

**PENGARUH MODEL BERKENDARA “STOP AND GO” DAN
KONTINUITAS KENDARAAN *URBAN CONCEPT* TIM BATAVIA
TERHADAP EFISIENSI BAHAN BAKAR**



**ALWINSYAH TUNGGUL ISMAIL
5315125262**



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

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI DENGAN JUDUL

“PENGARUH MODEL BERKENDARA *STOP AND GO* DAN KONTINUITAS
KENDARAAN *URBAN CONCEPT* TIM BATAVIA TERHADAP EFISIENSI
BAHAN BAKAR”

Telah Disetujui Oleh :

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dosen Pembimbing :				
1.	<u>Dr. Catur Setyawan K, M.T.</u> NIP. 197102232006041001	Pembimbing I		20/2/2018
2.	<u>Pratomo Setyadi, S.T., M.T.</u> NIP. 198102222006041001	Pembimbing II		14/2/18

Dewan Penguji :

3.	<u>Dr. Riyadi, S.T., M.T.</u> NIP. 196304201992031002	Ketua Sidang		19/2/2018
4.	<u>Ahmad Kholil, S.T., M.T.</u> NIP. 1979083112005011001	Sekretaris		22/2/2018
5.	<u>Drs. Sirojuddin, M.T.</u> NIP. 196010271990031003	Dosen Ahli		13/2/18

Mengetahui,

Ketua Program Pendidikan Vokasional Teknik Mesin


Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP. 1979083112005011001

Tanggal Sidang : 6 Februari 2018

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya 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 dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 20 Desember 2017

Yz

METERAI

KEDEKEMENTERIAN

RI

0000

Alwingsyah Tunggal Ismail

NIM. 5315125262

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah atas terselesaikannya penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan maupun bantuan dari berbagai pihak terutama dari kedua orangtua tercinta Ayahanda Syafril Efendi Lubis dan Ibunda Uni Darwini beserta seluruh keluarga. Penulis juga turut sampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Catur Setyawan Kusumo, M.T., selaku Dosen Pembimbing I juga Dosen Pembimbing Tim Batavia, atas segala arahan, bimbingan, dan motivasi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Pratomo Setyadi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II juga Dosen Pembimbing Tim Batavia, atas segala arahan, bimbingan, dan motivasi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Bapak Dr. C.Rudy Prihantoro, M.Pd., selaku pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dalam hal akademik perkuliahan dari awal perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
5. Rekan - rekan penulis pada Jurusan Teknik Mesin khususnya rekan - rekan Tim Batavia Universitas Negeri Jakarta dalam membantu penulis untuk penyelesaian skripsi ini.

6. Seluruh dosen, staf tata usaha, dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan perkuliahan dan bimbingan serta bantuan secara langsung maupun tidak langsung..

Jakarta, 20 Desember 2017

Penulis Alwinskyah Tunggul Ismail Lubis

ABSTRAK

Pengaruh Model Berkendara “*Stop and Go*” dan Kontinuitas Kendaraan *Urban Concept* Tim Batavia Terhadap Efisiensi Bahan Bakar

**Alwinskyah Tunggul Ismail
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Jakarta**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak konsumsi bahan bakar yang dihabiskan oleh kendaraan *urban concept* Tim Batavia, ketika model mengemudikan kendaraan yang mencakup kecepatan dan metode berkendara yang berbeda diterapkan. Kemudian dapat diketahui konsumsi bahan bakar minimum yang dihabiskan oleh kendaraan *urban concept* Tim Batavia.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Dua buah metode berkendara yaitu, *stop and go* dan kontinuitas dengan tiga varian kecepatan rata – rata yaitu, 16 km/jam, 18 km/jam, dan 20 km/jam. Masing – masing varian diuji dengan kedua metode secara bergantian dengan kendaraan pada lintasan sepanjang 832 meter. Proses pengujiannya adalah dengan menjalankan kendaraan sesuai dengan pola pengendalian yang telah ditentukan berdasarkan pengujian. Masing – masing varian kecepatan dilakukan pengujian minimal sebanyak 3 kali dengan kedua metode. Setelah itu banyaknya bahan bakar yang dihabiskan diukur dengan tabung ukur dan setiap data pengujian akan terekam pada ECU, kemudian peneliti dapat mengambil data yang dihasilkan oleh *engine* kendaraan.

Hasil dari eksperimen ini adalah didapat berkendara dengan metode *stop and go* menghabiskan bahan bakar lebih sedikit dibandingkan metode kontinuitas. Dengan metode *stop and go* AFR rata – rata $> 13 : 1$ dan tekanan absolut rata – rata pada *intake manifold* > 60 kPa, serta dengan metode kontinuitas AFR rata – rata $< 13 : 1$ dan tekanan absolut rata – rata pada *intake manifold* < 60 kPa. Varian kecepatan tiga dengan kecepatan rata-rata 20.95 km/jam mengkonsumsi bahan bakar paling rendah sebanyak 66.83 km/l dengan metode *stop and go* dan 44.63 km/l dengan metode kontinuitas, kemudian varian kecepatan dua dengan kecepatan rata – rata 18.37 km/jam mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 51.74 km/l dengan metode *stop and go* dan 35.4 km/l dengan metode kontinuitas, serta varian kecepatan satu dengan kecepatan rata – rata 16.83 km/jam mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 53.43 km/l dengan metode *stop and go* dan 34.49 km/l dengan metode kontinuitas. Konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit pada metode *stop and go* disebabkan karena pada metode ini pengemudi memanfaatkan inersia kendaraan untuk melakukan perpindahan tanpa menyalakan *engine*.

Kata kunci : Kecepatan, Varian, Metode, Konsumsi, Bahan Bakar, AFR, MAP, *Engine*, TPS.

ABSTRACT

The Driving Pattern Analysis Including "Stop and Go" and Continuously Method of Batavia Team's "Urban Concept" Vehicle Towards The Fuel Efficiency

**Alwinskyah Tunggul Ismail
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
Universitas Negeri Jakarta**

This study aims to determine how much fuel consumes by “urban concept” vehicles of Batavia Team when the driving pattern including speed and different methods were applied. This study also obtain to see the minimum fuel consume by “urban concept” vehicles of Batavia Team.

The research method used in this study is experimental method. Two driving methods are “stop and go” and continuously applied into three variants of average speed. That speeds is about 16 km/h, 18 km/h, and 20 km/h. Each variant was tested with both methods alternately on the track with the distance is an 832 meter. The testing process is to run the vehicle according to the driving pattern that has been determined based on the testing. Each of speed variant was tested at least 3 times with both methods. After that, the amount of fuel spent measured by measuring tube and each evaluated data will be recorded on the ECU, then the researcher retrieved the data that generated by the vehicle engine.

The result of this experiment is driving use the “stop and go” method consumes less fuel than the continuously method. In “stop and go” method the AFR rate is about $> 13 : 1$ and the manifold absolute pressure rate is about > 60 kPa, then continuously method the AFR rate is about $< 13 : 1$ and manifold absolute pressure rate is about < 60 kPa. The thrid speed variant with an average speed of 20.95 km/h consumes the lowest fuel of 66.83 km/l by the “stop and go” method and 44.63 km/l with the continuously method, then the second speed variant with an average speed of 18.37 km/h consumes 51.74 km/l of fuel with “stop and go” method and 35.4 km/l with continuously method, and the first speed variant with an average speed of 16.83 km/h consumes 54.43 km/l of fuel by using “stop and go” method and 34.49 km/l with continuously method. The less fuel consumption on the “stop and go” method because the driver was used the vehicle’s inertia to moving when the engine is off.

Keywords: Speed, Variant, Method, Consumption, Fuel, AFR, MAP, Engine, TPS.

DAFTAR ISI

Halaman Sampul (*Cover*)

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan	iii
Kata Pengantar	iv
Abstrak	vi
<i>Abstract</i>	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	3
1.4. Perumusan Masalah.....	4
1.5. Tujuan Penelitian.....	4
1.6. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1. Definisi Motor Bensin Empat Langkah	6
2.1.1 Prinsip dan Cara Kerja Motor Bensin 4 Langkah.....	6
2.1.2 Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah.....	8
2.1.3 Torsi Motor Bensin 4 Langkah.....	8

2.1.4	Daya Motor Bensin 4 Langkah.....	8
2.1.5	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)	9
2.2.	ECU pada Sistem EFI	10
2.2.1	Cara Kerja ECU	12
2.2.2	Parameter ECU	12
2.3.	Proses Pembakaran Motor Bensin 4 Langkah.....	16
2.3.1.	Perbandingan Udara dan Bahan Bakar (AFR)	17
2.4.	<i>Smart Driving</i>	18
2.4.1.	Percepatan dan Perlambatan Kendaraan.....	20
2.4.2.	Percepatan Yang Dapat Dihasilkan	21
2.4.3.	Waktu Untuk Menaikkan Kecepatan	22
2.4.4.	Jarak Tempuh Untuk Menaikkan Kecepatan	22
2.4.5.	Mendahului Dengan Kecepatan Tetap.....	22
2.4.6.	Mendahului Dengan Percepatan Tetap.....	24
2.4.7.	Gaya Traksi Pada Kendaraan	25
2.5.	<i>Urban Concept Vehicle</i>	26
2.5.1.	Profil Kendaraan <i>Urban</i> Tim Batavia	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		31
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2.	Prosedur Penelitian	31
3.2.1	Uraian Prosedur Penelitian	33
3.3.	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data.....	44
3.3.1	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data <i>Flow Rate</i> Injektor ...	45
3.4.	Teknik Analisis Data	45

