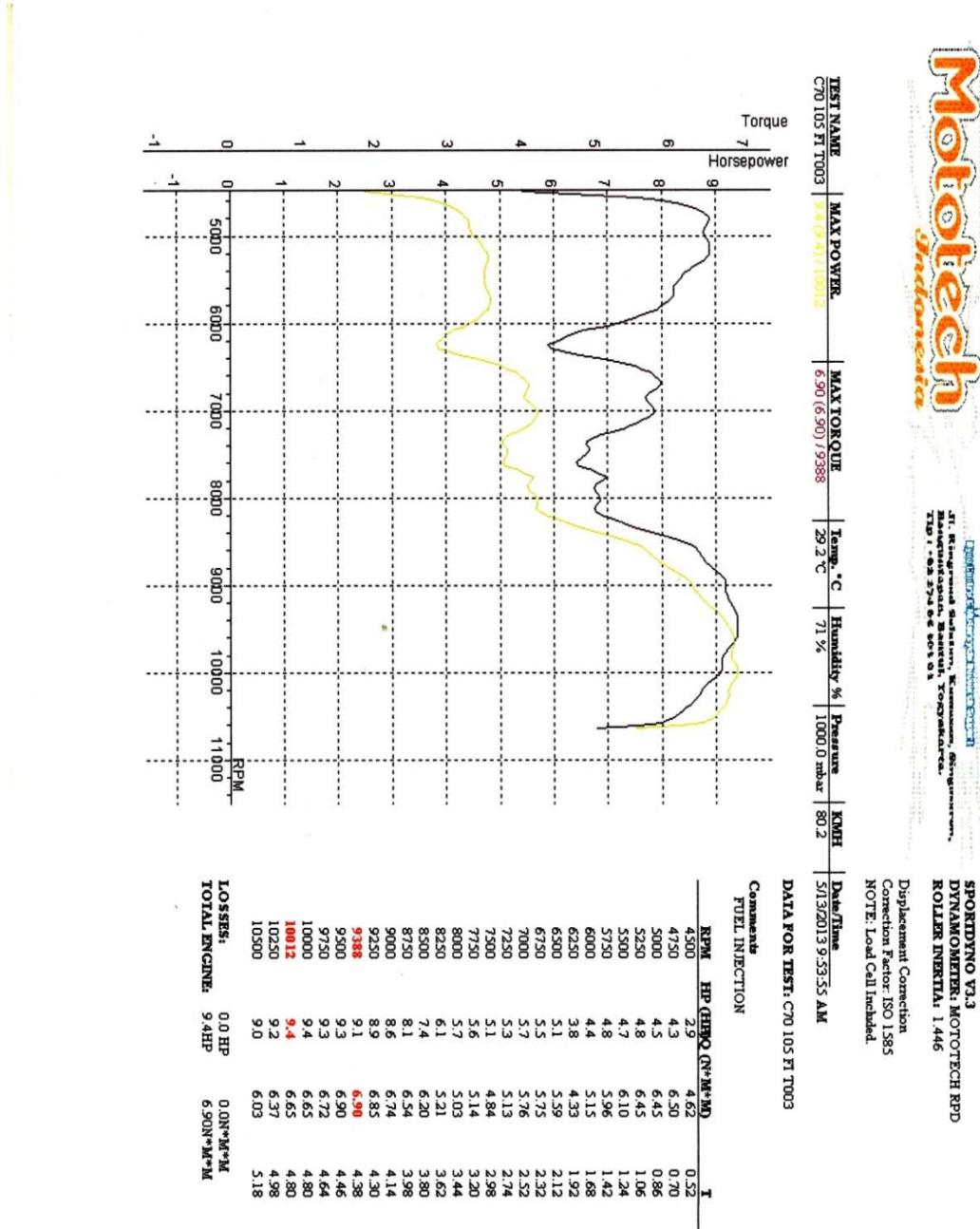
AA

EXAMINER:

Lampiran 4. Hasil Uji Performa Mesin Sebelum Modifikasi



Lampiran 5. Hasil Uji Performa Mesin Sebelum Modifikasi



Lampiran 6. Peraturan pemerintah tentang ambang batas emisi gas buang



**PERATURAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP  
NOMOR 05 TAHUN 2006**

**TENTANG**

**AMBANG BATAS EMISI GAS BUANG  
KENDARAAN BERMOTOR LAMA**

**MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,**

**Menimbang** : a bahwa pencemaran udara dari emisi gas buang kendaraan bermotor semakin meningkat, sehingga perlu upaya pengendalian emisi gas buang kendaraan bermotor;

b bahwa Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP-35/MENLH/10/1993 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama tidak sesuai lagi dengan perkembangan sehingga perlu diperbaharui;

