

**ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR BENSIN PADA KENDARAAN
HEMAT ENERGI JENIS *PROTOTYPE* DENGAN SISTEM INJEKSI
UNTUK KONTES MOBIL HEMAT ENERGI**



**HERNELLI IDHA
5315125277**

**Skripsi ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR BENSIN PADA KENDARAAN HEMAT ENERGI JENIS *PROTOTYPE* DENGAN SISTEM INJEKSI UNTUK KONTES MOBIL HEMAT ENERGI

Nama : HERNELLI IDHA

No. Reg : 5315125277

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

TANDA TANGAN TANGGAL

Dosen Pembimbing 1

1. Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T 1 1
NIP. 197602052006041001

Dosen Pembimbing 2
2. Dr. Catur Setyawan K. 2 06/03 -2017
NIP. 197102232006041001

DOSEN PENGUJI

NAMA

TANDA TANGAN TANGGAL

Ketua

a. Dr. Eng. Agung Premono, M.T 04/3 2017
NIP. 197705012001121002

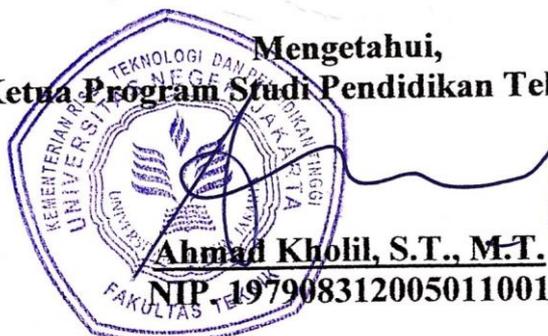
Sekretaris

b. I Wayan Sugita, S.T., M.T 2 7/3 /2017
NIP. 197908312005011001

Dosen Ahli

c. Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T 3 7/3 /2017
NIP. 1976042220066041001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin


Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP. 197908312005011001

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi/ karya inovatif saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi.

Jakarta, 17 Februari 2017

Yang membuat pernyataan



ABSTRAK

HERNELLI IDHA. Analisis konsumsi bahan bakar bensin pada kendaraan hemat energi jenis *prototype* dengan sistem injeksi untuk kontes mobil hemat energi. Pembimbing Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T. dan Dr. Catur Setyawan Kusumohadi. Skripsi, Jakarta: Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Januari 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kecepatan dan cara pengendalian optimum pada kendaraan *prototype* hemat energi sehingga mendapatkan konsumsi bahan bakar yang optimal untuk kontes mobil hemat energi. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh *Air Fuel Ratio* terhadap konsumsi bahan bakar. Semua pengujian dalam penelitian ini mengacu pada regulasi Kones Mobil Hemat Energi.

Dalam penelitian ini, pengujian yang dilakukan adalah pengujian dengan variabel kecepatan 20 km/jam, 25 km/jam dan 30 km/jam. Dan dengan dua cara pengendalian yang berbeda yaitu, kontinuitas dan *stop and go*. Proses pengujian diawali dengan pengaturan AFR. Setelah AFR optimal didapat, dilanjutkan dengan *race* sejauh 1.86km (2 lap) dengan variabel kecepatan dan cara pengendalian yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai konsumsi bahan bakar setelah dikonversi pada kecepatan 20 km/jam dengan sistem kontinuitas sebesar 58.125 km/l, 25 km/jam sebesar 62 km/l dan 30 km/jam sebanyak 70.18868 km/l sedangkan dengan sistem *stop and go* pada kecepatan 20km/jam didapatkan hasil sebesar 413.3 km/l, 25 km/jam sebesar 344.4 km/l dan 30 km/jam sebesar 241.558 km/l. Berdasarkan hasil tersebut didapat kecepatan dan cara pengendalian optimum pada kecepatan 20 km/jam dan cara pengendalian *stop and go*.

Kata kunci: Prototype, Bensin, KMHE,.

ABSTRACT

HERNELLI IDHA. Analysis Gasoline Consumption at Economic Energy Vehicles (Prototype) with Injection System for Energy Efficient Car Contest. Supervisor Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T. and Dr. Catur Setiawan Kusumohadi. Thesis, Jakarta: Education of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta. January 2017.

The purpose of study is gaining optimum speed and optimum way to control the economic energy vehicle so the consumption of gasoline is being optimum to using at energy efficient car contest. This study was also conducted to determine the effect of Air Fuel Ratio on fuel consumption. All tests in this study refers to the regulation of Energy Efficient Car Contest.

In this study, tests were conducted are race with a variable speed of 20 km/h, 25 km/h and 30 km/h and with two different control methods, continuity methods and stop and go methods. The testing process begins with setting the AFR. Once the optimal AFR obtained, continued by a race with distance 1.86 km (2 laps) and a variable speed and different ways on controlling prototype.

Based on test results, obtained the value of fuel consumption after converted at speed of 20 km/h with a system of continuity is 58.125 km/l, 25 km/h by 62 km/l and 30 km/h as much 70.18868 km/l Whereas, with a stop and go system at speed 20km/h is obtained at 413.3 km/l, 25 km/h at 344.4 km/l and 30 km/h at 241.558 km/l. Based on the results, obtained optimum speed at 20 km/h and the optimum way of controlling prototype with using method stop and go.

Keywords: Prototype, Gasoline, KMHE ..

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb

Puji syukur senantiasa terpanjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Analisis konsumsi bahan bakar bensin pada kendaraan hemat energi jenis *prototype* dengan sistem injeksi untuk kontes mobil hemat energi”**.

Begitu banyak pelajaran dan pengalaman baru yang diperoleh selama proses pengerjaan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T, MT., selaku Ketua Program Studi SI Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Dr. Catur Setyawan Kusumohadi. selaku dosen pembimbing II.
4. Bapak Dr. C. Rudy Prihantoro, M. Pd., selaku pembimbing akademik.
5. Bapak Hery Alfian dan Ibu Sumarsih, selaku orangtua yang tiada hentinya memberikan motivasi, nasihat, semangat, dan do'a khususnya selama penulisan skripsi ini.
6. Segenap dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan bekal ilmu bagi penulis.
7. Segenap karyawan dilingkungan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNJ.
8. Kepada teman-teman seperjuangan Teknik Mesin S1 Non Reguler 2012 yang selalu memberikan semangat. Yang tidak bisa di sebutkan satu persatu untuk semangat dan solidaritasnya.
9. Muhammad Ulil Amri, yang selalu memberikan dukungan, bantuan, semangat dan doa.
10. Batavia Team Universitas Negeri Jakarta yang senantiasa membantu penelitian ini.

11. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis sangat menyadari akan keterbatasan dari penulis sehingga skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun sangat penulis harapkan. Harapan penulis adalah semoga skripsi ini dapat menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat.

Jakarta, 17 Februari 2017



Hernelli Idha

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Motor Bakar.....	7
2.2 Prinsip dan Cara Kerja Mesin 4 Langkah.....	8
2.3 Perbandingan Kompresi.....	11
2.4 Sistem Bahan Bakar.....	12
2.4.1 Sistem Karburator.....	12
2.4.2 Sistem Injeksi.....	12
2.4.3 Komponen Sistem Injeksi.....	13
2.5 Busi Percik.....	28
2.5.1 Konstruksi <i>Spark Plug</i>	29
2.6 Bahan bakar.....	31
2.8 Perbandingan udara bahan bakar (AFR).....	32
2.9 Efisiensi Volumetris.....	33
2.10 Konsumsi Bahan bakar spesifik (<i>Specific Fuel Consumption, sfc</i>).....	34
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	36
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	36
3.3 Prosedur Penelitian.....	45
3.3.1 Uraian Prosedur Penelitian.....	46
3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data.....	47
3.4.1 Pengaturan <i>Air Fuel Ratio</i>	47
3.4.2 Pengujian untuk mendapatkan kecepatan dan cara pengendalian yang optimal.....	48
3.5 Teknik Analisis Data.....	49

BAB IV PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Deskripsi Hasil Penelitian	50
4.2 Analisis Data Penelitian.....	51
4.2.1 Perbandingan AFR dengan variasi cara pengemudian.....	51
4.2.2 Perbandingan TPS dengan variasi cara pengemudian	52
4.2.3 Perbandingan nilai konsumsi bahan bakar dengan variasi cara pengemudian	54
4.2.4 Konsumsi Bahan Bakar Pada Setiap Pengujian	55
4.3 Pembahasan	57
4.3.1 Cara Pengendalian Kontinuitas.....	57
4.3.2 Cara Pengendalian Stop and Go.....	58
4.4 Aplikasi Hasil Penelitian.....	58
 BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
 DAFTAR PUSTAKA.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. (a) Diagram P-v dan (b) Diagram T-s Siklus Otto	8
Gambar 2.2. Sistem Aliran Bahan Bakar.....	13
Gambar 2.3. Tangki Bahan Bakar.....	15
Gambar 2.4. Saringan Bahan Bakar.....	15
Gambar 2.5. Pompa Bahan Bakar.....	16
Gambar 2.6. Konstruksi <i>Fuel Pressure Regulator</i>	17
Gambar 2.7. Selang Bahan Bakar.....	18
Gambar 2.8. Sistem Kontrol Elektronik.....	19
Gambar 2.9. <i>Modulated Air Quantity Sensor</i>	19
Gambar 2.10. Letak <i>Intake Air Temperature Sensor</i>	20
Gambar 2.11. Bagian-bagian Sensor Tekanan Udara.....	21
Gambar 2.12. Sensor Posisi Katup Gas.....	22
Gambar 2.13. Bentuk Sinyal Pada Sensor Posisi Poros Engkol.....	23
Gambar 2.14. <i>Crankshaft Position Sensor</i>	23
Gambar 2.15. Sensor Suhu Mesin.....	24
Gambar 2.16. Hubungan Sensor Suhu Mesin dengan ECU.....	24
Gambar 2.17. Letak Sensor O ₂	25
Gambar 2.18. Diagram Kerja ECU.....	26
Gambar 2.19. Konstruksi <i>Injector</i>	27
Gambar 2.20. <i>Idle Speed Control</i>	28
Gambar 2.21. Konstruksi Bagian Busi.....	29
Gambar 2.22. Jenis Busi Berdasarkan Heat Range.....	30
Gambar 3.1. <i>Prototype</i> Bensin “Si Pitung”.....	37
Gambar 3.2. <i>Wide Band Air Fuel Ratio Meter</i>	39
Gambar 3.3. <i>Electronic Control Unit (ECU)</i>	40
Gambar 3.4. <i>Regulator</i>	40
Gambar 3.5. <i>Petbottle</i>	41
Gambar 3.6. <i>Speedometer</i>	42
Gambar 3.7. Tabung Ukur.....	42
Gambar 3.8. Tabung Bahan Bakar.....	43
Gambar 3.9. Bensin RON 98.....	43
Gambar 3.10. <i>Stopwatch</i>	44
Gambar 3.11. <i>Laptop dan Software</i>	44
Gambar 4.1. Grafik perbandingan AFR di kecepatan 20 km/jam.....	51
Gambar 4.2. Grafik perbandingan AFR di kecepatan 25 km/jam.....	52
Gambar 4.3. Grafik perbandingan AFR di kecepatan 30 km/jam	52
Gambar 4.4. Grafik perbandingan TPS di kecepatan 20 km/jam	53
Gambar 4.5. Grafik perbandingan TPS di kecepatan 25 km/jam	53
Gambar 4.6. Grafik perbandingan TPS di kecepatan 30 km/jam	53
Gambar 4.7. Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar di kecepatan 20 km/jam.....	54
Gambar 4.8. Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar di kecepatan 25 km/jam	55
Gambar 4.9. Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar di kecepatan 30 km/jam	55
Gambar 4.10. Grafik hasil konversi konsumsi bahan bakar.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Konsumsi Bahan Bakar.....	56
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Konsumsi Bahan Bakar Pada Setiap Pengujian.....	62
Lampiran 2	Dokumentasi.....	65
Lampiran 3	Tampilan Software Tuning.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Universitas Negeri Jakarta sebagai salah satu Perguruan Tinggi Negeri terbesar di Jakarta ikut berpartisipasi dalam perlombaan Kontes Mobil Hemat Energi 2015 yang diselenggarakan di Stadion Kanjuruhan, Malang. KMHE (Kontes Mobil Hemat Energi) merupakan sebuah *event* nasional yang diadakan oleh DIKTI yang bekerjasama dengan Universitas Brawijaya yang bertujuan untuk memberikan wadah bagi mahasiswa teknik seluruh Indonesia untuk mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang didapat dari bangku kuliah serta meningkatkan kreatifitas, disiplin, serta kemampuan *soft skill* dan *hard skill* mereka. Kegiatan yang diadakan ini untuk menguji kemampuan dalam perancangan dan pembangunan kendaraan yang aman, irit dan ramah lingkungan. Kegiatan ini diikuti oleh mahasiswa seluruh universitas / institut / politeknik di Indonesia yang memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh panitia.

Dunia otomotif di seluruh dunia kini menghadapi masalah harga tinggi dan menipisnya bahan bakar fosil sebagai kendaraan sumber energi primer. Saat ini semua produsen otomotif di dunia berlomba-lomba untuk membuat produk otomotif dan bahan bakar efisien atau menggunakan bahan bakar alternatif selain minyak bumi.

Situasi ini seperti membuat semua produsen otomotif harus kembali ke titik nol pada pengembangan teknologi¹.

Kondisi ini ideal bagi Indonesia untuk terjun dalam pengembangan teknologi otomotif terbaru yang menggunakan sedikit bahan bakar. Kegiatan ini diharapkan dapat mempercepat penguasaan teknologi otomotif terbaru di Indonesia yang akan digunakan untuk melestarikan atau menggunakan bahan bakar alternatif.