BAB IV HASIL PENELITIAN	47
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian	47
4.2. Analisis Data Hasil Penelitian.....	60
4.2.1. Analisis Data Persentase Buka <i>Throttle</i>	60
4.2.2. Analisis Data Putaran <i>Engine</i>	61
4.2.3. Analisis Data Perbandingan AFR.....	63
4.2.4. Analisis Data <i>Manifold Absolute Pressure</i>	65
4.2.5. Analisis Data Kecepatan Kendaraan	66
4.2.6. Analisis Data Konsumsi Bahan Bakar Setiap Pengujian.....	69
4.3. Pembahasan.....	71
4.4. Aplikasi Hasil Penelitian.....	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	74
5.1. Kesimpulan	74
5.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	124

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Air Fuel Ratio</i> Berdasarkan Kondisi <i>Engine</i>	17
Tabel 2.2. Dimensi Kendaraan	26
Tabel 2.3. Spesifikasi <i>Engine</i> Kendaraan	29
Tabel 2.4. Spesifikasi Ban Kendaraan	30
Tabel 3.1. Varian Kecepatan Satu	34
Tabel 3.2. Varian Kecepatan Dua.....	35
Tabel 3.3. Varian Kecepatan Tiga	36
Tabel 4.1. <i>Flow Rate</i> Injektor.....	69
Tabel 4.2. Konsumsi Bahan Bakar	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus Kerja Motor Bensin 4 Langkah.....	7
Gambar 2.2. Hubungan Putaran <i>Engine</i> dan BSFC.....	9
Gambar 2.3. Ilustrasi Tampilan <i>Base Map</i> pada ECU.....	13
Gambar 2.4. Ilustrasi Tampilan <i>Fuel Correction</i> pada ECU	13
Gambar 2.5. Ilustrasi Tampilan <i>Injector Timing</i> pada ECU	14
Gambar 2.6. Ilustrasi Tampilan <i>Ignition Timing</i> pada ECU	15
Gambar 2.7. Hubungan Laju Kendaraan dan Konsumsi Bahan Bakar.....	19
Gambar 2.8. Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> dan BSFC	20
Gambar 2.9. Proses Mendahului Kendaraan	23
Gambar 2.10. Bodi Kendaraan <i>Urban</i> Tim Batavia 2D	27
Gambar 2.11. Dimensi Sasis Kendaraan <i>Urban</i> Tim Batavia	27
Gambar 2.12. Kelengkapan Kendaraan Tampak Samping	28
Gambar 2.13. Kendaraan <i>Urban Concept</i> Tim Batavia	28
Gambar 2.14. Sistem Bahan Bakar Kendaraaan <i>Urban</i> Tim Batavia	29
Gambar 2.15. Sistem Pengereman Kendaraan <i>Urban</i> Tim Batavia	30
Gambar 2.16. Sistem Transmisi Kendaraan <i>Urban</i> Tim Batavia.....	30
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3.2. Lintasan Pengujian	33
Gambar 3.3. Grafik t-v Varian Kecepatan Satu	34
Gambar 3.4. Grafik t-v Varian Kecepatan Dua	35
Gambar 3.5. Grafik t-v Varian Kecepatan Tiga	36
Gambar 3.6. Speedometer	38

Gambar 3.7. Tabung Ukur	38
Gambar 3.8. Tangki Bahan Bakar	39
Gambar 3.9. Bahan Bakar RON 98	40
Gambar 3.10. Stopwatch	40
Gambar 3.11. Pompa Ban	40
Gambar 3.12. Tachometer	41
Gambar 3.13. Kamera	41
Gambar 3.14. GPS Meter	42
Gambar 3.15. <i>Electronic Control Unit</i> (ECU)	43
Gambar 3.16. Pneumatik <i>Pressure Guage</i>	43
Gambar 3.17. Injektor <i>Timer</i>	44
Gambar 4.1. Perbandingan Kecepatan Varian Satu	48
Gambar 4.2. Perbandingan Persentase Buka <i>Throttle</i> Varian Satu	48
Gambar 4.3. Perbandingan Putaran <i>Engine</i> Varian Satu	49
Gambar 4.4. Perbandingan AFR Varian Satu	49
Gambar 4.5. Perbandingan MAP Varian Satu	50
Gambar 4.6. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Varian Satu	50
Gambar 4.7. Perbandingan Kecepatan Varian Dua	52
Gambar 4.8. Perbandingan Persentase Buka <i>Throttle</i> Varian Dua	52
Gambar 4.9. Perbandingan Putaran <i>Engine</i> Varian Dua	53
Gambar 4.10. Perbandingan AFR Varian Dua	53
Gambar 4.11. Perbandingan MAP Varian Dua	54
Gambar 4.12. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Varian Dua	54
Gambar 4.13. Perbandingan Kecepatan Varian Tiga	56

Gambar 4.14. Perbandingan Persentase Buka <i>Throttle</i> Varian Tiga	56
Gambar 4.15. Perbandingan Putaran <i>Engine</i> Varian Tiga	57
Gambar 4.16. Perbandingan AFR Varian Tiga	57
Gambar 4.17. Perbandingan MAP Varian Tiga	58
Gambar 4.18. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Varian Tiga	58
Gambar 4.19. Perbandingan Persentase Buka <i>Throttle</i> Setiap Varian	60
Gambar 4.20. Perbandingan Putaran <i>Engine</i> Setiap Varian	61
Gambar 4.21. Perbandingan AFR Setiap Varian	63
Gambar 4.22. Perbandingan MAP Setiap Varian	65
Gambar 4.23. Perbandingan Kecepatan Rata - Rata Setiap Varian	66
Gambar 4.24. Perbandingan Kecepatan V_0 - V_t Metode <i>Stop and Go</i>	68
Gambar 4.25. Konsumsi Bahan Bakar Setiap Varian (km/l)	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan	78
Lampiran 2 : Pengukuran <i>Flow Rate</i> Injektor	81
Lampiran 3 : Tabel Pengoperasian Kendaraan	83
Lampiran 4 : Tabel Hasil Uji Tiap Varian Kecepatan	89
Lampiran 5 : Analisis Perhitungan	91
Lampiran 6 : Grafik Batang Perbandingan Parameter Kerja Kendaraan.....	109
Lampiran 7 : Pengukuran Selama Proses Penelitian	114

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Bahan bakar minyak saat ini sangat berperan penting pada kehidupan manusia sebagai penunjang aktivitas sehari – hari terutama pada bidang transportasi. Sepeda motor adalah kendaraan yang jumlah penggunaannya terbanyak mencapai 92.976.240 unit dengan pertumbuhan terbanyak juga sebesar 11,08 % per tahun, jika dibandingkan dengan mobil penumpang, bis, dan mobil barang (Badan Pusat Statistik, 2014: 37).

Berbagai produsen kendaraan bermotor banyak mengeluarkan varian - varian kendaraan bermotor dengan teknologi mesin yang selalu berbeda dari waktu ke waktu. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan performa kendaraan, keefektifan konsumsi bahan bakar, dan sebagainya. Beberapa parameter umum yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar pada kendaraan diantaranya seperti, konstruksi rangka, material seluruh bagian kendaraan, transmisi, beban pada kendaraan ketika bergerak, rancangan mesin, dan pola pengendaraan.

Pada mesin kendaraan bermotor saat ini telah dilengkapi dengan sistem ECU (*Electronic Control Unit*), dimana jumlah udara dan bahan bakar yang dicampurkan diruang bakar telah ditentukan besarnya berdasarkan persentase buka *throttle*, hal ini bertujuan agar perbandingan jumlah bahan bakar dan udara dapat optimal dikarenakan pada tiap putaran mesin atau kecepatan kendaraan

yang berbeda memerlukan perbandingan udara dan bahan bakar dengan besaran yang juga berbeda. Berdasarkan hal tersebut, parameter pengendalian yang berkaitan langsung dengan kecepatan kendaraan harus disesuaikan dengan kebutuhan, karakteristik kendaraan, karakteristik mesin, dan karakteristik lintasan untuk menghasilkan kerja yang efisien. Dampak cara mengemudi terhadap konsumsi bahan bakar sudah menjadi perhatian peneliti sejak lama, karena hal ini Tim Batavia dan seluruh peserta kompetisi Shell Eco-Marathon maupun KMHE menggunakan teknik pengendalian dengan metode *stop and go* yang bertujuan meminimalisasi penggunaan bahan bakar pada waktu dan panjang lintasan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan masalah diatas, maka penelitian ini mengambil judul: Pengaruh Model Berkendara “*Stop and Go*” dan Kontinuitas Kendaraan *Urban Concept* Tim Batavia Terhadap Efisiensi Bahan Bakar.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Seberapa besar pengaruh kecepatan kendaraan terhadap jumlah konsumsi bahan bakar?
2. Jika metode berkendara “*stop and go*” dengan metode kontinuitas diterapkan pada jarak dan waktu tempuh yang sama, apakah jumlah konsumsi bahan bakar memiliki perbedaan?
3. Berapa kecepatan rata – rata yang optimal untuk kendaraan *urban concept* Tim Batavia ?