**Mengingat** : 1 Undang-Undang Nomor 14 Tahun 1992 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1992 Nomor 49, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3480) ;

2 Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3699) ;

3 Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004

Nomor 60, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3839);

- 4 Peraturan Pemerintah Nomor 44 Tahun 1993 tentang Kendaraan dan Pengemudi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1993 Nomor 64, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3530);
- 5 Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3853);
- 6 Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah Pusat dan Kewenangan Pemerintah Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2000 Nomor 54, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3952);
- 7 Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2005 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Susunan Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Negara Republik Indonesia;

**MEMUTUSKAN :**

Menetapkan : PERATURAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP TENTANG AMBANG BATAS EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR LAMA.

**Pasal 1**

Dalam Peraturan Menteri ini yang dimaksud dengan :

- 1 Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa gas buang kendaraan bermotor lama;
- 2 Kendaraan Bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu;

- 3 Kendaraan Bermotor Lama adalah kendaraan yang sudah diproduksi, dirakit atau diimpor dan sudah beroperasi di wilayah Republik Indonesia;
- 4 Uji emisi kendaraan bermotor lama adalah uji emisi gas buang yang wajib dilakukan untuk kendaraan bermotor lama secara berkala;
- 5 Menteri adalah Menteri yang tugas dan tanggung jawabnya di bidang pengelolaan lingkungan hidup;
- 6 Gubernur adalah Kepala Daerah Provinsi;
- 7 Bupati/Walikota adalah Kepala Daerah Kabupaten/Kota.

**Pasal 2**

Ruang lingkup peraturan ini meliputi ambang batas emisi gas buang, metode uji, prosedur pengujian, evaluasi, dan pelaporan pelaksanaan penerapan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama.

**Pasal 3**

- (1) Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama sebagaimana tercantum dalam Lampiran I Peraturan Menteri ini.
- (2) Metode uji kandungan CO dan HC sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 diukur pada kondisi tanpa beban (*idle*) sedangkan kandungan asap diukur pada kondisi percepatan bebas (*free acceleration*).
- (3) Prosedur pengujian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 mengacu pada Lampiran II Peraturan Menteri ini yang meliputi:
  - a Cara uji kadar CO/HC untuk kendaraan bermotor kategori M, N dan O (roda empat atau lebih) berpenggerak cetus api pada kondisi idle menggunakan SNI 19-7118.1-2005.
  - b Cara uji kadar opasitas asap untuk kendaraan bermotor kategori M, N dan O (roda empat atau lebih) berpenggerak penyalaan kompresi pada kondisi akselerasi bebas menggunakan SNI 19-7118.2-2005.
  - c Cara uji kadar CO/HC untuk kendaraan bermotor kategori L (sepeda motor) pada kondisi idle menggunakan SNI 19-7118.3-2005.

- (4) Format pelaporan pelaksanaan uji emisi sebagaimana dimaksud pada ayat (3) huruf a, huruf b, dan huruf c tercantum dalam Lampiran III Peraturan Menteri ini.
- (5) Lampiran sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ayat (3), dan ayat (4) serta perubahan-perubahannya merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri Ini.

**Pasal 4**

- (1) Setiap kendaraan bermotor lama wajib memenuhi ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (1).
- (2) Setiap kendaraan bermotor lama wajib melakukan uji emisi sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

**Pasal 5**

Pengujian emisi kendaraan bermotor lama dilakukan di tempat pengujian milik pemerintah atau swasta yang telah mendapat sertifikasi berdasarkan peraturan perundang-undangan.

**Pasal 6**

- (1) Bupati/Walikota melaksanakan uji emisi kendaraan bermotor lama yang terdaftar di daerahnya.
- (2) Bupati/Walikota dapat bekerjasama dengan Bupati/Walikota lain dalam melaksanakan uji emisi kendaraan bermotor lama sebagaimana dimaksud pada ayat (1).
- (3) Bupati/Walikota melakukan evaluasi pelaksanaan uji emisi kendaraan bermotor lama sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan menyampaikan laporan pelaksanaan uji emisi kepada Gubernur minimal 6 (enam) bulan sekali.
- (4) Bupati/Walikota mengumumkan hasil uji emisi minimal 1 (satu) tahun sekali kepada masyarakat melalui media cetak maupun elektronik.