Acara ini dimulai sejak tahun 2012. Pada awalnya, acara ini bernama *Indonesia Energy Marathon Challenge* yang bekerja sama dengan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan berlangsung selama 3 tahun. Kegiatan ini diselenggarakan di sirkuit Kenjeran, Surabaya. Dan di tahun ke-4, acara ini bernama Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Acara ini diikuti oleh 62 tim dari 32 perguruan tinggi yang sudah terseleksi.

Dalam KMHE (Kontes Mobil Hemat Energi) ini, ada dua kategori mobil yang diperlombakan, yakni:

1. *Prototype* merupakan kendaraan masa depan dengan desain khusus yang memaksimalkan aspek aerodinamika
2. *Urban Concept* merupakan kendaraan roda empat yang dirancang hampir menyerupai mobil pada umumnya, namun dengan dimensi yang lebih kecil.

Semua kendaraan yang dibuat oleh peserta harus melewati beberapa tahap inspeksi sebagai persyaratan mengikuti lomba, jika mobil yang di inspeksi tidak memenuhi standar yang diberlakukan oleh panitia,

¹ <http://semar.ugm.ac.id/iemc-2013/> diakses pada tanggal 12 September 2016 pukul 13.40 WIB.

maka mobil tersebut tidak akan diijinkan mengikuti balapan. Mobil akan di inspeksi ulang dan harus sesuai dengan regulasi yang telah diberikan.

Dalam kategori *prototype*, kendaraan dibagi lagi ke dalam beberapa kelas berdasarkan bahan bakar yang digunakan, diantaranya adalah:

1. *Prototype* bensin
2. *Prototype* listrik
3. *Prototype* etanol
4. *Prototype* diesel

Untuk membuat kendaraan hemat energi, tentu diperlukan beberapa aspek yang mempengaruhi penghematan konsumsi bahan bakar, diantaranya:

1. Aerodinamika kendaraan
2. Material badan dan rangka kendaraan
3. Teknik *driver* pengendalian
4. Meminimalisasi gaya gesek terhadap bantalan ban
5. Rancangan mesin yang ideal

Perancangan mesin yang ideal mempunyai peranan yang cukup besar untuk membuat konsumsi bahan bakar semakin efisien di dalam perancangan kendaraan *prototype* hemat energi. Dan semua hal tersebut harus sesuai dengan peraturan yang diberlakukan oleh panitia KMHE.

Hal tersebut menimbulkan masalah bagaimana cara agar mendapatkan kecepatan dan sistem pengendalian yang optimum agar konsumsi bahan bakar juga dapat optimal. Mesin juga harus diatur agar

tetap stabil saat *race* dengan menggunakan sistem pengendalian *stop and go* maupun sistem kontinuitas, dengan jarak tempuh yang telah ditentukan.

Berdasarkan masalah diatas maka penelitian ini mengambil judul: Analisis konsumsi bahan bakar bensin pada kendaraan hemat energi jenis *prototype* dengan sistem injeksi untuk Kontes Mobil Hemat Energi.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah diatas dapat diambil beberapa identifikasi masalah yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana spesifikasi mesin yang digunakan?
2. Bagaimana mendapatkan kecepatan optimum untuk kendaraan *prototype* hemat energi?
3. Bagaimana sistem kemudi yang optimal untuk kendaraan *prototype* hemat energi?
4. Bagaimana spesifikasi mesin yang sesuai dengan persyaratan yang diberikan oleh panitia KMHE?

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta identifikasi masalah, pembatasan masalah dalam penulisan ini sebatas mengenai struktur mesin dimana:

1. Skripsi ini hanya membahas masalah konsumsi bahan bakar bensin pada kendaraan *prototype* hemat energi.
2. Kemampuan mesin untuk meminimalisasi konsumsi bahan bakar.

3. Hasil didapatkan melalui *test drive* berdasarkan prosedur pengujian sesuai regulasi KMHE.
4. AFR maksimal sebesar 1:15

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas, maka perumusan masalah terdapat pada, apa yang dilakukan pada mesin, agar mendapatkan konsumsi bahan bakar yang optimal pada kendaraan jenis *prototype* yang sesuai dengan regulasi Kontes Mobil Hemat Energi?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah:

1. Menganalisis sistem pengendalian (*stop and go* dan kontinuitas) yang optimum pada kendaraan jenis *prototype* yang dibuat dengan standar regulasi KMHE dan diuji dengan *test drive* sesuai regulasi KMHE.
2. Mendapatkan kecepatan optimum agar dapat menghasilkan konsumsi bahan bakar yang optimal.
3. Menganalisis nilai dari konsumsi bahan bakar kendaraan *prototype*.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan kreatifitas mahasiswa dalam memaksimalkan pengetahuan selama di bangku perkuliahan untuk mengatur sistem

injeksi pada kendaraan *prototype* agar tujuan yang diinginkan tercapai.

2. Diharapkan dapat menjadi referensi tentang proses penelitian pengaturan sistem injeksi pada kendaraan *prototype* dan dapat dijadikan bahan masukan khususnya bagi mahasiswa program studi teknik mesin dalam pengaplikasian kuliah mekanika otomotif.
3. Memberikan solusi kemudahan dalam membuat pengaturan sistem injeksi pada *prototype* yang mempunyai efisiensi konsumsi bahan bakar yang optimal.
4. Diharapkan dapat menganalisis nilai konsumsi bahan bakar.
5. Untuk memperluas wawasan dan pengetahuan penulis.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Motor Bakar

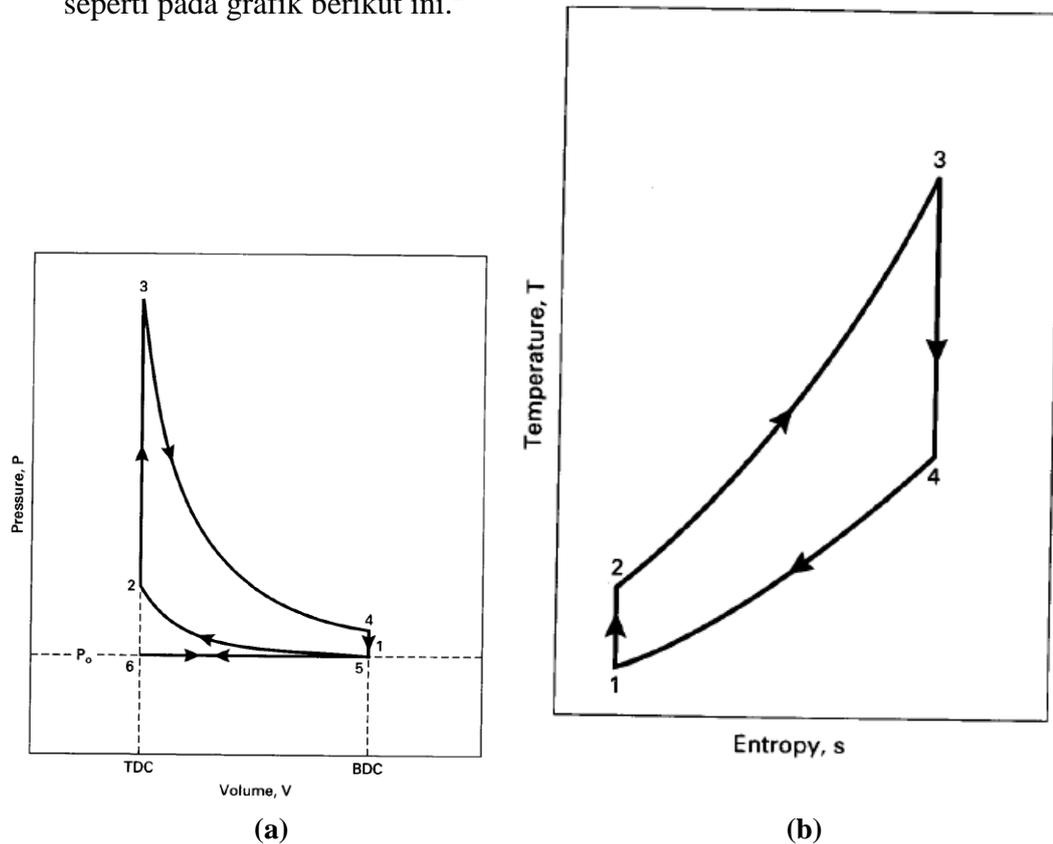
Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Sebagai contoh mesin uap, dimana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah.

Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah konstruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan efisiensi totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin pembakaran luar keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan-bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar dengan bahan bakar murah. Pembangkit tenaga listrik banyak menggunakan mesin uap. Untuk kendaraan transpot mesin uap tidak banyak dipakai dengan pertimbangan konstruksinya yang besar

dan memerlukan fluida kerja yang banyak.

2.2 Prinsip dan Cara Kerja Mesin 4 Langkah

Prinsip kerja dari motor bensin 4 langkah sesuai dengan siklus otto seperti pada grafik berikut ini.²



Gambar 2.1. (a) Diagram P-v dan (b) Diagram T-s Siklus Otto

Berdasarkan Gambar 2.1 langkah kerja yang dilakukan pada mesin bensin 4 langkah adalah sebagai berikut :

² Willard W. Pulkrabek, *Engineering Fundamentals Of the Internal Combustion Engine* (New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1997) h.75

1. Langkah hisap Isobarik (6 – 1)

Piston bergerak dari TMA ke TMB dengan pembukaan katup hisap, dan katup buang yang tertutup pada waktu yang bersamaan. Sehingga ini menciptakan peningkatan volume didalam ruang bakar, dan menyebabkan kevakuman. Hasil dari perbedaan tekanan yang terjadi antara tekanan atmosfer di luar dengan kevakuman yang ada di dalam ruang bakar membuat udara tertekan masuk ke dalam silinder. Ketika udara dimasukkan ke ruang bakar, sejumlah bahan bakar pun di masukkan sehingga keduanya bercampur.

2. Langkah Kompresi Isentropik (1 – 2)

Ketika piston mencapai TMB, katup hisap menutup dan piston bergerak kembali ke TMA. Saat ini semua katup tertutup sehingga campuran udara dan bahan bakar terkompresi, yang kemudian meningkatkan baik tekanan maupun temperatur di dalam silinder. Awal langkah kompresi ini terjadi beberapa derajat setelah TMB.

3. Pembakaran (2 – 3)

Proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara terjadi ketika posisi piston beberapa derajat / sesaat sebelum TMA, dan berakhir sesaat setelah TMA. Pembakaran meningkatkan temperatur dan tekanan secara signifikan. Proses ini yang membedakan mesin SI dengan yang lainnya yaitu dengan memercikan bunga api kepada campuran bahan bakar dan udara untuk memulai pembakaran.

4. Langkah Ekspansi Isentropik (3-4)

Dalam kondisi semua katup tertutup, tekanan yang tinggi yang diciptakan oleh proses pembakaran mendorong piston menjauh dari TDC menuju BDC, sehingga volum meningkat, menyebabkan penurunan pada tekanan dan temperatur.

5. *Exhaust Blowdown* Isokhorik (4-5)

Ketika piston berada sesaat sebelum TMB, katup buang terbuka. Akibatnya terjadi perbedaan tekanan antara tekanan di dalam silinder (yang masih bertekanan dan bertemperatur relatif tinggi) dengan atmosfer (yang relatif bertekanan dan bertemperatur lebih rendah). Kondisi ini menyebabkan gas buang terdorong keluar dari silinder ketika katup buang terbuka, akibat tekanannya sendiri.

6. Langkah Buang Isobarik (5-6)

Ketika piston mencapai TMB *exhaust blowdown* telah sempurna, namun di dalam silinder tetap berisi gas buang dengan tekanan yang mendekati tekanan atmosfer. Kondisi katup buang masih tetap terbuka, dan pada waktu yang sama piston bergerak dari TMB menuju TMA. Ini mengakibatkan sisa gas buang terdorong keluar dari silinder melalui sistem pembuangan. Kemudian proses kembali ke langkah hisap saat piston mulai bergerak menuju TMB dan katup buang tertutup.

2.3 Perbandingan kompresi (*compression ratio*)³

Perbandingan kompresi (r) adalah mencirikan seberapa banyak campuran bahan-bakar dan udara yang masuk silinder pada langkah hisap, dan yang dimampatkan pada langkah kompresi.

Perbandingannya adalah antara volume langkah dan ruang bakar ($V_d + V_c$) yaitu pada posisi piston di TMB, dengan volume ruang bakar (V_c) yaitu pada posisi piston di TMA, dapat dirumuskan dengan persamaan ;

$$r = \frac{\text{volume silinder pada posisi piston di TMB}}{\text{volume silinder pada posisi piston di TMA}}$$

$$r = \frac{V_d + V_c}{V_c}$$

Dari rumus efisiensi termal dapat dilihat bahwa dengan menaikkan rasio kompresi akan menaikkan efisiensi, dengan kata lain tekanan pembakaran bertambah dan mesin akan menghasilkan daya berguna yang lebih besar. Akan tetapi, kenaikan tekanan pembakaran didalam silinder dibarengi dengan kenaikan temperatur pembakaran dan ini menyebabkan pembakaran awal, peristiwa ini disebut dengan *knocking* yang menyebabkan daya mesin turun.

Pada mesin diesel rasio kompresi lebih tinggi dibanding dengan mesin bensin. Rasio kompresi semakin tinggi pada mesin diesel dibarengi dengan kenaikan efisiensi. Kenaikan rasio kompresii akan menaikkan tekanan pembakaran, kondisi ini akan memerlukan material yang kuat sehingga bisa menahan tekanan dengan temperatur tinggi. Material yang

³ Ibid h.41

mempunyai kualitas tinggi harus dibuat dengan teknologi tinggi dan harganya mahal, sehingga secara keseluruhan menjadi tidak efektif.