4. Berapa putaran *engine* rata – rata yang optimal untuk kendaraan *urban concept* Tim Batavia ?
5. Berapa besar persentase buka *throttle* rata – rata yang optimal untuk kendaraan *urban concept* Tim Batavia ?
6. Berapa kecepatan maksimum yang optimal untuk kendaraan *urban concept* Tim Batavia dari keadaan diam?
7. Berapa putaran *engine* maksimum yang optimal untuk kendaraan *urban concept* Tim Batavia dari keadaan diam ?
8. Berapa jumlah waktu tempuh kendaraan *urban concept* Tim Batavia dari diam hingga kecepatan maksimum optimal ?
9. Berapa besar persentase buka *throttle* kendaraan *urban concept* Tim Batavia dari diam hingga mencapai kecepatan maksimum optimal ?

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta identifikasi masalah, penulis menetapkan batasan pada penelitian ini, diantaranya :

1. Tekanan bahan bakar yang digunakan pada kendaraan sebesar 3 bar dengan bahan bakar RON 98.
2. Hasil didapatkan melalui pengujian di lintasan dengan panjang 832 meter berdasarkan dua metode pengendalian yaitu *stop and go* dan kontinuitas dengan waktu maksimal yang telah ditetapkan, 180 detik untuk varian kecepatan satu, 165 detik untuk varian kecepatan dua, dan 145 detik untuk varian kecepatan tiga.

3. Parameter yang diamati adalah persentase buka *throttle*, perbandingan udara dan bahan bakar (AFR), putaran *engine*, tekanan *absolute* pada *intake manifold*, kecepatan kendaraan, dan konsumsi bahan bakar.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah di atas, maka perumusan masalah terdapat pada pengendaraan kendaraan *urban concept*. Bagaimana pengaruh metode berkendara dan kecepatan kendaraan *urban concept* Tim Batavia terhadap efisiensi bahan bakar ?

1.5 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah :

1. Apakah metode berkendara mempengaruhi tingkat konsumsi bahan bakar jika diterapkan pada jarak dan waktu tempuh yang sama dan metode manakah yang lebih efisien ?
2. Seberapa besar pengaruh kecepatan dan metode berkendara terhadap konsumsi bahan bakar kendaraan dan berapa kecepatan rata – rata yang optimal untuk kendaraan *urban concept* Tim Batavia saat ini?
3. Berapa nilai kecepatan maksimum (V_t), putaran *engine* maksimum, waktu tempuh terbaik, dan persentase buka *throttle* maksimum yang optimal untuk kendaraan *urban concept* Tim Batavia dari keadaan diam / *start* (V_0) saat ini ?

1.6 Manfaat Penelitian

Penulis harap penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pembaca maupun siapa saja yang memiliki kendaraan yang mungkin membutuhkan pemahaman akan pengaruh metode berkendara dan kecepatan kendaraan terhadap konsumsi bahan bakar, khususnya untuk teman – teman tim lomba mobil hemat energi Tim Batavia dalam pengaplikasian pada kompetisi Shell Eco-Marathon maupun Kompetisi Mobil Hemat Energi agar penggunaan bahan bakar lebih efisien.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Motor Bensin Empat Langkah

Motor bensin empat langkah adalah motor yang pada setiap empat langkah torak/piston (dua putaran engkol) sempurna menghasilkan satu tenaga kerja (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008: 53).

2.1.1 Prinsip dan Cara Kerja Motor Bensin 4 langkah

1. Langkah hisap

Dimulai dengan piston pada TMA dan berakhir ketika piston mencapai TMB. Untuk menaikkan massa yang terhisap, katup masuk terbuka saat langkah ini dan menutup saat langkah ini berakhir.

2. Langkah kompresi

Ketika kedua katup tertutup dan campuran di dalam silinder terkompresi ke bagian kecil dari volume awalnya. Sesaat sebelum akhir langkah kompresi, pembakaran dimulai dan tekanan silinder naik dengan sangat cepat.

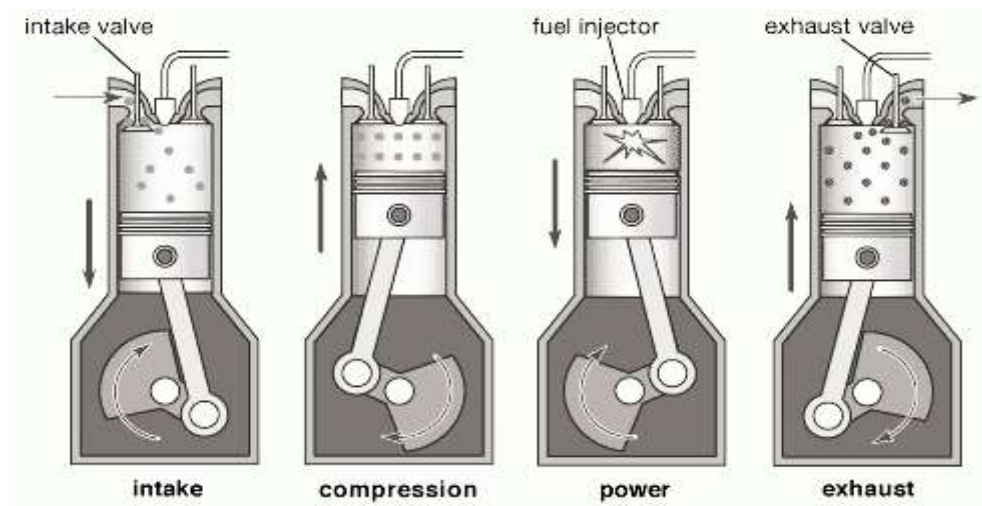
3. Langkah kerja

Dimulai saat piston pada TMA dan berakhir sekitar 45° sebelum TMB. Gas bertekanan tinggi menekan piston turun dan menggerakkan engkol. Ketika piston mencapai 45° TMB, katup buang terbuka untuk memulai proses pembuangan dan menurunkan tekanan silinder hingga mendekati tekanan pembuangan.

4. Langkah pembuangan

Dimulai ketika piston mencapai TMB. Ketika katup buang membuka, piston menyapu keluar sisa gas pembakaran hingga piston mencapai TMA. Bila piston mencapai TMA, katup masuk terbuka, katup buang tertutup, dan siklus dimulai lagi.

Urutan keempat langkah tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Kerja Motor Bensin 4 Langkah

2.1.2 Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah

Usaha adalah suatu pergerakan aktual yang dapat atau telah dilakukan ketika suatu gaya diberikan pada objek atau sistem, sehingga dapat diekspresikan dalam bentuk *feet – pound* atau joule (James D. Halderman, 2012: 107).

2.1.3 Torsi Motor Bensin 4 Langkah

Torsi adalah kecenderungan sebuah gaya untuk memutar suatu objek atau sistem terhadap suatu poros (Serway dan Jewett, 2009: 303). Torsi diekspresikan dengan satuan *pound force – feet* atau Nm. Untuk *engine* 4 langkah yang mengalami 2 putaran *engine* setiap siklusnya, didapatkan persamaan torsi sebagai berikut :

$$\tau = W \cdot d \quad (2.1)$$

Dimana : W = beban (N)

 d = jarak beban dengan titik pusat putaran (m)

2.1.4 Daya Motor Bensin 4 Langkah

Daya atau *power* merupakan *work rate* atau usaha yang dilakukan tiap satuan waktunya. Tenaga *engine* memiliki satuan kW (kilowatt), atau HP (*horse power*), atau BTU/hr, atau ft-lbf/s. Menurut Pulkabrek (1997: 51) persamaan yang menunjukkan tenaga *engine* adalah sebagai berikut :

$$\dot{W} = 2\pi N\tau \quad (2.2)$$

Keterangan : N = kecepatan putaran *engine* dalam RPM

τ = torsi *engine* (Nm)

2.1.5 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

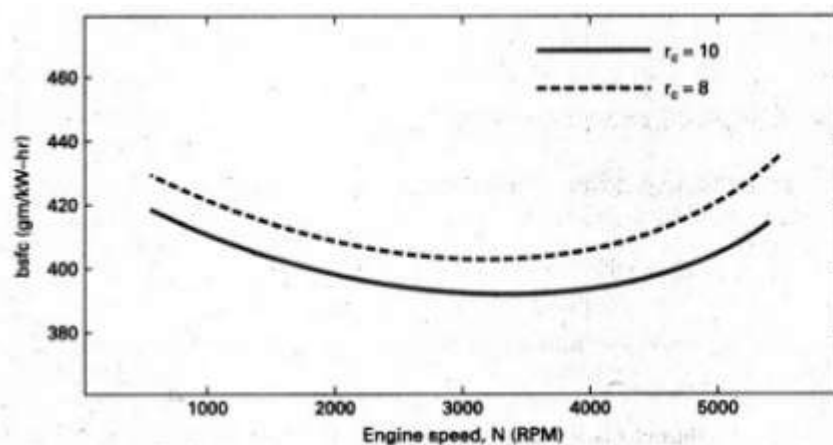
Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter untuk kerja *engine* yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah *engine*, ukuran bagaimana kendaraan menggunakan bahan bakar yang tersedia secara efisien untuk menghasilkan kerja. SFC dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{W} \quad (2.3)$$

Keterangan : \dot{m}_f = aliran massa bahan baka rata - rata (kg/s)

W = daya *engine* (kW) atau (HP)

Konsumsi bahan bakar spesifik rem (BSFC) berkurang ketika kecepatan motor meningkat (pada kisaran kecepatan rendah), mencapai minimum, dan kemudian meningkat lagi pada kecepatan tinggi karena meningkatnya kerugian akibat gesekan (Philip Kristanto, 2015: 37). BSFC juga bergantung pada rasio kompresi, semakin tinggi rasio kompresi, maka semakin rendah BSFC yang berkaitan dengan efisiensi termal yang lebih tinggi.