**Pasal 7**

- (1) Gubernur mengkoordinasikan kegiatan pelaksanaan uji emisi di daerahnya.
- (2) Gubernur melaksanakan evaluasi kegiatan uji emisi minimal 1 (satu) tahun sekali dan mengumumkan hasil uji emisi berkala kepada masyarakat melalui media cetak maupun elektronik.
- (3) Gubernur melaporkan hasil uji emisi yang dilaksanakan oleh Bupati/Walikota di wilayahnya kepada Menteri sekurang-kurangnya 1(satu) tahun sekali.

**Pasal 8**

- (1) Gubernur dapat menetapkan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama di daerahnya sama atau lebih ketat dari ambang batas kendaraan bermotor lama sebagaimana yang tercantum dalam Lampiran I Peraturan Menteri ini.
- (2) Gubernur dapat menetapkan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama di daerahnya dengan tidak menambah maupun mengurangi parameter yang tercantum dalam Lampiran I Peraturan Menteri ini.
- (3) Dalam hal Gubernur belum menetapkan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama di daerahnya maka berlaku ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama dalam Peraturan Menteri ini.

**Pasal 9**

Dalam rangka penataan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama, Menteri berwenang:

- a mengevaluasi pelaksanaan penataan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama;
- b melakukan uji petik emisi (*spot check*) dalam rangka pengumpulan data;
- c memberikan pembinaan (bimbingan teknis) terhadap pelaksanaan penataan ambang batas kendaraan bermotor lama.

**Pasal 10**

Pembiayaan atas pelaksanaan uji emisi kendaraan bermotor lama di daerah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dan Pasal 7 dibebankan kepada Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah.

**Pasal 11**

Ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama dievaluasi sekurang-kurangnya sekali dalam 5 (lima) tahun.

**Pasal 12**

Dengan berlakunya Peraturan Menteri ini maka Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP-35/MENLH/10/1993 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dinyatakan tidak berlaku.

**Pasal 13**

Peraturan Menteri ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 1 Agustus 2006

Menteri Negara  
Lingkungan Hidup,

ttd

Ir. Radmat Witcelar.

Salinan sesuai dengan aslinya  
Deputi MENLH Bidang  
Lingkungan Hidup,



Lampiran I : Peraturan Menteri Negara  
 Lingkungan Hidup  
 Nomor : 05 Tahun 2006  
 Tentang : Aturan Batas Emisi Gas Buang  
 Kendaraan Bermotor Lama  
 Tanggal : 1 Agustus 2006

**A KENDARAAN BERMOTOR KATEGORI L**

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metoda uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	4.5	12000	Idle
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	5.5	2400	Idle
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	≥ 2010	4.5	2000	Idle

**B KENDARAAN BERMOTOR KATEGORI M, N DAN O**

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter			Metoda uji
		CO (%)	HC (ppm)	Opasitas (% HSU) *	
Berpengerak motor bakar oetus api (bensin)	< 2007	4.5	1200		Idle
	≥ 2007	1.5	200		
Berpengerak motor bakar pembakaran kompresi (diesel)					Perecapatan Bebas
- GW ≤ 3.5 ton	< 2010			70	
	≥ 2010			40	
- GW > 3.5 ton	< 2010			70	
	≥ 2010			50	

Catatan :

Untuk kendaraan bermotor berpenggerak  
motor bakar oetus api kategori M, N dan O  
 - < 2007 : berlaku sampai dengan 31 Desember 2006  
 - ≥ 2007 : berlakumulai tanggal 1 Januari 2007

Untuk kendaraan bermotor kategori L  
dan kendaraan bermotor berpenggerak motor  
bakar pembakaran kompresi  
 - < 2010 : berlaku sampai dengan 31 Desember 2009  
 - ≥ 2010 : berlakumulai tanggal 1 Januari 2010  
 \* atau ekivalen % bosch