2.4 Sistem bahan bakar

2.4.1 Sistem Karburator⁴

Karburator adalah sebuah alat yang mencampur udara dan bahan bakar untuk sebuah mesin pembakaran dalam. Pada dasarnya karburator bekerja menggunakan prinsip Bernoulli, semakin cepat udara bergerak maka semakin kecil tekanan statisnya, namun makin tinggi tekanan dinamisnya. Pedal gas sebenarnya tidak secara langsung mengendalikan besarnya aliran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Pedal gas sebenarnya mengendalikan katup dalam karburator untuk menentukan besarnya aliran udara yang dapat masuk keruang bakar. Udara bergerak dalam karburator inilah yang memiliki tekanan untuk menarik serta bahan bakar masuk kedalam ruang bakar.

2.4.2 Sistem Injeksi⁵

Injeksi bahan bakar adalah sebuah teknologi yang digunakan dalam mesin pembakaran dalam untuk mencampur bahan bakar dengan udara sebelum di bakar. Penggunaan injeksi bahan bakar akan meningkatkan tenaga mesin bila dibandingkan dengan penggunaan karburator, karena injektor membuat bahan bakar tercampur secara homogen. Hal ini

⁴ Ibid h. 181

⁵ Ruswid, Modul 4 Elektronik Fuel Injection EFI, (Sirampog: SMK AL HIKMAH 1 SIRAMPOG 2008) h. 2

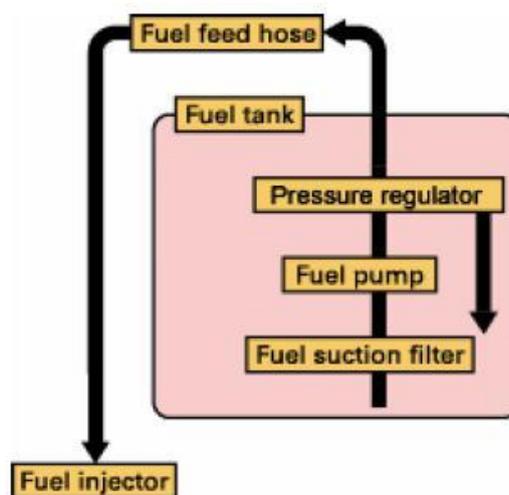
menjadikan injeksi bahan bakar dapat mengontrol pencampuran bahan bakar dan udara yang lebih tepat, baik dalam proporsi dan keseragaman.

Injeksi bahan bakar dapat berupa mekanikal, elektronik atau campuran dari keduanya. Sistem awal berupa mekanikal, namun sekitar tahun 1980-an mulai banyak menggunakan sistem elektronik. Sistem elektronik modern menggunakan banyak sensor untuk memonitor kondisi mesin, dan sebuah unit kontrol elektronik menghitung jumlah bahan bakar yang diperlukan. Oleh karena itu, injeksi bahan bakar dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi polusi, dan juga memberikan tenaga keluaran yang lebih.

2.4.3 Komponen sistem injeksi

1. Sistem Aliran Bahan Bakar

Sistem aliran bahan bakar meliputi komponen-komponen yang akan di jelaskan berikut ini:



Gambar 2.2 Sistem Aliran Bahan Bakar

(sumber: Jalius Jama, Teknik Sepeda Motor Jilid 2 Untuk SMK 2008)

a. Tangki Bahan Bakar (*Fuel Tank*)

Tangki bahan bakar (*Fuel Tank*) merupakan komponen yang berfungsi untuk menampung persediaan bahan bakar. Tangki bahan bakar pada Yamaha Mio J memiliki kapasitas 4,8 L.

Kapasitas tangki dibuat bermacam-macam tergantung dari besar kecilnya mesin. Bahan tangki umumnya dibuat dari plat baja dengan dilapisi pada bagian dalam dengan logam yang tidak mudah berkarat. Namun demikian terdapat juga tangki bensin yang terbuat dari alumunium.⁶

Struktur tangki tangki bahan bakar terdiri dari lubang pengisian bahan bakar yang berfungsi untuk saluran pengisian bahan bakar, penutup tangki (*Tank Cap*) yang berfungsi sebagai penutup lubang masuknya bahan bakar agar terlindung dari debu atau air dan sebagai lubang pernafasan udara serta untuk menjaga agar bensin tidak tumpah jika sepeda motor terbalik, *filler tube* yang berfungsi untuk menjaga melimpahnya bahan bakar pada saat ada guncangan (jika kondisi panas, bensin akan memuai).



⁶ Jalius Jama, Teknik Sepeda Motor Jilid 2 Untuk SMK (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008) h. 251

Gambar 2.3 Tangki Bahan Bakar

b. Saringan Bahan Bakar (*Fuel Suction Filter*)

Saringan bahan bakar (*Fuel Suction Filter*) berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran dan partikel asing lainnya dari bahan bakar agar tidak masuk ke pompa bahan bakar atau ke *injector*.



Gambar 2.4 Saringan Bahan Bakar

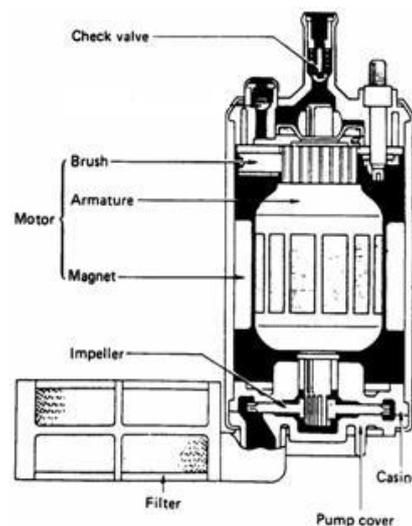
c. Pompa Bahan Bakar (*Fuel Pump*)

Pompa bahan bakar yang biasa digunakan pada mesin dengan sistem injeksi adalah pompa bahan bakar elektrik yang berfungsi untuk menghisap bahan bakar dari tangki dan menekannya ke sistem bahan bakar.⁷ Pompa bahan bakar yang biasa digunakan adalah tipe *in tank*. Tipe *in tank* artinya bahwa pompa bahan bakar berada di dalam tangki bahan bakar dengan posisi terendam bahan bakar.

Komponen pompa bahan bakar terdiri dari :

⁷ Ruswid, Modul 4 *Electronik Fuel Injection* EFI, (Sirampog: SMK AL HIKMAH 1 SIRAMPOG 2008) h. 7

- a) *Impeller* pada pompa bahan bakar yang berfungsi untuk menghisap bahan bakar dari tangki bahan bakar dan memompanya ke sistem aliran bahan bakar sehingga bahan bakar dapat bersirkulasi dengan tekanan tertentu.
- b) Motor listrik pada pompa bahan bakar yang berfungsi untuk memutar *impeller* agar dapat memompa bahan bakar. Komponen motor listrik terdiri dari *magnet* yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet yang dapat memutar *armature* akibat adanya aliran listrik, *armature* yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau putar, *commutator* yang berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari *brush* menuju ke *armature*, *brush* yang berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari sumber tegangan menuju ke *commutator*.
- c) *Check valve* pada pompa bahan bakar yang berfungsi untuk menahan bahan bakar bertekanan yang terdapat pada selang saluran bahan bakar ketika pompa berhenti agar bahan bakar tidak kembali ke dalam pompa bahan bakar atau ke dalam tangki bahan bakar.

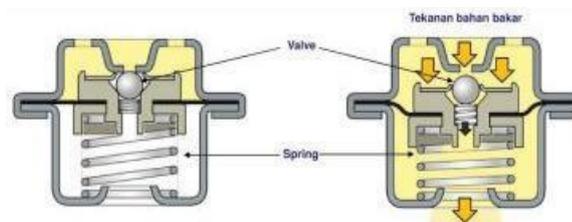


Gambar 2.5 Pompa Bahan Bakar

- d. *Fuel Pressure Regulator*

Perubahan tekanan bahan bakar akibat injeksi bahan bakar mengakibatkan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sedikit berubah. *Pressure regulator* berfungsi mengatur tekanan bahan bakar yang mengalir ke *injector*. Jumlah injeksi bahan bakar dikontrol sesuai lamanya sinyal yang diberikan ke *injector*, sehingga tekanan konstan pada *injector* harus dipertahankan.⁸

Fuel pressure regulator mengatur tekanan bahan bakar di dalam sistem aliran bahan bakar agar tetap konstan. Contohnya pada Yamaha Mio J YMJET-FI tekanan dipertahankan pada 250 kPa (2.50 kg/cm², 35.6 psi). Bila bahan bakar yang dipompa menuju injektor terlalu besar (tekanan bahan bakar melebihi 250 kPa (2.50 kg/cm², 35.6 psi)) *pressure regulator* mengembalikan bahan bakar ke dalam tangki.



Gambar 2.6 Konstruksi *Fuel Pressure Regulator*

e. Selang Bahan Bakar (*Fuel Feed Hose*)

⁸ Tim fakultas teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Pemeliharaan/Servis Sistem Bahan Bakar Bensin (Yogyakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2004) h. 66

Selang bahan bakar berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tangka menuju ke *injector*. Selang dirancang harus tahan tekanan bahan bakar akibat dipompa dengan tekanan minimal sebesar tekanan yang dihasilkan oleh pompa.⁹



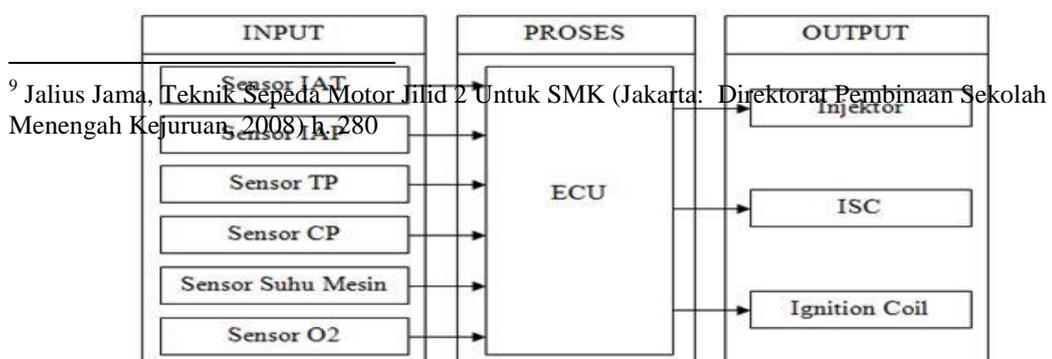
Gambar 2.7 Selang Bahan Bakar

1. Komponen Sistem Kontrol Elektronik

Sistem kontrol elektronik dari sistem bahan bakar injeksi terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

- a. Bagian *Input*
- b. Bagian *Proses*
- c. Bagian *Output*

Sistem kontrol elektronik merupakan sistem yang mengatur suplai bahan bakar pada sistem *fuel injection* agar bahan bakar dapat di injeksikan pada saat dan jumlah volume yang tepat berdasarkan kondisi kerja mesin.



Gambar 2.8 Sistem Kontrol Elektronik

Komponen sistem kontrol elektronik terdiri dari beberapa bagian yaitu

:

1. Bagian *Input*

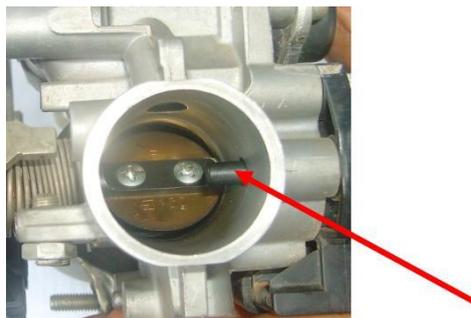
Sistem FI menggunakan sensor MAQS (*Modulated Air Quantity Sensor*) yang merupakan serangkaian dari beberapa sensor yang terdiri dari sensor suhu udara masuk (*Intake Air Temperature Sensor*), sensor tekanan udara masuk (*Intake Air Pressure Sensor*), dan sensor posisi katup gas (*Throttle Position Sensor*) yang terletak dalam satu komponen.



Gambar 2.9 MAQS (*Modulated Air Quantity Sensor*)

- a. Sensor Suhu Udara Masuk (*Intake Air Temperature Sensor*)

Sensor suhu udara masuk (*Intake Air Temperature Sensor*) berfungsi untuk memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang suhu udara yang masuk ke *intake manifold*. Tegangan referensi/suplai dari ECU selanjutnya akan berubah menjadi tegangan sinyal yang nilainya dipengaruhi oleh suhu udara masuk.¹⁰



Gambar 2.10 Letak *Intake Air Temperature Sensor*

Sensor suhu udara masuk terbuat dari *thermistor*. *Thermistor* adalah komponen elektronika yang merupakan bahan *solid-state variable resistor* (bahan yang memiliki tahanan listrik berubah-ubah akibat adanya perubahan suhu) yang terbuat dari *semiconductor*. Sensor suhu udara menggunakan *thermistor* dengan tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*), dimana nilai tahanannya akan berkurang bila *temperature* naik (nilai tahanan berbanding terbalik terhadap *temperature*).

b. Sensor Tekanan Udara Masuk (*Intake Air Pressure Sensor*)

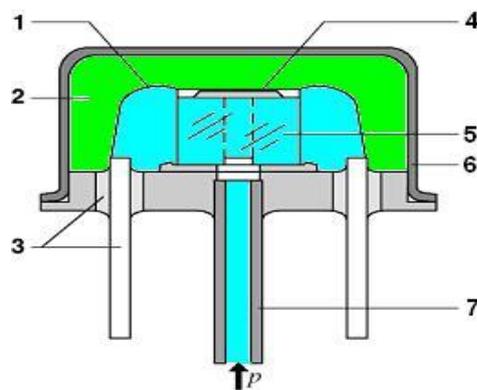
Sensor tekanan udara masuk (*Intake Air Pressure Sensor*) memiliki saluran udara yang terhubung ke *intake manifold* dan terletak setelah katup gas. Sensor tekanan udara masuk merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi beban mesin melalui tekanan udara yang

¹⁰ Hidayatullah, Arif dan M. Alaika Salamulloh, *Servis Sistem Bahan Bakar Sepeda Motor* (Yogyakarta: PT. PUSTAKA INSAN MADANI 2012) h. 43

masuk ke *intake manifold* dan memberikan sinyal hasil deteksi ke ECU berupa referensi tegangan yang selanjutnya digunakan ECU untuk menentukan durasi penginjeksian bahan bakar atau banyaknya bahan bakar yang di injeksikan.