Gambar 2.2 Hubungan Putaran *Engine* dan BSFC

(sumber :Pulkrabek,1997)

BSFC dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{W_b} \quad (2.4)$$

Besarnya laju aliran massa bahan bakar (\dot{m}_f) dihitung dengan persamaan

berikut:
$$\dot{m}_f = m_f \times N \times \frac{1 \text{ siklus}}{2 \text{ putaran}} \quad (2.5)$$

Dimana : m_f = laju aliran massa bahan bakar per siklus(kg/siklus)

N = putaran *engine* (RPM)

W_b = daya pengereman (kW)

2.2 ECU Pada Sistem EFI

Pusat suatu sistem EFI (*Electronic Fuel Injection*) adalah komputer yang disebut ECU (*Electronic Control Unit*), yang memonitor parameter operasi motor melalui berbagai sensor. ECU menginterpretasikan parameter ini untuk menentukan jumlah bahan bakar yang sesuai untuk diinjeksikan dan mengendalikan operasi motor dengan memanipulasi bahan bakar dan aliran udara seperti halnya variable lain. Dengan kata lain, kuantitas bahan bakar yang diinjeksikan, waktu pengapian, dan beberapa parameter operasi lainnya dimonitor melalui berbagai sensor (Philip Kristanto, 2015: 67).

Beberapa sensor pendukung kinerja ECU diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sensor EOT (*Engine Oil Temperature*) dan ECT (*Engine Collant Temperature*).

Sensor EOT dan ECT berfungsi untuk mendeteksi perubahan temperatur pada mesin, deteksi temperatur ini mengirimkan sinyal pada ECU, kemudian ECU mengeluarkan sinyal kepada aktuator agar kinerja mesin dapat menyesuaikan, sehingga mesin mudah dihidupkan dalam segala kondisi suhu lingkungan, dan konsumsi bahan bakar disesuaikan dengan perubahan temperatur.

2. *Throttle Position Sensor (TPS)*

TPS berfungsi untuk mendeteksi posisi / sudut buka *throttle*. Kemudian sinyal disampaikan pada ECM yang nantinya mengeluarkan sinyal pada aktuator yang akan memproses pencampuran bahan bakar dengan udara yang disesuaikan dengan perubahan posisi sudut buka *throttle* gas.

3. *Crankshaft Position Sensor (CKP)*

Sensor CKP berfungsi untuk mendeteksi putaran mesin dan sudut *crankshaft*. Sensor ini mendeteksi dan memonitor posisi dan kecepatan putaran *crankshaft* kemudian mengirimkan sinyal pada ECM untuk mengontrol waktu pengapian, jumlah bahan bakar yang diinjeksikan serta waktu penginjeksian.

4. *Oxygen Sensor (O2)*

Sensor O2 berfungsi untuk mendeteksi jumlah oksigen yang terdapat pada gas buang, sinyal ini disampaikan pada ECU yang kemudian akan mengeluarkan sinyal untuk menambah / mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan.

5. *MAP Sensor*

Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi jumlah tekanan udara yang akan masuk melalui *intake manifold*.

6. *IAT Sensor*

Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi suhu udara yang masuk melalui *intake manifold*.

7. *Idle Air Control Valve Sensor (IACV)*

Sensor ini berfungsi seperti *choke* otomatis, bertujuan untuk memudahkan saat proses awal penghidupan mesin.

2.2.1 Cara Kerja ECU

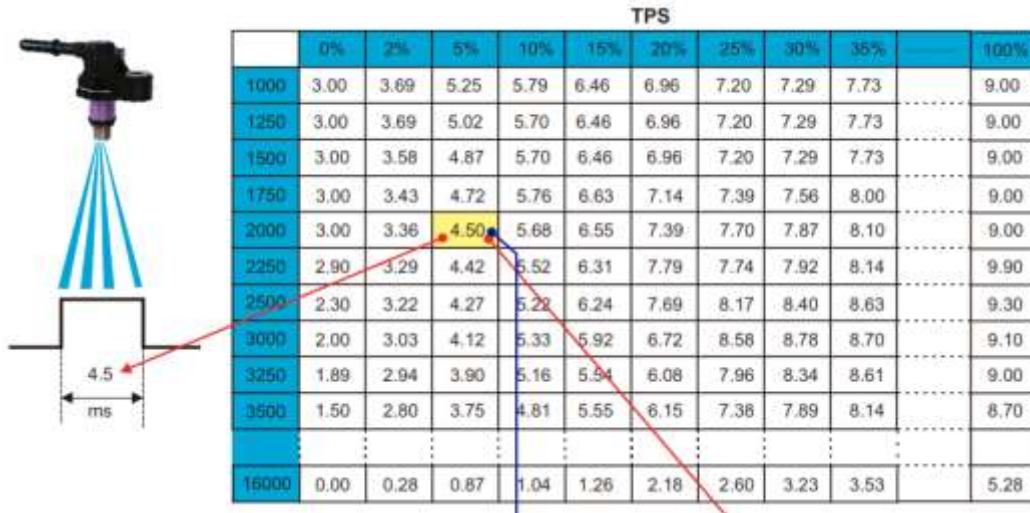
ECU menerima dan menghitung seluruh informasi atau data yang diterima dari masing-masing sinyal sensor yang ada di dalam mesin. Informasi yang diperoleh dari sensor antara lain berupa informasi tentang suhu udara masuk, suhu oli mesin, tekanan udara masuk, posisi katup gas, putaran mesin atau posisi 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 bekerja/menyemprotkan bahan bakar dengan mengirimkan tegangan listrik ke solenoid injektor.

Tegangan (sinyal) yang dialirkan ke injektor 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 (Jalius Jama, 2008: 43).

2.2.2 Parameter ECU

1. *Base map*

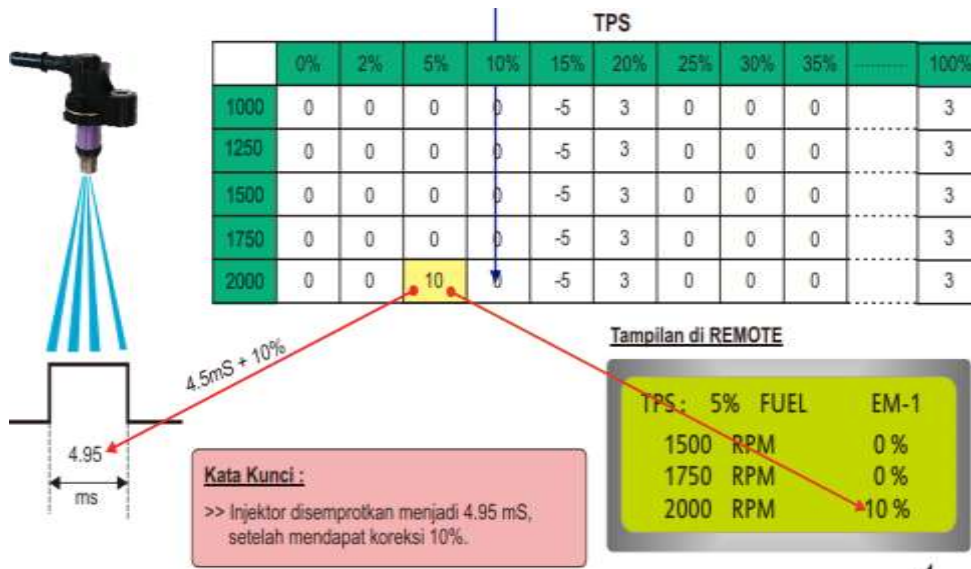
Base map adalah parameter dengan nilai awal yang menentukan beberapa parameter kerja *engine*, seperti perbandingan udara dan bahan bakar (AFR), kemudian durasi injektor menyemprot dalam satuan waktu (*injection pulse width*) pada setiap putaran *throttle* (TPS) dengan satuan milisekon (ms).