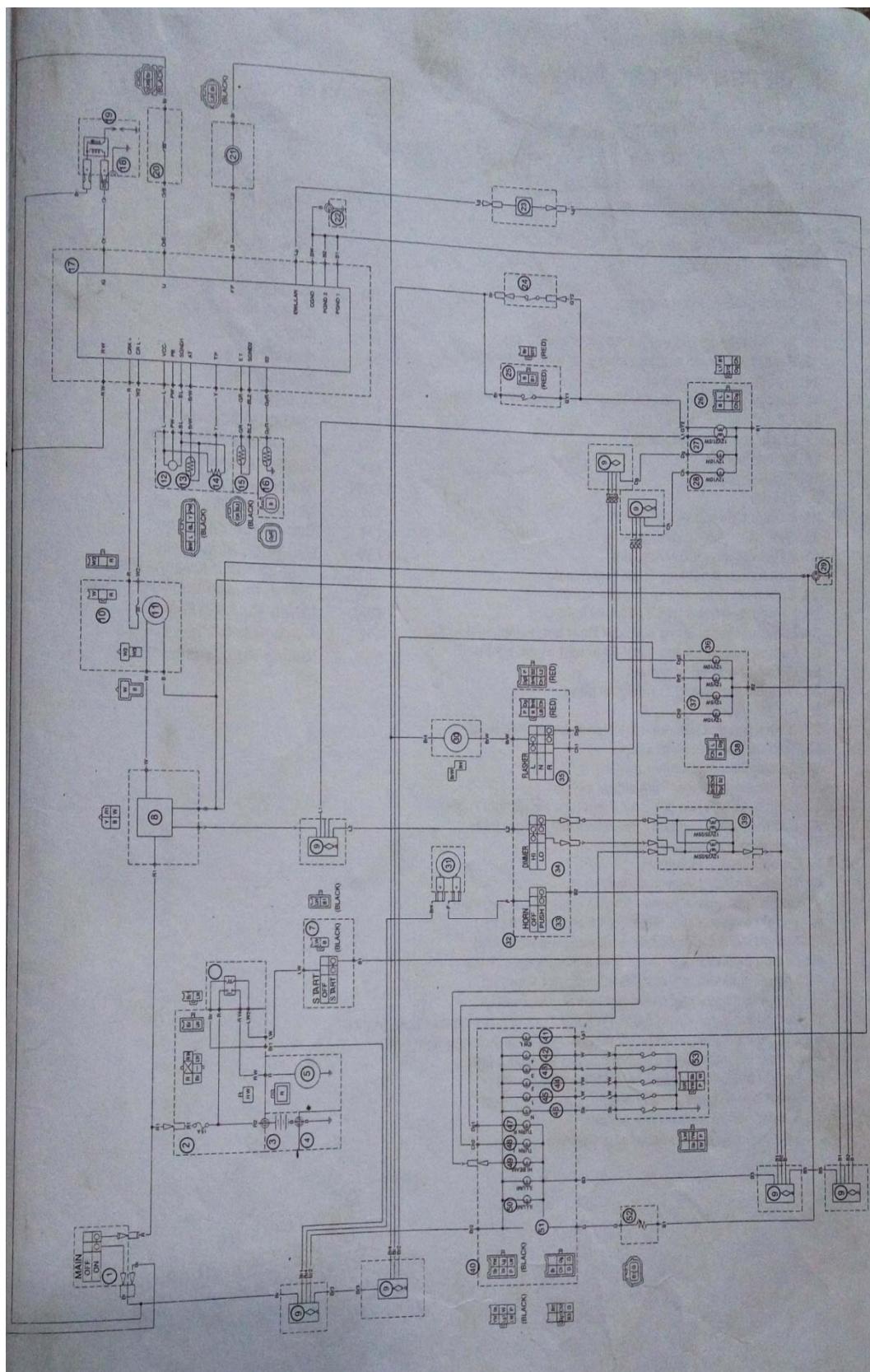
Menteri Negara  
 Lingkungan Hidup,  
 ttd  
 Ir. Radmat Witcoelar