Sensor tekanan udara masuk terbuat dari *Piezo Resistive* yang merupakan bahan yang nilai tahanannya tergantung dari perubahan bentuknya. *Piezo resistive* dibuat berbentuk diafragma/membran *silicon chip* antara ruangan referensi (kevakuman = 0,2 bar) dan ruangan yang terhubung dengan *intake manifold*.

Perbedaan tekanan antara ruang referensi dengan *intake manifold* berakibat perubahan lengkungan pada membran *silicon chip*. Pengolah sinyal merubah menjadi tegangan sinyal.



Gambar 2.11 Bagian-Bagian Sensor Tekanan Udara Masuk

Keterangan :

1,3 = konektor

2 = vakum referensi

4 = silicon chip ukur

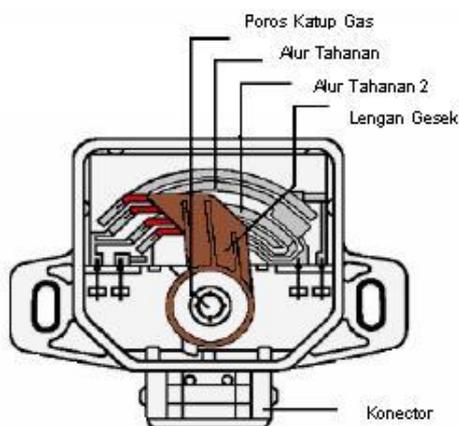
5 = gelas isolator

6 = rumah vacuum

7 = input vacuum

c. Sensor Posisi Katup Gas (*Throttle Position Sensor*)

Sensor posisi katup gas (*Throttle Position Sensor*) merupakan sebuah tahanan geser dengan bahan karbon arang, berfungsi untuk mengetahui posisi (derajat) pembukaan katup gas guna mengoreksi AFR (*Air Fuel Ratio*), pendeteksi perlambatan bersama-sama dengan sensor RPM untuk *fuel cut-off* dan untuk mendeteksi beban maksimum.¹¹

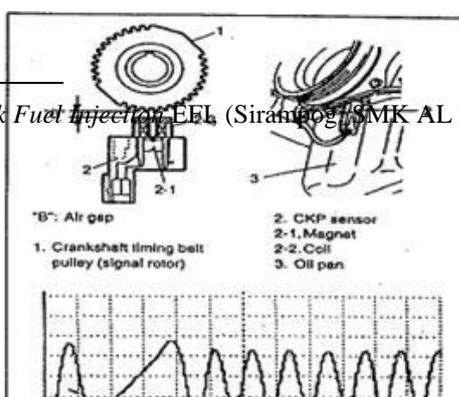


Gambar 2.12 Sensor Posisi Katup Gas (Ruswid, 2008:12)

(sumber: Ruswid, Modul 4 *Elektronik Fuel Injection EFI*, 2008)

d. Sensor Posisi Poros Engkol (*Crankshaft Position Sensor*)

Crankshaft Position Sensor terdiri dari magnet dan *coil* yang ditempatkan di bagian atas rotor AC magneto pada kendaraan, saat mesin berputar *Crankshaft Position Sensor* menghasilkan pulsa tegangan listrik seperti pada grafik.



¹¹ Ruswid, Modul 4 *Elektronik Fuel Injection EFI*, (Sirampong/SMK AL HIKMAH 1 SIRAMPOG 2008) h. 12

Gambar 2.13 Bentuk sinyal pada sensor posisi poros engkol

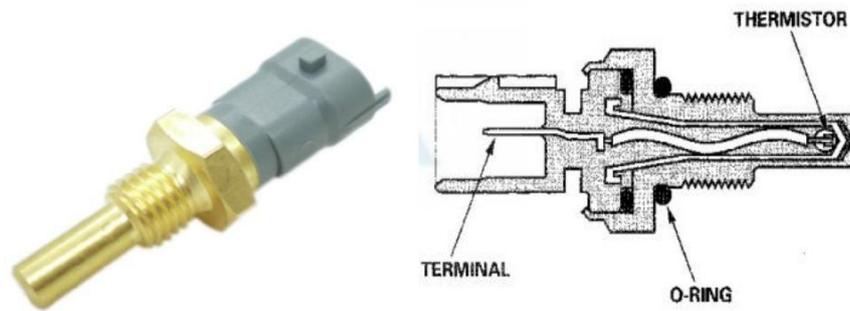
Crankshaft Position Sensor digunakan sebagai sensor utama untuk mendeteksi putaran mesin, output signal dari *Crankshaft Position Sensor* dikirim ke ECU untuk menentukan *injection timing* dan besarnya *basic injection volume*.



Gambar 2.14 *Crankshaft Position Sensor*

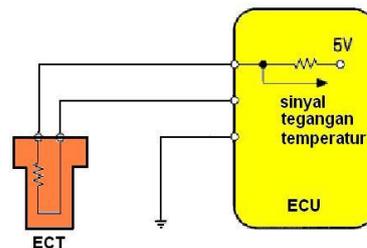
e. Sensor Suhu Mesin (*Engine Temperature Sensor*)

Sensor suhu mesin berfungsi untuk mendeteksi suhu mesin dan memberikan *input* sinyal deteksi ke ECU berupa referensi tegangan yang berbeda-beda berdasarkan suhu mesin yang terdeteksi yang akan digunakan ECU untuk menentukan banyaknya bahan bakar yang di injeksikan.



Gambar 2.15 Sensor Suhu Mesin

Sensor suhu mesin terbuat dari *thermistor*, yaitu sebuah *variable resistor* yang dipengaruhi oleh *temperature*. Kerja sensor suhu mesin sama dengan sensor suhu udara, hanya fungsi pendeteksiannya yang berbeda. Sensor suhu mesin berfungsi mendeteksi *temperature* oli mesin sebagai input ECU untuk mengoreksi besarnya penginjeksian bensin pada injector.



Gambar 2.16 Hubungan Sensor Suhu Mesin dengan ECU

f. Sensor O₂ (*O₂ Sensor*)

Sensor O₂ dipasangkan di *exhaust manifold* yang berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi oksigen pada gas buang kendaraan, menghitung perbandingan udara dan bensin, dan menginformasikan hasilnya pada ECU



Gambar 2.17 Letak Sensor O2

2. Bagian proses

ECU (*Engine Control Unit*) merupakan komponen sistem bahan bakar yang akan menerima sinyal listrik dari sensor kemudian diolah untuk kemudian dijadikan garis perintah kepada *actuator*. ECU mendapat suplai tegangan listrik dari baterai, yang selanjutnya tegangan listrik tersebut akan dialirkan ke sensor dan *actuator* yang besar kecilnya tegangan disesuaikan dengan kapasitas sensor ataupun *actuator*.¹²

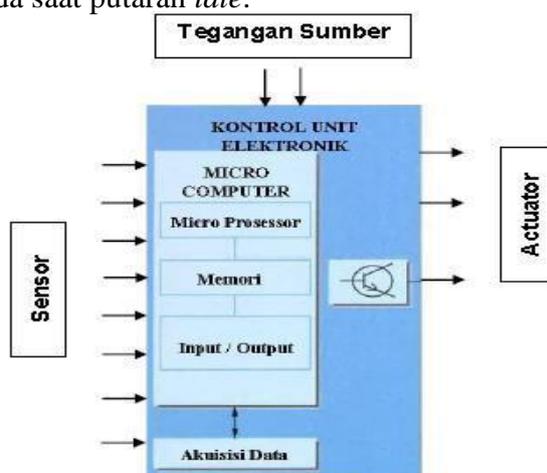
Cara kerja ECU (*Engine Control Unit*) :

ECU menerima dan menghitung seluruh informasi/data yang diterima dari masing-masing sinyal sensor yang ada didalam mesin. Informasi yang diperoleh dari sensor antara lain berupa informasi tentang suhu udara masuk, suhu oli mesin, tekanan udara masuk, posisi katup gas, putaran mesin atau posisi poros engkol, dan informasi yang lainnya. Pada umumnya sensor bekerja pada tegangan antara 0 volt sampai 5 volt. Selanjutnya ECU menggunakan informasi-informasi yang telah diolah tadi untuk menghitung dan menentukan saat (*timing*) dan lamanya injektor

¹² Ibid, h. 9

bekerja/menyemprotkan bahan bakar dengan mengirimkan tegangan listrik ke solenoid injector.¹³

Tegangan (sinyal) yang dialirkan ke *injector* untuk menentukan *timing* injeksi berdasarkan input dari sensor posisi poros engkol agar di hasilkan waktu saat injeksi yang tepat, sedangkan lamanya injeksi berdasarkan input dari sensor suhu udara masuk, sensor posisi katup gas, sensor tekanan udara masuk, sensor suhu mesin dan sensor O₂ agar dihasilkan campuran udara dan bahan bakar yang tepat serta jumlah injeksi bahan bakar yang tepat. Sedangkan tegangan (sinyal) yang dialirkan ke ISC untuk menentukan pembukaan katup udara, untuk mengatur udara yang masuk pada saat putaran *idle*.



Gambar 2.18 Diagram Kerja ECU

Bagian-bagian ECU :

- *Micro Processor* berfungsi untuk mengatur jalannya perintah dan mengambil keputusan data yang telah diolah berdasarkan informasi dari data yang tersimpan pada *memory*.

¹³ Jalius Jama, Teknik Sepeda Motor Jilid 2 Untuk SMK (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008) h. 283

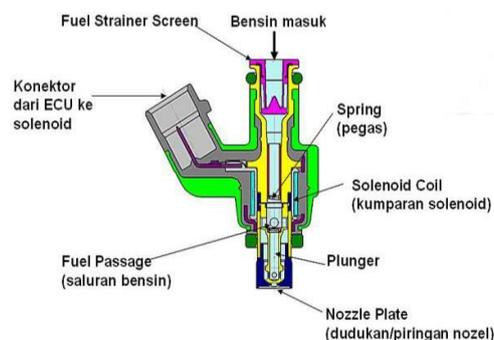
- *Memory* berfungsi untuk Menyimpan data-data input yang siap diinformasikan ke *micro processor*.
- *Input* berfungsi untuk memberikan informasi berupa sinyal listrik ke memory untuk diproses oleh *micro processor*.
- *Akuisi Data* berfungsi untuk membedakan data yang telah diproses oleh *micro processor* kemudian diinformasikan ke *output*.
- *Output* berfungsi untuk memberikan sinyal listrik yang dihasilkan oleh akuisi data ke aktuator-aktuator.

12. Bagian *output*

a. *Injector*

Injector adalah salah satu bagian dari sistem bahan bakar injeksi yang akan mengabutkan bahan bakar agar terjadi proses pencampuran yang homogen antara udara dan bahan bakar. *Injector* dilengkapi dengan *plunger* yang akan membuka dan menutup saluran bahan bakar dan kerja *plunger* dikontrol oleh solenoid yang mendapat instruksi dari ECU.

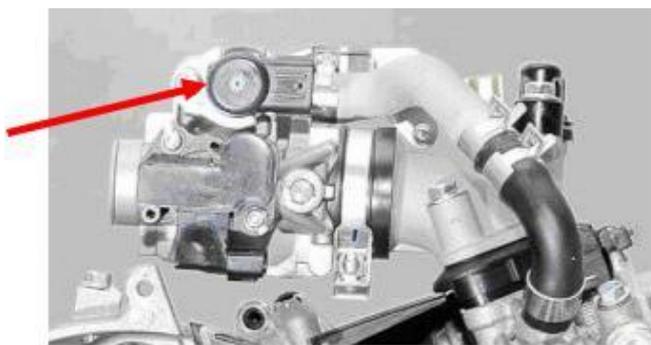
Injektor berfungsi menyemprotkan bensin menuju *engine* untuk dicampur dengan udara. Agar bensin mudah bercampur dengan udara maka bensin dikabutkan dengan halus sehingga mudah berubah menjadi uap.