Gambar 2.3 Ilustrasi Tampilan Base Map pada ECU
(sumber :Juken manual book BRT, 2015)

2. Fuel Correction

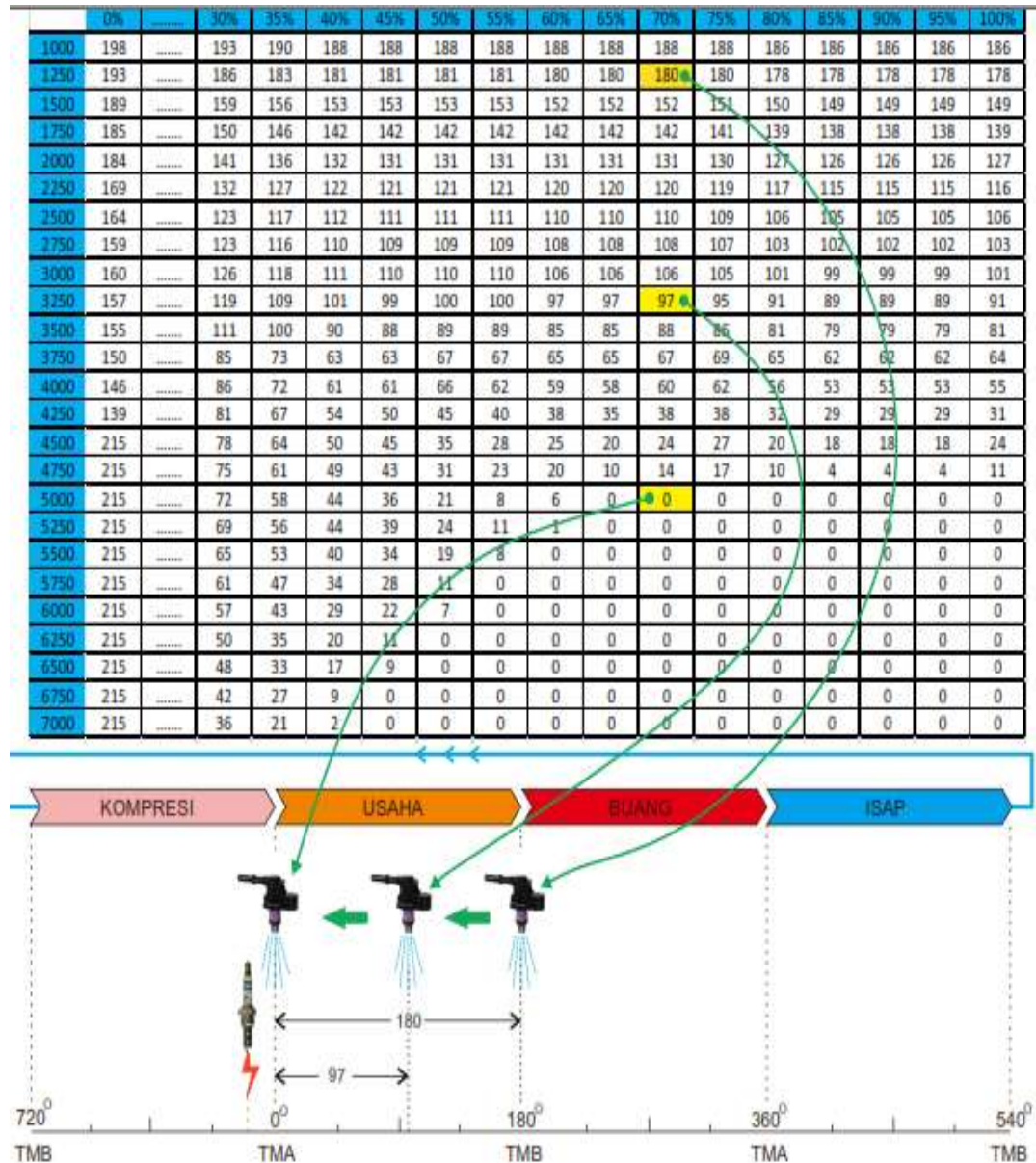
Fuel Correction adalah parameter untuk mengoreksi nilai base map dengan menambah atau mengurangi laju aliran bahan bakar berdasarkan besar persentase putaran gas (TPS) dengan unit satuan persen (%).



Gambar 2.4 Ilustrasi Tampilan Fuel Correction pada ECU
(sumber :Juken manual book BRT, 2015)

3. Injector Timing

Injector timing adalah parameter yang menentukan kapan injektor disemprotkan dengan satuan derajat ($^{\circ}$) dari titik acuan. *Injector timing* ditentukan berdasarkan durasi, *valve timing*, dan tinggi *overlap cam*. Pada RPM tinggi bergerak ke 0, karena diperlukan debit bahan bakar yang lebih banyak.

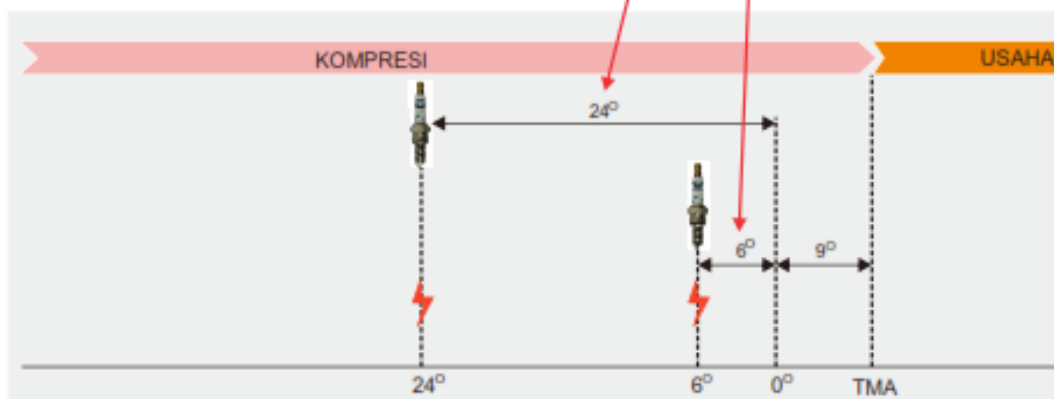


Gambar 2.5 Ilustrasi Tampilan *Injector Timing* pada ECU
 (sumber :Juken manual book BRT, 2015)

4. Waktu pengapian (*Ignition Timing*)

Ignition timing adalah parameter yang menentukan kapan busi dinyalakan sebelum TMA dengan satuan derajat ($^{\circ}$). Besar *ignition timing* dipengaruhi oleh *injection timing*.

	0%	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	.....	70%	75%	80%	85%	90%	100%
1000	6	6	6	6	6	6	6	6	.....	6	6	6	6	6	6
1500	6	6	6	6	6	6	6	6	.....	6	6	6	6	6	6
2000	6	6	6	6	6	6	6	6	.....	6	6	6	6	6	6
2500	11	11	11	11	11	11	11	11	.....	11	11	11	11	11	11
3000	16	16	16	16	16	16	16	16	.....	16	16	16	16	16	16
3500	21	21	21	21	21	21	21	21	.....	21	21	21	21	21	21
4000	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
4500	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
5000	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
5500	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
6000	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
6500	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
7000	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
7500	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
8000	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
8500	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
9000	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
9500	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
10000	24	24	24	24	24	24	24	24	.....	24	24	24	24	24	24
10500	22	22	22	22	22	22	22	22	.....	22	22	22	22	22	22
11000	21	21	21	21	21	21	21	21	.....	21	21	21	21	21	21
11500	21	21	21	21	21	21	21	21	.....	21	21	21	21	21	21
12000	21	21	21	21	21	21	21	21	.....	21	21	21	21	21	21

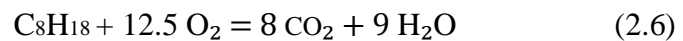


Gambar 2.6 Ilustrasi Tampilan *Ignition Timing* pada ECU

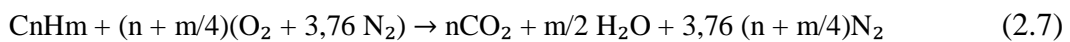
(sumber :Juken manual book BRT, 2015)

2.3 Proses Pembakaran Motor Bensin 4 Langkah

Pembakaran pada motor bensin 4 langkah adalah proses reaksi kimia antara senyawa hidrokarbon dan oksigen, dimana senyawa hidrokarbon merupakan bahan bakar dan oksigen berasal dari udara sekitar, pembakaran dimulai dengan percikan api oleh busi yang terjadi dalam ruang bakar dan menghasilkan energi kalor. Komposisi dari udara tersebut sebagian besar mengandung oksigen dan nitrogen serta sebagian kecil dari udara tersebut mengandung gas yang lain. Untuk C_8H_{18} (iso-oktan), persamaan pembakarannya adalah :



Persamaan reaksi pembakaran teoritis antara hidrokarbon dengan udara adalah sebagai berikut:



Persamaan tersebut menyatakan perbandingan stoikiometris dari udara bahan bakar yang tersedia cukup oksigen untuk mengubah seluruh bahan bakar menjadi produk yang bereaksi sempurna, AFR stoikiometris tergantung pada komposisi kimia bahan bakar. Pembakaran campuran hanya mungkin terjadi dalam batas tertentu dari perbandingan bahan bakar dan udara, batasan pembakaran ini berhubungan erat dengan perbandingan campuran, pada sisi skala miskin (*lean*) dan kaya (*rich*), dimana panas yang dibebaskan oleh busi tidak cukup untuk memulai pembakaran disekitar campuran yang belum terbakar (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008: 57).