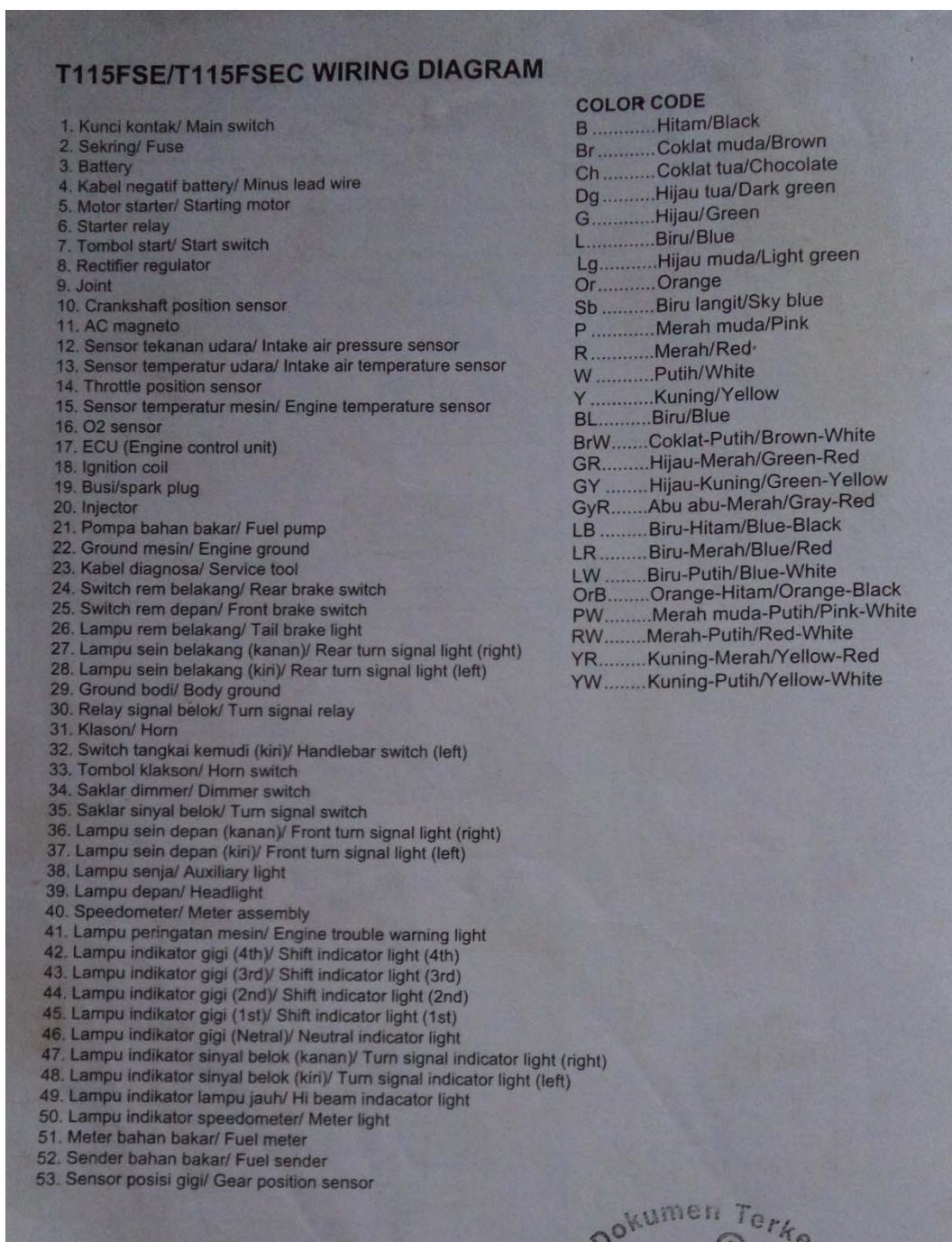
Salinan sesuai dengan aslinya

MENLH Bidang  
 Penanaman Lingkungan,



Lampiran 7. Wiring Diagram





Dokumen Terkena  
©

### Lampiran 8. Surat Bukti Selesai Revisi



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

#### BUKTI SELESAI REVISI PROYEK AKHIR D3/S1

FRM/OTO/11-00  
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Busana Kusuma Adhi Surya  
 No. Mahasiswa : 125.091.34056  
 Judul PA D3/S1 : Modifikasi Sistem Bahan Bakar Karburator  
 Menjadi Sistem Bahan Bakar Injeksi Pada Honda Legendu. (Tinjauan Sistem Pengoperasian)  
 Dosen Pembimbing : Moch. Solikin, M.Kes.

Dengan ini Saya menyatakan Mahasiswa tersebut telah selesai revisi.

No	Nama	Jabatan	Paraf	Tanggal
1	Moch. Solikin, M.Kes.	Ketua Penguji		21/4 - 2016
2	Sukaswanto, M.Pd.	Sekretaris Penguji		21/4 - 2016
3	Lilik Chaerul Yuswara, M.Pd	Penguji Utama		21/4 - 2016

Keterangan :

1. Arsip Jurusan
2. Kartu wajib dilampirkan dalam laporan Proyek Akhir D3/S1