Gambar 2.19 Konstruksi *Injector*

b. ISC (*Idle Speed Control*)

ISC (*Idle speed control*) difungsikan untuk mengatur besarnya udara yang diberikan pada saat putaran *idle*. *Idle speed control* dipasangkan pada *air assist passage*. ECU hanya mengoperasikan katup ISC untuk membuat *idle-up* dan memberikan umpan balik untuk mencapai target putaran *idling*.¹⁴



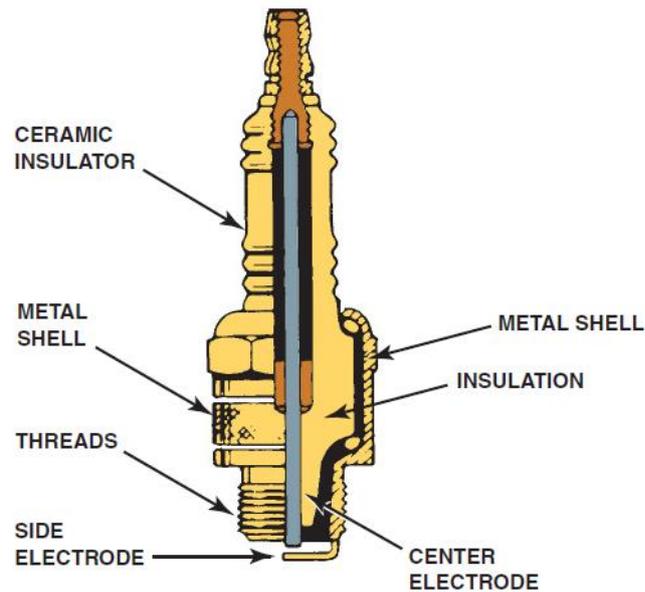
Gambar 2.20 *Idle Speed Control*

2.5 Busi Percik (*Spark Plug*)

Busi percik adalah alat yang berfungsi untuk menginisiasikan atau memulai pembakaran pada mesin SI. Prinsip kerjanya menggunakan tegangan yang sangat tinggi untuk memercikkan listrik diantara elektrodanya dan ground yang membentuk gap. Busi ini merupakan komponen pengapian yang terbuat dari logam dengan insulastor keramik

¹⁴ Ruswid, Modul 4 *Elektronik Fuel Injection* EFI, (Sirampog: SMK AL HIKMAH 1 SIRAMPOG 2008) h. 12

2.5.1 Konstruksi *Spark Plug*

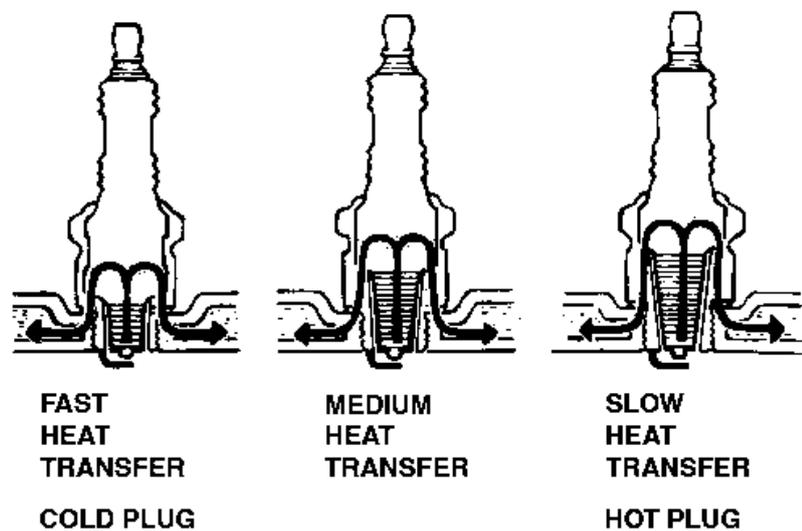


Gambar 2.21 Konstruksi bagian dari *Spark Plug*

Gambar 2.21. menunjukkan konstruksi dan bagian dari busi secara umum. Sehingga di antara busi satu dengan yang lainnya akan berbeda secara fisik seperti berikut :

1. Jenis material *center* maupun *side electrode* – nya, *nickel, platinum, iridium,*
2. Diameter *tip center electrode*, pada nikel biasanya berdiameter 2,5 mm ; pada platinum berkisar 0,6 – 0,8 mm ; dan pada iridium bisa berkisar 0,4 – 0,6 mm.
3. Modifikasi geometri elektroda seperti, *v-groove* pada *center electrode*, *u-groove* pada *side electrode*, dan *split side electrode*.
4. Jumlah *side electrode* – nya, biasanya terdapat satu , sampai empat *side electrode*, namun ada yang menggunakan *side electrode tipe surface*.
5. *Reach* atau panjang dari bagian berulir pada busi

6. *Heat range* atau kemampuan seberapa cepatnya pentransferan panas yang terkumpul diujung busi kepada kepala silinder. Busi dengan jarak atau insulator keramik yang lebih panjang akan bekerja lebih panas diujungnya dibandingkan dengan busi yang insulator keramiknya lebih pendek. Ini disebabkan oleh jarak yang harus ditempuh panas berbanding lurus dengan panas yang dihasilkan.



Gambar 2.22. Penentuan jenis busi berdasarkan *heat range* melalui panjang insulator
(sumber : J. Halderman, *Automotive Technology – Principle, Diagnosis, and Service*, 2012)

7. Jenis dudukan (*seat*) beberapa busi memiliki gasket atau ring tambahan untuk dudukannya, beberapa lainnya menggunakan dudukan yang di *tap* langsung di bagian *metal shell*-nya.¹⁵

¹⁵ James D. Halderman, *Automotive Technology : Principles, Diagnosis, and Service* (New Jersey : Pearson Education, Inc., 2012) h.802

2.6 Bahan bakar

Bahan bakar pada umumnya merupakan suatu senyawa yang mengandung unsur hidrokarbon. Hampir semua jenis bahan bakar yang beredar di pasaran berasal dari minyak bumi beserta turunannya yang kemudian diolah menjadi berbagai macam dan jenis bahan bakar. Bahan itu sendiri sangat diperlukan dalam proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Bahan bakar yang digunakan motor bakar harus memenuhi kriteria sifat fisik dan sifat kimia, antara lain :

- a. nilai bakar bahan bakar itu sendiri
- b. densitas energi yang tinggi
- c. tidak beracun
- d. stabilitas panas
- e. rendah polusi
- f. mudah dipakai dan disimpan

Sedangkan sifat alamiah dari bahan bakar itu sendiri:

- a) *Volatility* (Penguapan) adalah kemampuan menguap dari bahan bakar pada temperatur tertentu dalam proses destilasi.
- b) Titik nyala adalah temperatur tertentu dimana bahan bakar dapat terbakar dengan sendirinya tanpa bantuan percikan api.
- c) Gravitasi spesifik, merupakan perbandingan berat jenis bahan bakar terhadap acuan tertentu (terhadap berat jenis udara ataupun air).
- d) Nilai bakar, merupakan jumlah energi yang terkandung dalam bahan bakar.

Bahan bakar yang digunakan dalam motor bakar dapat dibedakan menurut wujudnya menjadi 3 kelompok, yaitu gas, cair, dan padat. Bahan bakar gas pada saat ini biasanya berasal dari gas alam, sedangkan bahan bakar cair berasal dari hasil penyulingan minyak bumi. Bahan bakar padat biasanya berupa batu bara. Adapun kriteria utama yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut:¹⁶

- a. Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi.
- b. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah proses pembakaran, karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder.
- c. Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepaskan ke atmosfer.

2.7 Perbandingan udara bahan bakar (AFR)

Untuk memperoleh pembakaran sempurna, bahan bakar harus dicampur dengan udara dengan perbandingan tertentu. Perbandingan udara bahan bakar ini disebut dengan *Air Fuel Ratio* (AFR), yang dirumuskan sbagai berikut¹⁷ :

$$\text{AFR} = \frac{m_a}{m_f}$$

dengan : m_a = laju aliran masa udara (kg/jam).

¹⁶ M.L. Mathur, R.P. Sharma, A Course In Internal Combustion Engines (New Delhi: Dhanpat Rai & Sons 1980) h. 231-232

¹⁷ Willard W. Pulkrabek, *Engineering Fundamentals Of the Internal Combustion Engine* (New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1997) h.56

Besarnya laju aliran masa udara (m_a) juga dapat diketahui dengan membandingkan hasil pembacaan manometer terhadap kurva *viscous flow meter calibration*. Kurva kalibrasi ini dikondisikan untuk pengujian pada tekanan udara 1013 milibar dan temperatur 20 °C, oleh karena itu besarnya laju aliran udara yang diperoleh harus dikalikan dengan faktor koreksi (C_f) berikut:

$$C_f = 3564 \times P_a \times \frac{T_a + 114}{T_a^{2,5}}$$

Dimana : P_a = tekanan udara (Pa) T_a = temperatur udara (K)

2.8 Efisiensi Volumetris

Jika sebuah mesin empat langkah dapat menghisap udara pada kondisi isapnya sebanyak volume langkah toraknya untuk setiap langkah isapnya, maka itu merupakan sesuatu yang ideal. Namun hal itu tidak terjadi dalam keadaan sebenarnya, dimana massa udara yang dapat dialirkan selalu lebih sedikit dari perhitungan teoritisnya. Penyebabnya antara lain tekanan yang hilang (*losses*) pada sistem induksi dan efek pemanasan yang mengurangi kecepatan udara ketika memasuki silinder mesin. ¹⁸*Efisiensi volumetrik* (η_v) dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$\eta_v = \frac{\text{Berat udara segar yang terisap}}{\text{Berat udara sebanyak volume langkah torak}}$$

$$\text{Berat udara segar yang terisap} = \frac{m_a}{60} \cdot \frac{2}{n}$$

$$\text{Berat udara sebanyak langkah torak} = \rho_a \cdot V_G$$

¹⁸ Ibid h. 60

Dengan mensubstitusikan persamaan diatas, maka besarnya efisiensi volumetris :

$$\eta_v = \frac{2 \cdot m_a}{60 \cdot n} \cdot \frac{1}{\rho_a \cdot V_s}$$

dengan : ρ_a = kerapatan udara (kg/m^3)

V_s = volume langkah torak = $1,76 \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}$. [spesifikasi mesin]

Diasumsikan udara sebagai gas ideal, sehingga massa jenis udara dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$\rho_a = \frac{P_a}{R \cdot T_a}$$

Dimana : R = konstanta gas (untuk udara = 287 J/kg.K)

2.9 Konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption, sfc*)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter untuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu.

Bila daya rem dalam satuan kW dan laju aliran massa bahan bakar dalam satuan kg/jam, maka¹⁹ :

$$Sfc = \frac{m_f \times 10^3}{P_B}$$

¹⁹ Ibid h. 56

Besarnya laju aliran massa bahan bakar (m_f) dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_f = \frac{sg_f \cdot V_f \cdot 10^{-3}}{t_f} \times 3600$$

Dimana : sg_f = spesifik gravity

V_f = volume bahan bakar yang diuji. t_f = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume uji.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Universitas Negeri Jakarta Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13220. Untuk pengujian konsumsi bahan bakar *prototype* hemat energi “Si Pitung”. Waktu penelitian adalah pada tanggal 14-29 Desember 2016.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

a. Prototype bensin hemat energi “Si Pitung”

Dimensi kendaraan :

- Panjang x Lebar x Tinggi : 2800 mm x 880 mm x 620 mm
- *Wheelbase* : 1500 mm
- *Trackwidth* : 750 mm
- Radius putar : 4,6 meter
- Berat : 57 kg

Mesin kendaraan :

- Tipe mesin : 4-langkah SOHC
- *Cooling type* : *Air*
- Volume mesin : 100 cc

- Diameter x langkah : 47 x 57,9 mm
- Perbandingan kompresi : 14:1
- Sistem *starter* : *Starter* elektrik
- Transmisi : *Single speed* 6:1 *ratio*
- Bahan bakar : Bensin lokal RON 98
- Kapasitas tangki : 4,1 liter
- Tipe oli : SAE 5W-40 orSAE 5W-30
- Tingkatan oli : JASO standar MA2
- Sistem pelumasan : Basah (*wet sump*)
- Kapasitas pelumasan otal : 1,00 liter
- Tipe saringan : Kertas
- Busi/*spar plug* : CR6HSA (NGK) / U20FSR-U
- *Spark plug gap* : 0,6 ~ 0,7 mm
- *Cylinder head* : 10,76 ~ 11,36 cm³



Gambar 3.1 *Prototype* Bensin ”Si Pitung”

b. *Air fuel ratio meter (AFR)*

Penggunaan AFR pada penelitian ini untuk mengetahui perbandingan campuran udara dengan bahan bakar.

- *Application* : Lambda 0,65 to ∞
- *Fuel compatibility* : Gasolin/diesel/E85
- *Exhaust gas pressure* : $\leq 2,5$ bar
- *Hexagon temperature* : $< 600^{\circ}\text{C}$
- *Connector* : 1 928 404 687
- *Mating connector* : D 261 205 356-01
- *Wire length* : 950 mm
- *Weight wire* : 120 g
- *Thread* : M18x1,5
- *Wrench size* : 22 mm
- *Tightening torque* : 40 to 60 Nm
- *Power supply H+ nominal* : 7.5 V
- *System supply voltage* : 10.8 V to 16.5 V
- *Heater power steady state* : 7.5 W
- *Heater power frequency* : ≥ 100 Hz
- *Signal output* : I_p meas
- *Accuracy at lambda 0.8* : 0.80 ± 0.01
- *Accuracy at lambda 1* : 1.016 ± 0.007
- *Accuracy at lambda 1.7* : 1.70 ± 0.05



Gambar 3.2 *Wide Band Air Fuel Ratio Meter*

c. *Electronic Control Unit (ECU)*

ECU sebagai penerima signal dan pemberi perintah aktuator sesuai *logic* (program) yang diisi berdasarkan *signal* (dari sensor O₂) yang diterima di berbagai kondisi.