2.3.1 Perbandingan Udara dan Bahan Bakar (AFR)

Agar dapat bekerja maksimal, motor bensin 4 langkah memerlukan perbandingan campuran udara dan bahan bakar atau *air fuel ratio* (AFR) yang sesuai. Kerja motor bensin 4 langkah memerlukan penyesuaian besar campuran secara spesifik. Misalnya, saat mesin dingin campuran yang sesuai adalah lebih kaya dibandingkan setelah panas, karena adanya faktor pengembunan. Formasi campuran harus pada perbandingan yang paling sesuai untuk kondisi tersebut. Demikian pula saat kondisi-kondisi lainnya, seperti saat mulai, percepatan, pengendalian, menanjak, dan menurun. Berikut perbandingan bahan bakar berdasarkan kebutuhan :

Tabel 2.1 Air Fuel Ratio Berdasarkan Kondisi Engine

<i>Running condition</i>	<i>Mixing ratio (by weight) Fuel : Air</i>
<i>Starting</i>	1 : 1 – 3
<i>Idling</i>	1 : 6 – 10
<i>Low-speed running</i>	1 : 10 – 13
<i>Light-load ordinary running</i>	1 : 14 – 16
<i>Heavy load running</i>	1 : 12 – 14

(sumber : A. Graham Bell, 1981)

Secara teoritis AFR dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\text{Air/Fuel Ratio (A/F)} = \frac{m_a \text{ (laju aliran massa udara)}}{m_f \text{ (laju aliran massa bahan bakar)}} \quad (2.8)$$

$$\text{Sedangkan untuk relatif Air/Fuel Ratio } (\lambda) = \frac{\text{AFR Aktual}}{\text{AFR Stoikiometrik}} \quad (2.9)$$

Nilai m_a diperoleh dari persamaan berikut :

$$m_a = \frac{P V_{bdc}}{R T} \quad (2.10)$$

Keterangan : P = tekanan absolut *intake manifold* (kPa)

V_{bdc} = volume silinder di TMB (m^3)

$R = \text{konstanta gas (oksigen} = 0,287)$

$T = \text{temperature udara yang masuk (K)}$

Relatif *Air/Fuel Ratio* ini memberikan parameter informasi yang lebih guna menetapkan komposisi campuran udara dan bahan bakar yang baik.

Jika:

$\lambda > 1$: campuran miskin bahan bakar

$\lambda < 1$: campuran kaya bahan bakar

Jika oksigen yang dibutuhkan tercukupi, bahan bakar hidrokarbon dapat dioksidasi secara sempurna. Karbon di dalam bahan bakar kemudian berubah menjadi karbon dioksida dan hidrogen menjadi uap air.

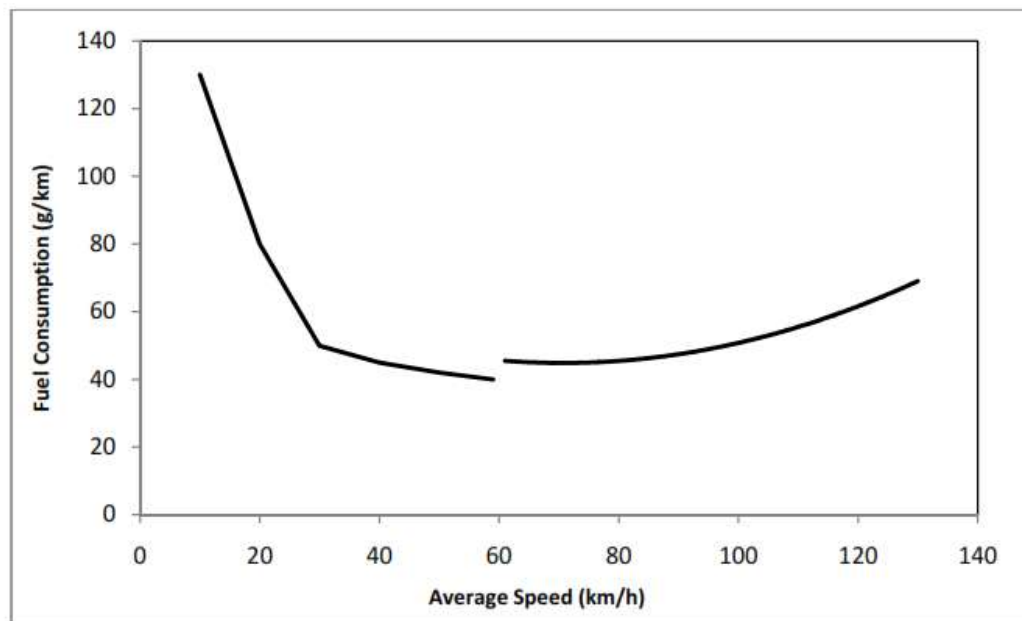
Jika jumlah udara yang diberikan kurang dari yang dibutuhkan secara stoikiometrik, maka akan terjadi campuran kaya bahan bakar. Produk dari campuran kaya bahan bakar adalah CO, CO₂, H₂O, dan HC.

2.4 *Smart Driving*

Smart Driving adalah metode berkendara yang bertujuan untuk meminimalisasi penggunaan bahan bakar, ramah lingkungan, aman dan nyaman dalam berkendara tidak hanya bagi pengemudi, tetapi juga pemakai jalan yang lain. Perilaku berkendara dibagi menjadi 6 (enam) perilaku yang mempengaruhi penggunaan bahan bakar, yaitu *acceleration*, *braking*, *gear*, *idling*, *speeding*, dan *start&shutdown*.

1. *Acceleration*. Perilaku ini dilakukan oleh pengemudi saat mempercepat kendaraan (*speed-up*) dengan cara menekan pedal gas.
2. *Braking*. Perilaku ini dilakukan oleh pengemudi untuk memperlambat kendaraan (*slow down*) dengan cara melepas pedal gas dan menekan pedal rem.

3. *Gear*. Perilaku ini dikaitkan dengan posisi gigi atau penggunaan rasio yang sesuai kebutuhan saat kendaraan bergerak.
4. *Idling*. Perilaku ini dikaitkan dengan kebiasaan pengemudi membiarkan mesin kendaraan tetap hidup meskipun sedang berhenti, seperti saat menunggu.
5. *Speeding*. Perilaku ini diamati ketika kendaraan berjalan pada kecepatan konstan pada lintasan lurus seperti jalan tol.
6. *Start & shutdown*. Perilaku ini dikaitkan dengan kebiasaan saat menyalakan mesin kendaraan dan mematikannya.

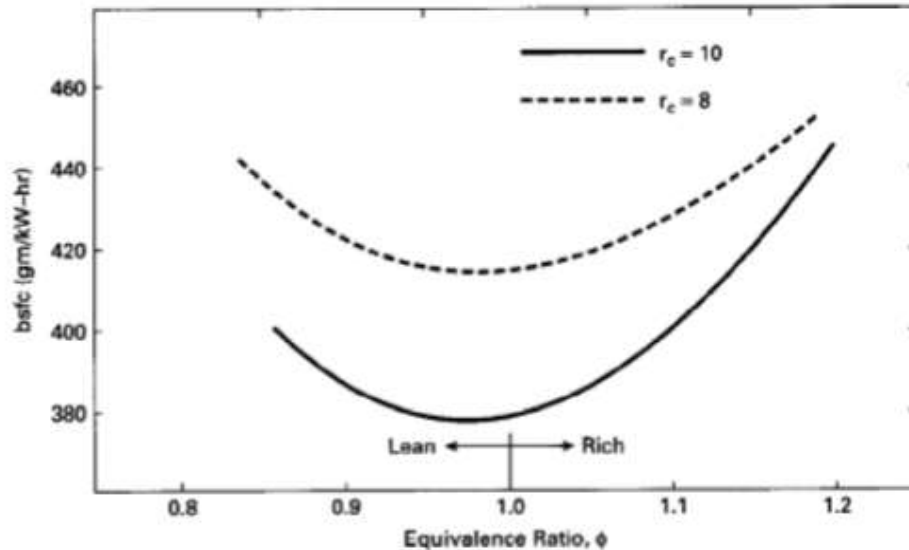


Gambar 2.7 Hubungan Laju Kendaraan dan Konsumsi Bahan Bakar

(sumber : Haworth dan Mark, 2001)

Besar kecepatan pada kendaraan dipengaruhi oleh besarnya putaran engine saat kendaraan sedang berjalan. Berdasarkan gambar 2.2 BSFC menurun seiring meningkatnya putaran *engine*, mencapai titik minimum kemudian meningkat lagi pada putaran yang lebih tinggi. Konsumsi bahan bakar meningkat pada putaran tinggi disebabkan oleh *friction losses* yang besar. Pada putaran *engine* yang lebih

rendah, waktu per siklus yang lebih lama menyebabkan *heat loss* dan konsumsi bahan bakar meningkat (Pulkrabek, 1997: 57).



Gambar 2.8 Korelasi *Equivalence Ratio* dengan BSFC

(sumber : Pulkrabek, 1997)

2.4.1 Percepatan dan Perlambatan Kendaraan

Untuk kendaraan yang bergerak yang bergerak dari keadaan diam sampai kecepatan tertentu atau dari kecepatan tertentu sampai berhenti, maka percepatan atau perlambatan (a), waktu (t), dan jarak (s) pengereman dapat dihitung dengan rumus – rumus sebagai berikut :

1. Untuk kondisi percepatan, kendaraan dari kondisi berhenti dengan percepatan a , mencapai kecepatan akhir v , selama waktu t , dengan jarak tempuh s .

$$a = \frac{Vt^2}{2.s} = \frac{Vt}{t} = \frac{2.s}{t^2} \quad (2.11)$$

2. Untuk keadaan umum dimana kendaraan dapat dipercepat dari suatu kecepatan awal atau kendaraan diperlambat mencapai kecepatan akhir

tertentu, maka percepatan atau perlambatan (a), waktu tempuh (t), dan jarak tempuh (s), dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$a = \frac{Vt - Vo}{\Delta t} = \frac{Vt^2 - Vo^2}{2 \cdot s} = 2 \frac{s - Vo \cdot t}{t^2} \quad (2.12)$$

Keterangan :

Vt = kecepatan akhir. (m/s)

Vo = kecepatan awal. (m/s)

Δt = waktu tempuh. (s)

s = jarak tempuh. (m)

a = percepatan. (m/s²)

2.4.2 Percepatan Yang Dapat Dihasilkan

Salah satu parameter yang amat penting untuk menggambarkan kemampuan laju kendaraan adalah percepatan yang mampu dihasilkan oleh kendaraan tersebut. Besarnya percepatan tergantung pada besarnya gaya traksi atau gaya dorong (Ft) dan gaya hambat udara (Fd) serta hambatan *rolling* (Frr). Secara umum besarnya percepatan kendaraan pada jalan datar dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$a = \frac{F - Fd - Frr}{\gamma m \cdot M} \quad (2.13)$$

Dimana :

M = massa total kendaraan (kg)

γm = faktor massa dari komponen kendaraan yang berotasi (kg)

Untuk kendaraan penumpang pada umumnya γm dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$\gamma m = 1,04 + 0,0025 (i0)^2 \quad (2.14)$$

2.4.3 Waktu Untuk Menaikkan Kecepatan

Pada waktu *start* atau pada waktu mendahului kendaraan lain, dibutuhkan kendaraan dengan cepat dapat mencapai kecepatan tertentu yang diinginkan untuk melaju atau mendahului kendaraan lain. Untuk menaikkan kecepatan dari tingkat tertentu (V_1) sampai ke tingkat lebih tinggi (V_2) adalah merupakan parameter penting dari kinerja laju suatu kendaraan (Sutantra dan Sampurno, 2010: 217)

Dengan persamaan dasar dinamika dapat dilakukan analisa untuk mencari rumusan waktu (t) yang diperlukan untuk menaikkan kecepatan. Persamaan gerak kendaraan di jalan datar adalah :

$$F - F_d - F_{rr} = \gamma_m \cdot M \cdot a = \gamma_m \cdot M \frac{dV}{dt} \quad (2.15)$$

$$t = \gamma_m \cdot M \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{F_{net}(V)} \quad (2.16)$$

2.4.4 Jarak Tempuh Untuk Menaikkan Kecepatan

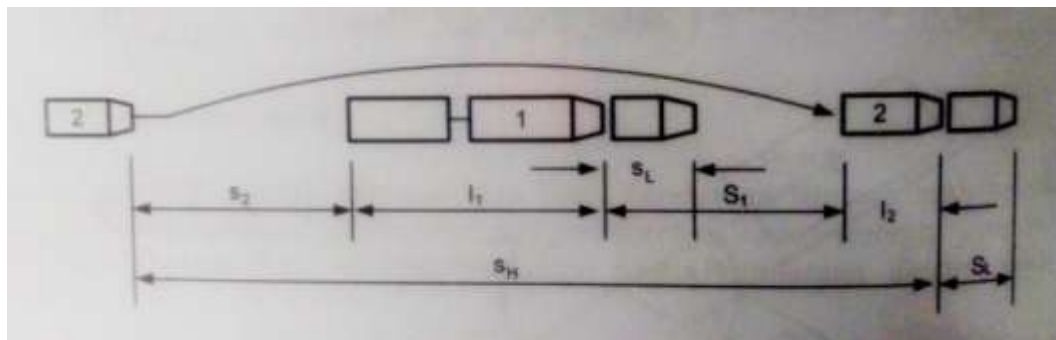
Salah satu parameter penting untuk kinerja lau kendaraan adalah jarak tempuh yang diperlukan untuk menaikkan kecepatan dari V_1 ke V_2 . Jarak tempuh yang diperlukan tidak boleh terlalu besar untuk menaikkan kecepatan dari V_1 ke V_2 . Makin kecil jarak tempuh maka semakin baik kinerja kendaraan. Besarnya jarak tempuh tersebut dinyatakan pada persamaan berikut :

$$S = \gamma_m \cdot M \int_{V_1}^{V_2} \frac{V \cdot dV}{F_{net}(V)} \quad (2.17)$$

2.4.5 Mendahului Dengan Kecepatan Tetap

Ada dua kemungkinan yang dapat terjadi pada saat kendaraan mendahului kendaraan lain. Kemungkinan pertama adalah kendaraan yang mendahului sudah mempunyai kecepatan yang mencukupi untuk mendahului kendaraan lain.

Kemungkinan yang kedua adalah kendaraan yang akan mendahului belum mempunyai kecepatan yang cukup sehingga perlu dipercepat. Gambar 2.10 menunjukkan suatu proses dimana kendaraan 1 mendahului kendaraan lain.



Gambar 2.9 Proses Mendahului Kendaraan

(sumber : Sutantra dan Sampurno, 2010)

Keterangan : $s_1, s_2 =$ batas aman pindah jalur

$L_1 =$ panjang kendaraan yang didahului

$L_2 =$ panjang kendaraan yang mendahului

$s_L =$ jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang didahului

$s_A =$ jarak relatif yang ditempuh oleh kendaraan 2 untuk mendahului

Jika kecepatan kendaraan 2 adalah V_H , maka jarak yang ditempuh selama mendahului dengan waktu t_u detik adalah :

$$S_u = V_H \cdot t_u \quad (2.18)$$

Dengan mengacu mengacu pada gambar 2.10, maka jarak yang harus ditempuh oleh kendaraan 2 untuk dapat mendahului kendaraan 1 dengan aman adalah :

$$S_u = V_L \cdot t_u + s_2 + L_1 + s_1 + L_2 \quad (2.19)$$

Dimana : $V_L =$ kecepatan kendaraan 1

$$S_2 + L_1 + s_1 + L_2 = S_h$$

Dengan menggabungkan persamaan a dan b didapat :

$$t_u = \frac{3,6 \cdot S_H}{V_H - V_L} \quad (2.20)$$

Dimana : t = dalam dt

SH = dalam m

V = dalam km / jam

Jarak tempuh total kendaraan 2 selama mendahului (S_u) adalah :

$$S_u = \frac{3,6 \cdot SH}{V_H - V_L} V_H \quad (2.21)$$

2.4.6 Mendahului Dengan Percepatan Tetap

Jika pada awalnya sebelum mendahului, kendaraan 2 dan 1 beriringan dengan kecepatan yang sama yaitu V_L , maka untuk dapat mendahului kendaraan 1, kendaraan 2 harus menaikkan kecepatannya dengan percepatan a . Jarak yang ditempuh oleh kendaraan 2 selama mendahului kendaraan 1 dalam waktu t_u detik adalah :

$$S_u = V_L \cdot t_u + \frac{1}{2} a (t_u)^2 \quad (2.22)$$

Dengan menggabungkan persamaan 2.18 dan 2.21 didapat :

$$t_u = \sqrt{\frac{2 \cdot SH}{a}} \quad (2.23)$$

Maka jarak yang harus ditempuh kendaraan 2 agar dapat mendahului kendaraan 1 dengan aman adalah :

$$S_u = s_H + V_L \sqrt{\frac{2 \cdot SH}{a}} \quad (2.24)$$

Jarak aman antara kendaraan 2 dan 1 mendahului (s_1 , s_2) umumnya diambil 0,3 – 0,5 kali kecepatan kendaraan.

2.4.7 Gaya Traksi Pada Kendaraan

Gaya traksi dari suatu kendaraan terjadi pada roda penggerak kendaraan. Kendaraan untuk bergerak maju ataupun mundur harus memiliki gaya dorong yang cukup untuk melawan semua hambatan yang terjadi pada kendaraan (Sutantra dan Sampurno, 2010: 45). Persamaan gaya traksi pada kendaraan di lintasan datar yang lurus adalah sebagai berikut :

$$F_t = F_d + F_{rr} + F_i + F_{gr} \quad (2.25)$$

Keterangan : F_d = Gaya hambat udara

F_{rr} = Gaya hambat karena gesekan ban dengan jalan

F_i = Gaya lembam atau inersia

F_{gr} = Gaya hambat karena sudut kemiringan trek

Besarnya gaya hambat udara yang terjadi pada kendaraan dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$F_d = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 \quad (2.26)$$

Dimana : ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

C_d = Koefisien hambat udara kendaraan

A = Luas frontal area kendaraan (m^2)

V = Kecepatan kendaraan (m/s)

Besarnya gaya hambat gesek ban dan jalan atau *rolling resistance* dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$F_{rr} = C_{rr} m g \cos \phi \quad (2.27)$$

Dimana : C_{rr} = koefisien *rolling*

m = massa total kendaraan (N)

g = gravitasi (m/s^2)

Besarnya gaya lembam atau inersia pada kendaraan dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$F_i = m a \quad (2.28)$$

Dimana : m = massa total kendaraan (kg)

a = percepatan atau perlambatan (m/s^2)

Pada kondisi kecepatan kendaraan yang konstan, besar gaya inersia diabaikan karena percepatan bernilai nol. Namun pada kondisi dimana kendaraan melaju tanpa menggunakan dorongan *engine* pada lintasan datar yang lurus, laju kendaraan hanya mengandalkan inersia atau gaya lembam dimana pada kondisi ini tidak ada nilai gaya traksi kendaraan (Witanyo dan Pratama, 2013: 2).

$$F_i = -(F_d + F_{rr}) \quad (2.29)$$

2.5 *Urban Concept Vehicle*

Pada kompetisi Shell Eco-Marathon ini, ada dua kategori mobil yang dilombakan yang itu kategori *urban concept* dan *prototype*. Kendaraan dibagi kembali dalam beberapa kelas bahan bakar, *internal combustion engine* (ICE) dengan bahan bakar cair, *electric propulsion* dengan energi listrik, dan *internal combustion* (IC) dengan bahan bakar gas. *Urban concept* merupakan kendaraan roda empat yang dirancang hampir menyerupai mobil pada umumnya (*city car*), namun dengan dimensi yang lebih kecil.