- Baterai : 10~23 Volt
- *Current consumption* : 0.5 Ampere
- Mikroprosesor : *ARM-Based* 32 bit
- Akurasi Injeksi : 0,01 mSec
- Akurasi *ignition* : 0,01 *Degree*



Gambar 3.3 *Electronic Control Unit (ECU)*

d. *Regulator*

Digunakan untuk mengatur besarnya tekanan pada bahan bakar di dalam tabung bahan bakar. Untuk penelitian ini regulator di set pada angka 3,2 bar.

- Tekanan maksimal : 10 Bar
- Ketelitian : 0,2 Bar



Gambar 3.4 Regulator

e. *Petbottle*

Digunakan untuk menampung udara bertekanan.

Tekanan maksimal pada *petbottle* sebesar 7 bar.



Gambar 3.5 *Petbottle*

f. *Speedometer*

Speedometer digunakan untuk mengukur kecepatan dan jarak tempuh kendaraan yang dibutuhkan pada penelitian ini.

- *Maximum speed* : 0,00~199,9 km/h
- *Trip Distance* : 0~99999 km
- *Battery* : *Lithium battery* CR2032X1



Gambar 3.6 Speedometer

g. *Burette* (tabung ukur)

Digunakan untuk mengukur berapa bahan bakar yang terpakai pada kendaraan setelah selesai pengujian.

Volume tabung : 50 ml

Ketelitian : 0,05 ml



Gambar 3.7 Tabung ukur

h. Tangki bahan bakar

Tangki bahan bakar yang digunakan untuk penelitian ini adalah tangki yang disediakan oleh panitia KMHE yang mempunyai kapasitas 200 ml.



Gambar 3.8 Tabung bahan bakar

i. Bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan untuk penelitian ini adalah bahan bakar bensin yang mempunyai RON 98.



Gambar 3.9 Bensin RON 98

j. *Stopwatch*

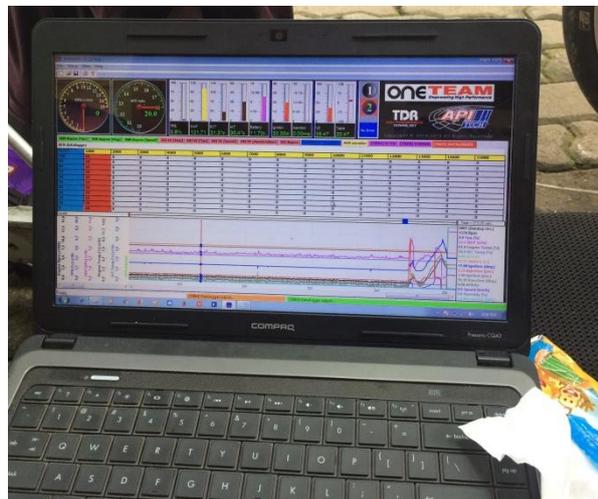
Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan pada saat pengujian berlangsung.



Gambar 3.10 *Stopwatch*

k. *Laptop dan software tuning*

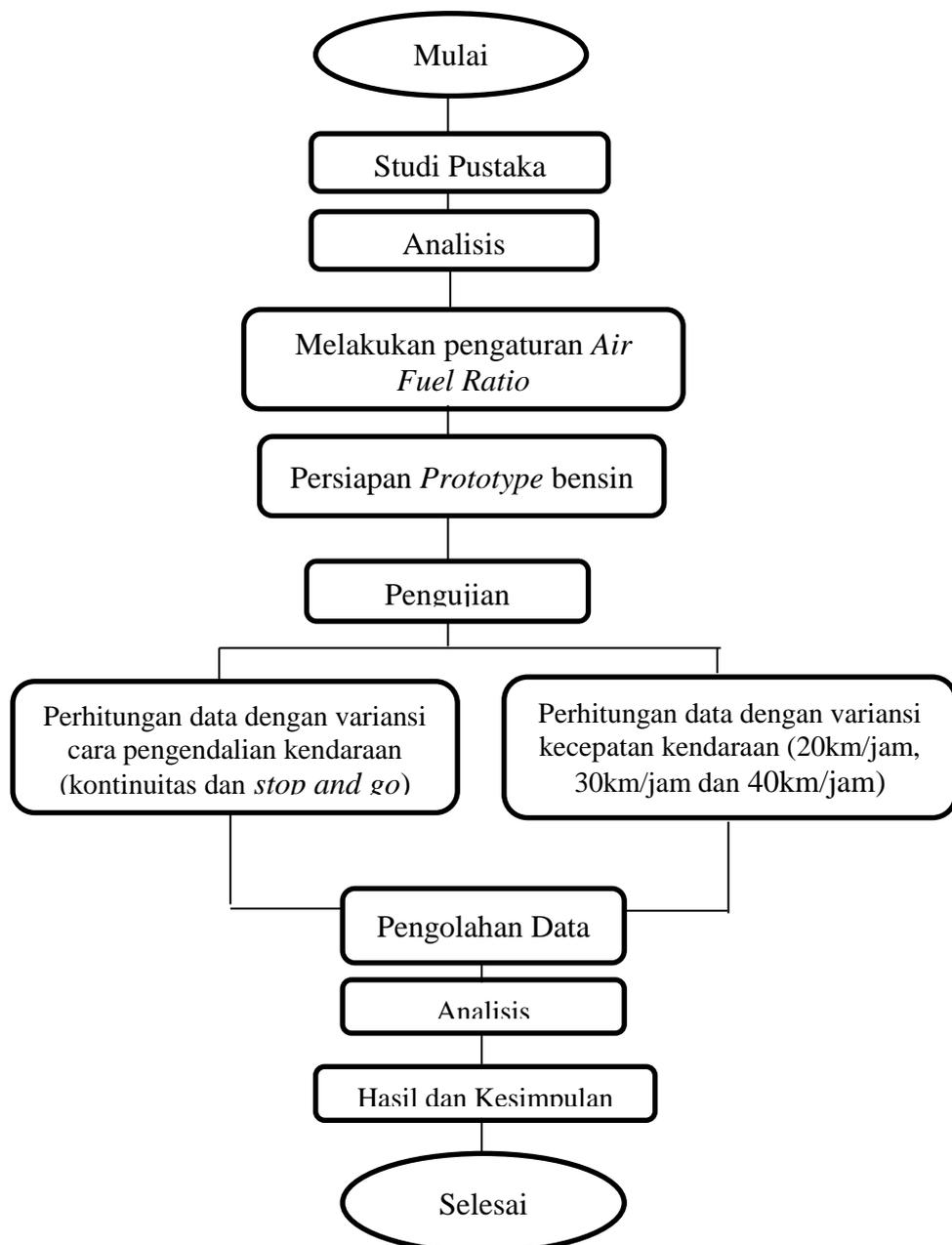
Digunakan untuk menyeting ECU agar mendapatkan campuran bahan bakar dan udara yang optimal.



Gambar 3.11 *Laptop dan software*

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, dimulai dari studi pustaka kemudian dilanjutkan dengan mengatur *Air Fuel Ratio*, melakukan pengujian dengan menjalankan *prototype* di jalan (*race*) untuk mendapatkan hasil pengaturan *Air Fuel Ratio*, kecepatan optimum, dan sistem pengendalian yang optimum yang membuat konsumsi bahan bakar optimal.



3.3.1 Uraian Prosedur Penelitian

Variansi kecepatan.

Variansi kecepatan kendaraan *prototype* berikut mengacu kepada peraturan dari panitia KMHE, dimana kecepatan maksimal yang diperbolehkan adalah 30km/jam. Berikut kecepatan yang penulis tentukan sebagai variansi:

1. 20km/jam
2. 25km/jam
3. 30km/jam

Variansi cara pengendalian kendaraan.

Variansi cara pengendalian kendaraan berikut adalah 2 cara yang diperbolehkan dalam KMHE. Berikut 2 cara pengendalian kendaraan *prototype* yang ditentukan sebagai variansi:

1. Kontinuitas

Yang disebut dengan pengendalian kendaraan dengan metode kontinuitas ini adalah, kendaraan dinyalakan dari awal start sampai *finish* dengan mesin yang tetap menyala selama *race* berlangsung.

2. *Stop and go system*

Sistem *stop and go* adalah cara pengendalian kendaraan dimana mesin tidak selamanya dinyalakan. Ada kalanya mesin kendaraan dimatikan dan *prototype* memanfaatkan aerodinamika *body* kendaraan, torsi dan pengaturan *bearing* di ban. Sistem *stop and go* yang stabil dapat menghasilkan performa kendaraan dan konsumsi bahan bakar yang optimal.

3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengujian kendaraan *prototype* bensin untuk mendapatkan kecepatan dan cara pengendalian optimum adalah sebagai berikut :

3.4.1 Pengaturan *Air Fuel Ratio*.

- Mula-mula siapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk proses pengujian, agar pengujian berjalan lancar dan tidak ada hambatan.
- Setelah semua alat dan bahan siap, pasang sensor O₂ pada pipa knalpot beri jarak 15 cm dari lubang katup *exhaust* yang sudah di las bung (lubang dudukan untuk sensor O₂) nya.
- Kemudian, pasang *module* afr prosport dan taruh *display* afr di bagian kemudi.
- Setelah itu pastikan *wiring* terpasang dengan baik dan sambungkan ke ECU sebagai *logging* untuk menyimpan data.
- Setelah semua terpasang, pengemudi masuk ke dalam mobil lalu lakukan *race* sejauh 1 km.
- Setelah *race* selesai dilakukan, sambungkan ECU dengan *laptop* yang sudah ada *software* tuningnya untuk mengunduh data yang didapat selama *race* tadi.
- Setelah data diunduh ke *laptop*, pelajari datanya dan lihat berapa ratio campuran bahan bakar dan udara. Perbaiki jika masih terdapat kekurangan, sampai ratio mencapai target yang ditentukan yaitu 15-16.
- Ulangi *race* jika ratio masih terlampau jauh dari target yang ditentukan.

3.4.2 Pengujian untuk mendapatkan kecepatan dan cara pengendalian yang optimal.

- Siapkan kendaraan *prototype* yang telah mendapatkan hasil AFR maksimum.
- Pastikan *speedometer* terpasang dengan baik.
- Kemudian siapkan tabung bahan bakar yang telah ditentukan. Isi tabung bahan bakar dengan bensin RON 98 sebanyak 200 ml.
- Pasang tabung bahan bakar yang telah terisi pada kendaraan *prototype*.
- Setelah semua siap, lakukan *race* dengan kecepatan konstan 20 km/jam dengan jarak 1.86 km dan dengan cara pengendalian kontinuitas (tidak mematikan mesin).
- Lakukan pengukuran konsumsi bahan bakar dengan menggunakan *burette*. Lakukan secepat mungkin agar tidak ada bahan bakar yang menguap. Catat hasil pengukuran tersebut.
- Ulangi *race* dengan kecepatan yang sama tapi menggunakan cara pengendalian *stop and go*.
- Dengan jarak yang sama lakukan *race* dengan kecepatan 25 km/jam dan dengan cara pengendalian kontinuitas (tidak mematikan mesin).
- Lakukan pengukuran konsumsi bahan bakar dengan menggunakan *burette*. Lakukan secepat mungkin agar tidak ada bahan bakar yang menguap. Catat hasil pengukuran tersebut.
- Ulangi *race* dengan kecepatan yang sama tapi menggunakan cara pengendalian *stop and go*.
- Dengan jarak yang sama lakukan *race* dengan kecepatan 30 km/jam dan dengan cara pengendalian kontinuitas (tidak mematikan mesin).

- Lakukan pengukuran konsumsi bahan bakar dengan menggunakan burette. Lakukan secepat mungkin agar tidak ada bahan bakar yang menguap. Catat hasil pengukuran tersebut.

3.5 Teknik Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan pada proses pengujian akan dianalisis untuk memperoleh hasil akhir yang akan digunakan sebagai tingkat pembeda dari satu varian dengan varian lainnya yang ditunjukkan dari indikator indikator penelitian tersebut dari segi teoritis yang akan memperkuat berbagai argumen dan hipotesis yang telah diajukan.

Analisis yang digunakan adalah analisis varian. Data yang digunakan adalah data maksimal banyaknya konsumsi bahan bakar dan cara pengendaliannya.

1. Mula-mula akan diambil data maksimal dari setiap *race* yang dilakukan.
2. Kemudian akan dihitung jumlah data dari masing-masing kecepatan pada saat *race*.
3. Hitung juga jumlah data dari masing-masing cara pengendalian yang telah dilakukan pada saat *race*.
4. Mencari konsumsi bahan bakar.
5. Membandingkan setiap hasil konsumsi bahan bakar yang telah didapatkan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

Data mengenai konsumsi bahan bakar *prototype* hemat energi dibawah ini didapatkan dari hasil pengujian langsung atau yang lazim disebut *race* menggunakan tabung ukur, ECU, dan AFR meter. Temperatur udara lingkungan pada saat *race* tercatat sebagai berikut:

1. Kontinuitas dengan kecepatan 20 km/jam 29.4⁰C
2. *Stop and go* dengan kecepatan 20 km/jam 27⁰C
3. Kontinuitas dengan kecepatan 25 km/jam 29⁰C
4. *Stop and go* dengan kecepatan 25km/jam 31⁰C
5. Kontinuitas dengan kecepatan 30 km/jam 30⁰C
6. *Stop and go* dengan kecepatan 30 km/jan 30.5⁰C

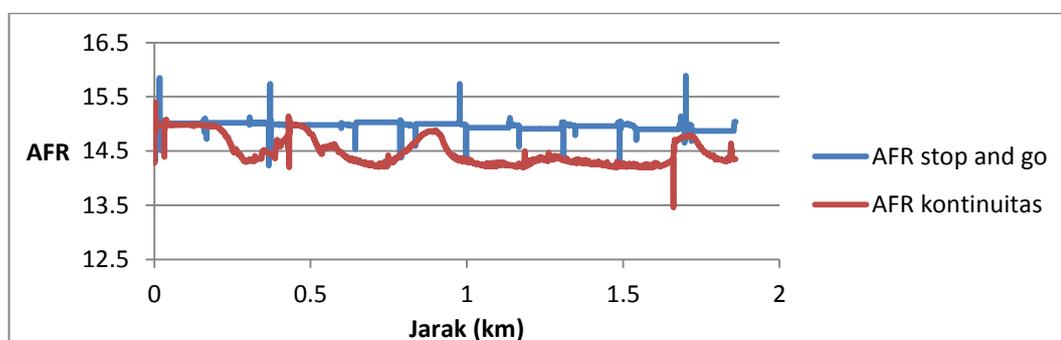
Pengujian konsumsi bahan bakar *prototype* hemat energi tersebut menggunakan tiga nilai kecepatan yang berbeda secara bergantian. Setiap satu nilai kecepatan diambil sebanyak 2 data pengujian yaitu menggunakan cara pengendalian kontinuitas dan *stop and go* .

4.2 Analisis Data Penelitian

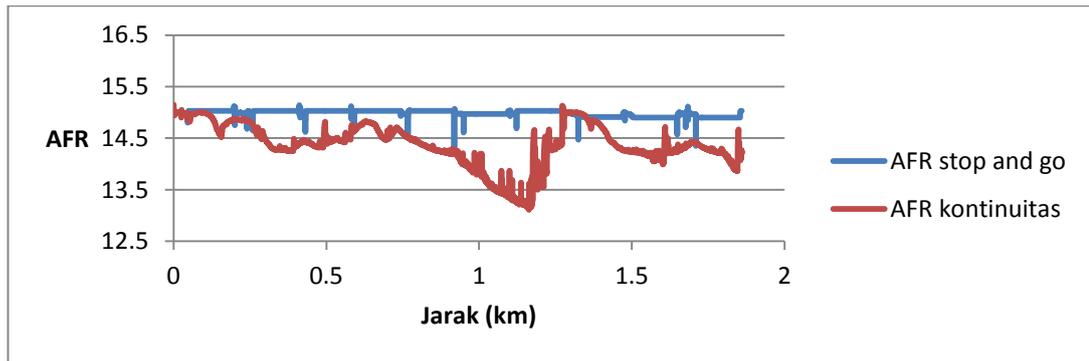
4.2.1 Perbandingan AFR dengan variasi cara pengemudian

Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 menunjukkan perbandingan AFR antara metode pengemudian *stop and go* dan kontinuitas. Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan AFR pada kecepatan 20 km/jam. Gambar 4.2 menunjukkan perbandingan AFR pada kecepatan 25 km/jam, sedangkan gambar 4.3 untuk kecepatan 30 km/jam. Dari ketiga grafik ini terlihat bahwa cara mengemudi *stop and go* pada kecepatan 20 dan 25 km/jam mempunyai nilai AFR yang stabil pada angka 15. Sedangkan pada kecepatan 30 km/jam lebih bervariasi.

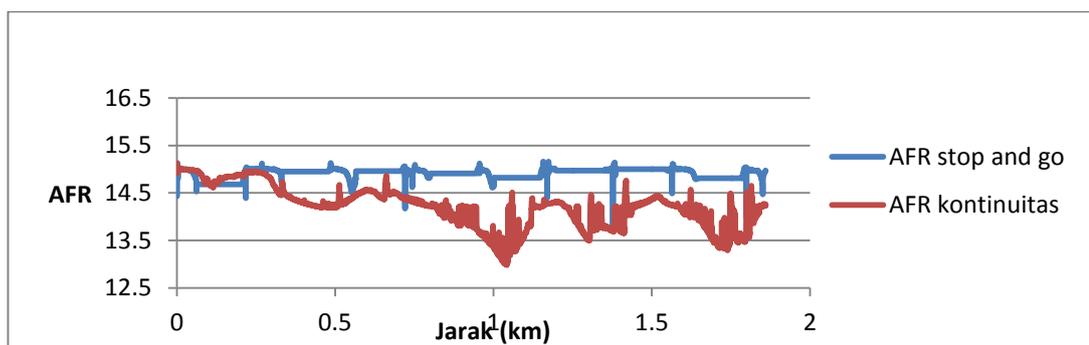
AFR pada cara pengemudian kontinuitas menunjukkan nilai yang sangat bervariasi. Hal ini dapat terlihat pada grafik yang bergelombang dengan nilai AFR yang dapat mencapai sampai angka 13. Dari grafik ini dapat disimpulkan bahwa cara pengemudian kontinuitas tidak efisien karena menghasilkan AFR yang tidak stabil (lebih banyak dan lebih sedikit dari target sebesar 15) dengan nilai AFR yang *rich* tersebut maka bahan bakar yang dikonsumsi akan lebih banyak.



Gambar. 4.1 Grafik perbandingan AFR di kecepatan 20 km/jam



Gambar. 4.2 Grafik perbandingan AFR di kecepatan 25 km/jam



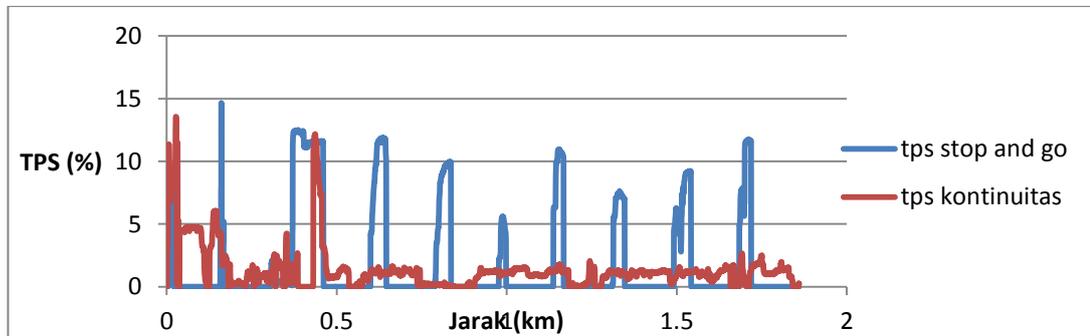
Gambar. 4.3 Grafik perbandingan AFR di kecepatan 30 km/jam

4.2.2 Perbandingan TPS dengan variasi cara pengemudian

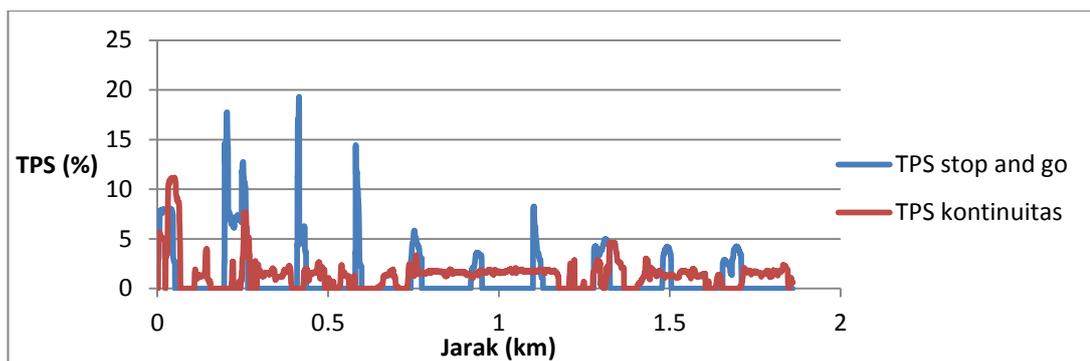
Gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 menampilkan perbandingan TPS untuk cara pengemudian *stop and go* dan kontinuitas untuk kecepatan 20 km/jam, 25 km/jam dan 30 km/jam secara berurutan. Dari ketiga grafik tersebut terlihat bahwa bukaan throttle pada cara pengemudian *stop and go* mempunyai nilai yang lebih tinggi dari pada cara pengemudian kontinuitas. Namun terlihat pada grafik, pada saat cara mengemudi *stop and go*, TPS tinggi terlihat hanya pada saat mesin dinyalakan kembali.

Sedangkan pada cara mengemudi kontinuitas, TPS hampir selalu stabil karena mesin selalu dinyalakan pada saat pengujian berlangsung, berbeda dengan cara mengemudi *stop and go* dimana ada saat mesin benar

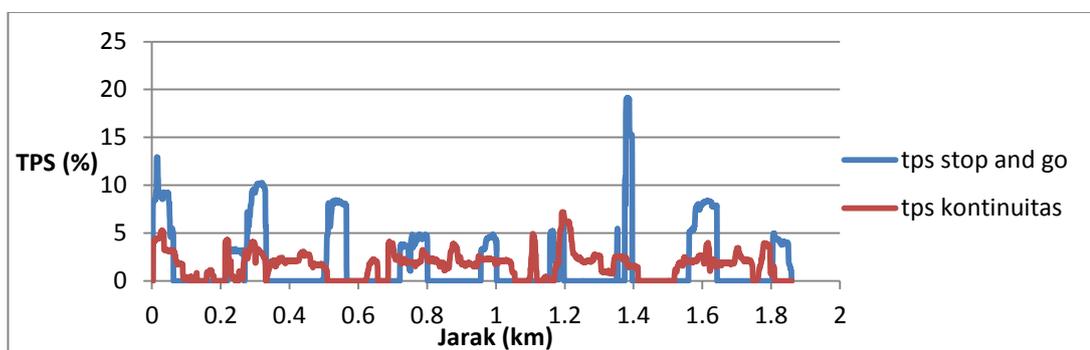
benar mati. Maka pada saat mesin dimatikan, seperti terlihat pada grafik, nilai TPS adalah 0.



Gambar. 4.4 Grafik perbandingan tps di kecepatan 20 km/jam



Gambar. 4.5 Grafik perbandingan tps di kecepatan 25 km/jam

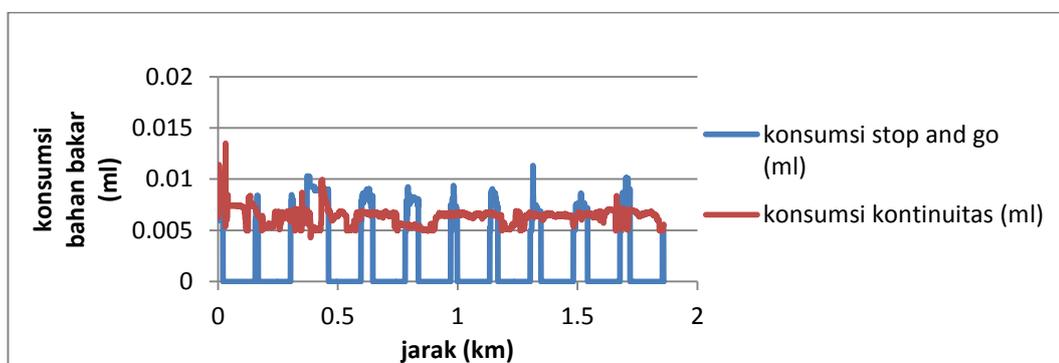


Gambar. 4.6 Grafik perbandingan tps di kecepatan 30 km/jam

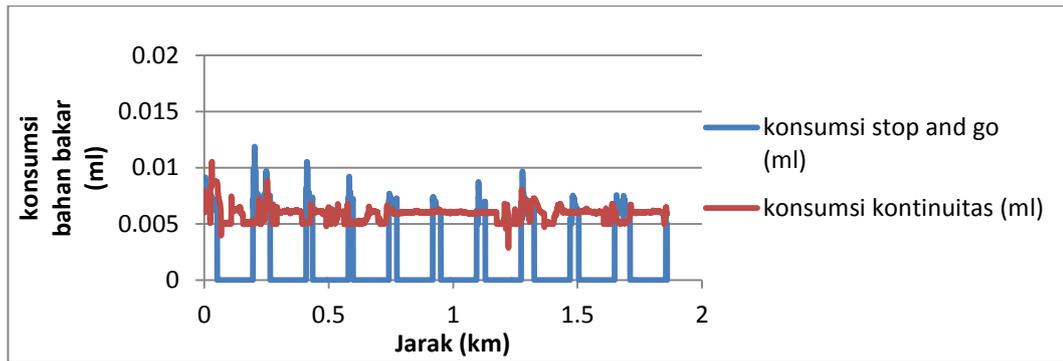
4.2.3 Perbandingan nilai konsumsi bahan bakar dengan variasi cara pengemudian

Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9 menampilkan perbandingan nilai konsumsi bahan bakar untuk cara pengemudian *stop and go* dan kontinuitas untuk kecepatan 20 km/jam, 25 km/jam dan 30 km/jam secara berurutan. Dari ketiga grafik tersebut terlihat bahwa pada cara pengemudian *stop and go*, konsumsi bahan bakar terlihat jauh lebih sedikit dibandingkan cara pengemudian kontinuitas. Sama halnya seperti pada grafik perbandingan TPS, pada cara pengemudian *stop and go* ketika mesin dimatikan, konsumsi bahan bakar akan langsung turun dan mencapai angka 0. Bisa disimpulkan bahwa TPS dan konsumsi bahan bakar berbanding lurus karena nilai konsumsi bahan bakar mengikuti besarnya TPS.

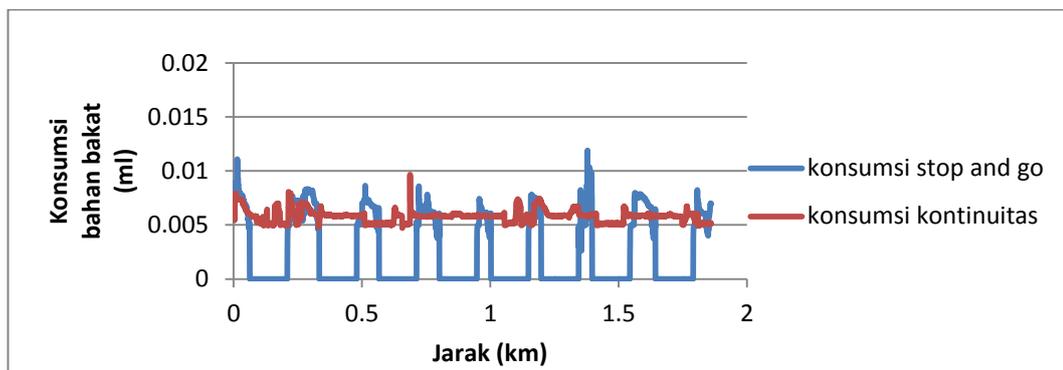
Sedangkan pada cara pengemudian kontinuitas, terlihat pada grafik. Konsumsi bahan bakar setiap jaraknya selalu terbuang karena mesin dalam kondisi terus menyala. Sehingga cara pengemudian menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih boros dibandingkan dengan cara pengemudian *stop and go*.



Gambar. 4.7 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar di kecepatan 20km/jam



Gambar. 4.8 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar di kecepatan 25km/jam



Gambar. 4.9 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar di kecepatan 30km/jam

4.2.4 Konsumsi Bahan Bakar Pada Setiap Pengujian

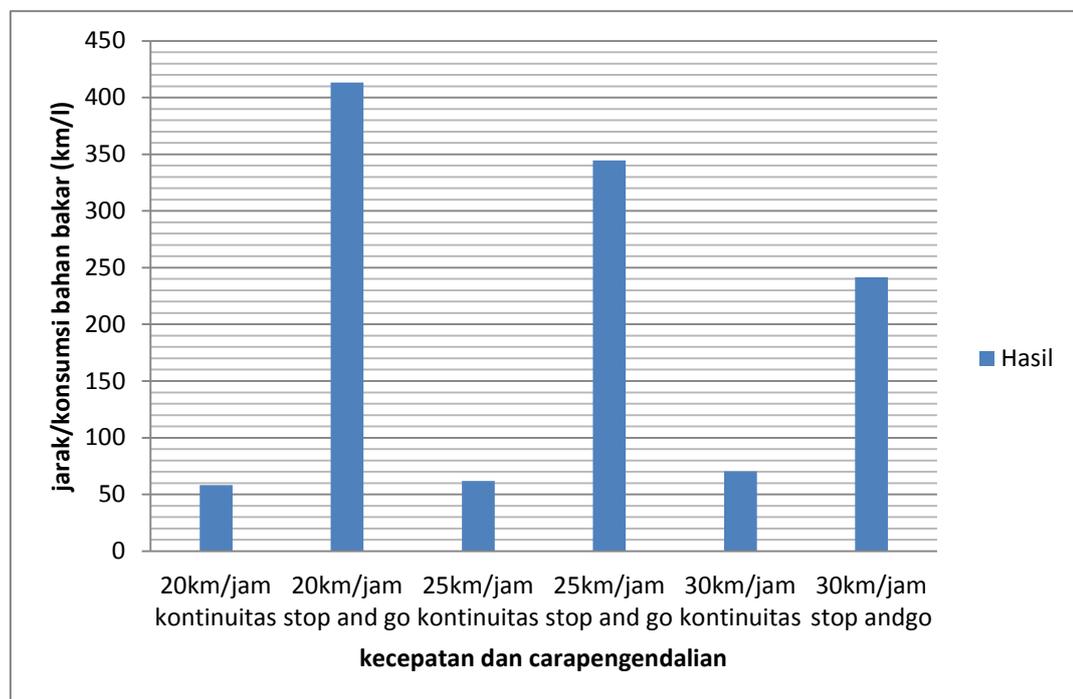
Konsumsi bahan bakar pada penelitian ini dihitung menggunakan tabung ukur bervolume 50ml. Untuk mengetahui nilai dari konsumsi bahan bakar pada penelitian ini, menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Hasil} = \frac{\text{Jarak tempuh}}{\text{Konsumsi bahan bakar}} \times 1000$$

Berikut tabel konsumsi bakar yang dihasilkan dari 6 kali pengujian:

Tabel 4.1 Konsumsi bahan bakar

Konsumsi (ml)	Jarak tempuh (km)	Kecepatan (km/h)	Cara pengendalian	Hasil (km/l)
32	1.86	20	Kontinuitas	58.125
4.5	1.86	20	<i>Stop and go</i>	413.3333
30	1.86	25	Kontinuitas	62
5.4	1.86	25	<i>Stop and go</i>	344.4444
26.5	1.86	30	Kontinuitas	70.18868
7.7	1.86	30	<i>Stop and go</i>	241.5584



Gambar 4.10 Grafik hasil konversi konsumsi bahan bakar ke (km/liter) pada semua pengujian

Gambar 4.10 menjelaskan nilai dari konversi konsumsi bahan bakar yang dihasilkan setelah melakukan 6 kali pengujian. Sama halnya pada KMHE, nilai inilah yang terlihat pada layar *result* setelah *race* dilaksanakan. Terlihat perbedaan yang sangat signifikan pada kedua cara pengendalian kendaraan, *stop and go* and dan kontinuitas. Dimana pada

cara pengendalian *stop and go* menghasilkan nilai yang paling tinggi yaitu pada kecepatan 20 km/jam sebesar 413.3 km/liter.. Hal tersebut membuktikan bahwa cara pengendalian kendaraan pada *prototype* hemat energi adalah salah satu faktor penting yang membuat konsumsi bahan lebih hemat.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Cara pengendalian kontinuitas

Terlihat pada tabel 4.1, pada cara pengendalian kontinuatas di kecepatan 20 km/jam konsumsi bahan bakar sebanyak 32 ml dengan jarak tempuh 1.86 km hal ini dikarenakan, pengemudi membuka tps secara terus menerus untuk mencapai target kecepatan dan menyesuaikan dengan kontur jalan, sehingga *load* tidak stabil cenderung besar dan mengakibatkan ECU memperpanjang pulse injector sehingga konsumsi bahan bakar boros. Hal ini terjadi pada semua variabel kecepatan dengan menggunakan sistem pengendalian kontinuitas.

Namun jika dilihat pada tabel 4.1, semakin cepat variabel kecepatan, semakin sedikit pula konsumsi bahan bakar. Atau bias dilihat pada grafi 4.10, semakin cepat kecepatan semakin naik hasil yang didapatkan setelah dikonversi. Hal ini dikarenakan semakin cepat kecepatan, semakin cepat juga, torsi maksimal mesin tercapai. Hal tersebut menyebabkan, *load* semakin ringan. Dan konsumsi bahan bakar akan menjadi semakin irit.

4.3.2 Cara pengendalian *Stop and go*

Terlihat pada tabel 4.1, pada saat cara pengendalian *stop and go* di kecepatan 20 km/jam konsumsi bahan bakar sebanyak 4,5 ml dengan jarak tempuh 1,86 km, hal ini dikarenakan mesin yang tidak terus menyala dan pengemudi tidak membuka tps secara terus menerus sehingga *load* yang dihasilkan lebih kecil dan konsumsi bahan bakar lebih irit.

Hal tersebut yang mengakibatkan turunnya nilai konversi bahan bakar 4.10. Karena semakin cepat kecepatan, semakin besar pengemudi membuka tps untuk mengejar target kecepatan yang ditentukan sehingga *load* semakin besar, dan konsumsi bahan bakar semakin boros.

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Aplikasi yang dapat diterapkan pada kehidupan sehari-hari dari penelitian ini adalah pengendara kendaraan bermotor harus mengendalikan tps dan mengatur laju kecepatan kendaraan sewajarnya, agar tps dan kecepatan kendaraan tidak terlalu besar sehingga konsumsi bahan bakar menjadi irit. Cara pengendalian *stop and go* dapat diaplikasikan pada kontur jalan yang sesuai. Jadi apabila hal tersebut dapat dilaksanakan dengan maksimal pada saat berkendara, maka manfaatnya akan sangat besar untuk menghemat konsumsi bahan bakar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan hasil analisa data dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini, salah satu faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar adalah cara pengendalian.
2. Pengujian dengan cara pengendalian *stop and go* pada kecepatan 20 km/jam mendapatkan hasil paling tinggi sebesar 413,3 km/liter dibandingkan dengan kecepatan 25 km/jam yaitu 344,4 km/liter dan kecepatan 30 km/jam yaitu 241,5 km/liter.
3. Pengujian dengan cara pengendalian kontinuitas pada kecepatan 20 km/jam mendapatkan hasil paling boros sebesar 58,125 km/liter dibandingkan dengan kecepatan 25 km/jam yaitu 62 m/liter dan kecepatan 30 km/jam yaitu 70,18 km/liter.

5.2 Saran

Berdasarkan kegiatan selama penelitian dan hasil penelitian, maka penulis mempunyai saran sebagai berikut :

1. Cara pengendalian *stop and go* pada kecepatan 20 km/jam dapat memperkecil *load* kendaraan dan menghemat konsumsi bahan bakar. Bila ingin mendapatkan konsumsi bahan bakar yang

optimal untuk prototype hemat energi, cara pengendalian pada kecepatan tersebut merupakan pilihan yang tepat.

2. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, aplikasi yang bisa diterapkan pada kehidupan sehari - hari dari penelitian ini adalah bahwa pengendara kendaraan bermotor harus mengendalikan tps dan mengatur laju kecepatan kendaraan sewajarnya, agar tps dan kecepatan kendaraan tidak terlalu besar sehingga konsumsi bahan bakar menjadi irit. Cara pengendalian *stop and go* dapat diaplikasikan pada kontur jalan yang sesuai. Jadi apabila hal tersebut dapat dilaksanakan dengan maksimal pada saat berkendara, maka manfaatnya akan sangat besar untuk menghemat konsumsi bahan bakar dan menekan angka konsumsi bahan bakar minyak bumi.
3. Untuk lebih mengembangkan penelitian ini, maka penulis memberikan saran agar dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi kecepatan yang lebih banyak, nilai AFR dan kontur jalan sesuai sirkuit untuk menghasilkan konsumsi bahan bakar prototype hemat energi yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Halderman, James D. *Automotive Technology : Principles, Diagnosis, and Service*. New Jersey : Pearson Education, Inc. 2012.
- Hidayatullah, Arif dan M. Alaika Salamulloh, *Servis Sistem Bahan Bakar Sepeda Motor*. Yogyakarta: PT. PUSTAKA INSAN MADANI 2012.
- I Nyoman Sutantra dan Bambang Sampurno, *Teknologi Otomotif edisi kedua*
Surabaya: Guna Widya, 2010.
- Jalius Jama, *Teknik Sepeda Motor Jilid 2 Untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- M.L. Mathur, R.P. Sharma, *A Course In Internal Combustion Engines*. New Delhi : Dhanpat Rai & Sons. 1980.
- Pulkrabek, Willard W. *Engineering Fundamentals Of the Internal Combustion Engine* . New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 1997.
- Ruswid, *Modul 4 Elektronik Fuel Injection EFI*, Sirampog: SMK AL HIKMAH 1 SIRAMPOG 2008.
- Tim fakultas teknik Universitas Negeri Yogyakarta, *Pemeliharaan/Servis Sistem Bahan Bakar Bensin*. Yogyakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2004
- <http://semar.ugm.ac.id/iemc-2013/> [12 September 2016]

Lampiran 1

Sisa Konsumsi Bahan Bakar Pada Setiap Pengujian

Stop and Go 20 km/jam



Kontinuitas 20 km/jam



Stop and Go 25 km/jam



Kontinuitas 25 km/jam



Stop and Go 30 km/jam



Kontinuitas 20 km/jam



Lampiran 2

Dokumentasi

Pengecekan mobil pada KMHE2016



Awarding KMHE 2016



Pengujian



Data logging



RIWAYAT HIDUP



Hernelli Idha, Lahir di Pati, pada tanggal 23 April 1994 sebagai anak ke dua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Hery Alfian dan Ibu Sumarsih. Beralamat di Jl. Jengki Cipinang Asem Rt 13 Rw 04 Jakarta-Timur.

Pendidikan formal yang pernah di tempuh adalah pada tahun 2000 masuk menjadi siswa SDN Kebon Pala 11 Pagi Jakarta-Timur dan lulus pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan ke tingkat selanjutnya yaitu Sekolah Menengah Pertama SMP Negeri 275 Jakarta, hingga tahun 2009. Pendidikannya pun diteruskan ke jenjang SMA yang bertempat di SMA Negeri 14 Jakarta lulus pada tahun 2012. Setelah itu kembali studinya di Universitas Negeri Jakarta prodi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik pada tahun 2012 dan saat ini telah berhasil menyelesaikan studi sarjana pendidikannya pada tahun 2017.

Selama menjadi mahasiswa di Universitas Negeri Jakarta, Hernelli aktif dalam beberapa organisasi, diantaranya adalah BEMJ Teknik Mesin dan Batavia Team UNJ. Selain itu, juga melaksanakan KKN “Kuliah Kerja Nyata” selama satu bulan di Rancasanggal-Banten, Magang SMK Negeri 1 Jakarta selama dua bulan lalu melanjutkan kembali PKL di PT. Pelita Air Service bagian Engineering Support.