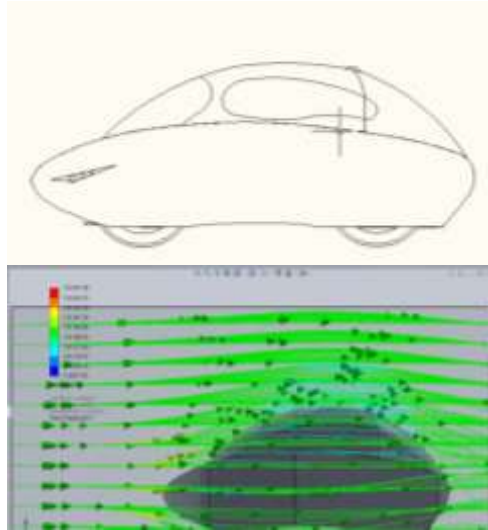
2.5.1 Profil Kendaraan *Urban* Tim Batavia

a. Dimensi kendaraan

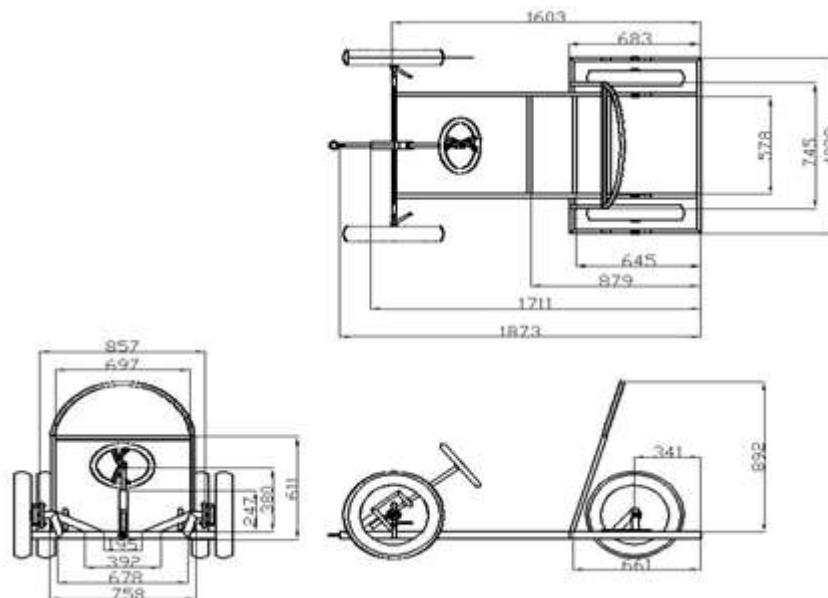
Tabel 2.2 Dimensi Kendaraan

Berat (kg)	132
Panjang x Lebar x Tinggi (mm)	2356 x 1282 x 1130
<i>Wheelbase</i> (mm)	1251

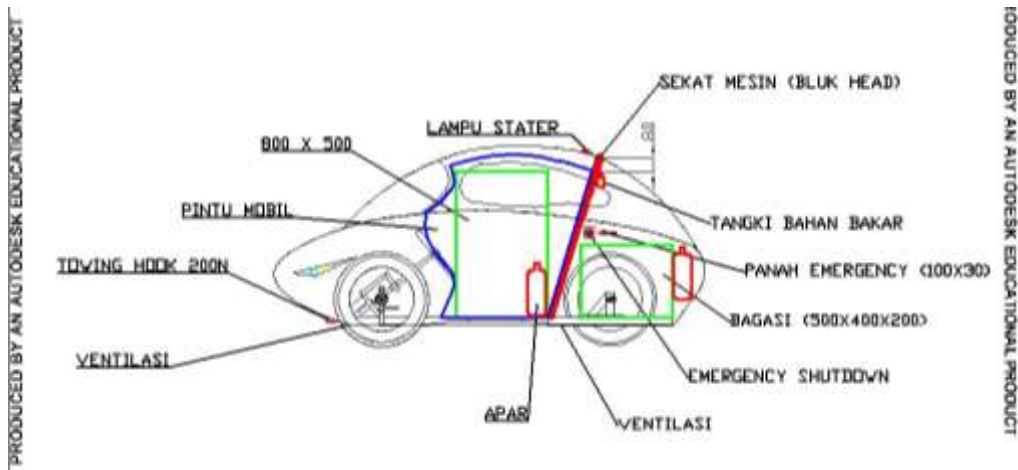
<i>Trackwidth Depan</i> (mm)	1045
<i>Trackwidth Belakang</i> (mm)	820
Radius Putar (m)	6
<i>Ground clearance</i> (mm)	120



Gambar 2.10 Bodi Kendaraan *Urban Tim Batavia* 2D



Gambar 2.11 Dimensi Sasis Kendaraan *Urban Tim Batavia*



Gambar 2.12 Kelengkapan Kendaraan Tampak Samping

Material utama pembuatan bodi adalah *fiber composite* dengan Cd sebesar 0,264, untuk sasis menggunakan aluminium 5052 (Batavia Tim, 2017).



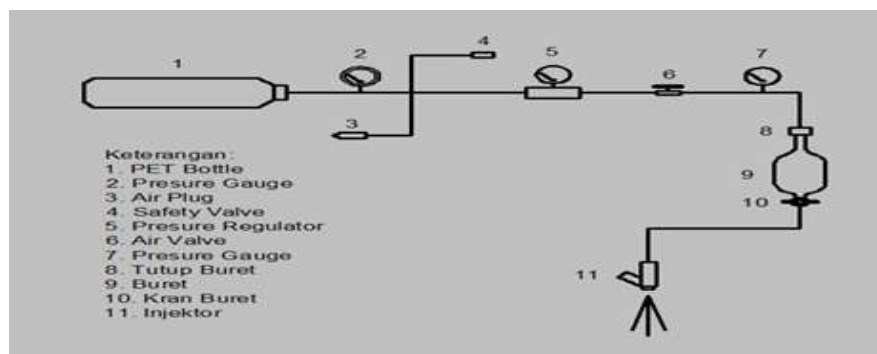
Gambar 2.13 Kendaraan *Urban Concept* Tim Batavia

b. *Engine* kendaraan

Bagian *engine* kendaraan menggunakan sepeda motor Jupiter Z1, fungsi pompa bahan bakar digantikan oleh sistem pneumatik dengan tekanan keluaran sebesar 3 bar, volume tangki bahan bakar sebesar 250 ml, speed *output* pada gigi satu dengan rasio 1 : 2.

Tabel 2.3 Spesifikasi Engine Kendaraan

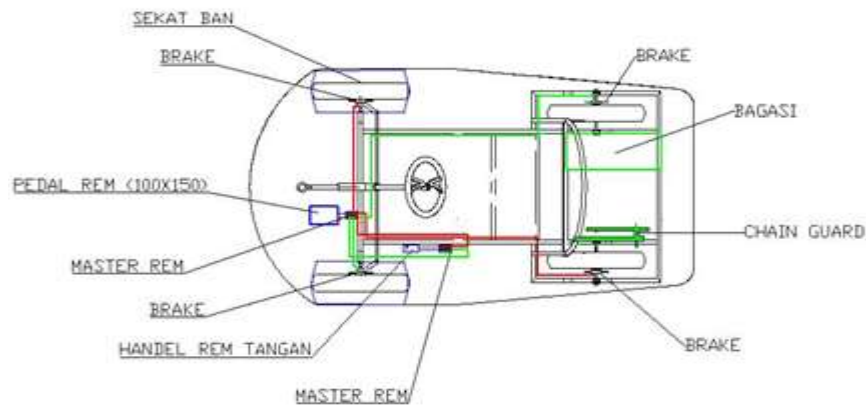
No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tipe <i>engine</i>	4 langkah, 2 valve SOHC, berpendingin udara
2.	Jumlah/posisi silinder	Silinder tunggal/mendatar
3.	Volume silinder	113,7 cc
4.	Diameter x langkah	50,0 mm x 57,9 mm
5.	Perbandingan kompresi	9,3 : 1
6.	Daya maksimum	10,06 PS (7,4 kW)/7.750 rpm
7.	Torsi maksimum	9,9 Nm (1,01 kgf.m)/6500 rpm
8.	Sistem starter	Elektrik
9.	Sistem pelumasan	Basah
10.	Kapasitas oli mesin	Total ; 1 liter/penggantian berkala 0.8 liter
11.	Sistem bahan bakar	<i>Fuel injection system</i> (FI)
12.	Tipe kopling	Basah, sentrifugal, multiplat
13.	Tipe transmisi	Rotari, 4 kecepatan

**Gambar 2.14 Sistem Bahan Bakar Kendaraan *Urban* Tim Batavia**

c. Sistem pengereman dan transmisi kendaraan

Pengereman kendaraan menggunakan sistem pengereman hidrolis menggunakan 4 piringan cakram dan sebuah pedal rem. Dalam pengaplikasian pada mobil digunakan pola X, dimana terdapat 2 master silinder yang terhubung ke pedal pengereman dengan dimensi pedal 100x150 mm. Piringan cakram

bagian depan berdiameter 300 mm, dan diameter 161 mm pada bagian belakang. Pada bagian belakang juga dipararel dengan rem dengan sistem sling, dan pada pengujian driver hanya akan menggunakan rem dengan sistem sling.



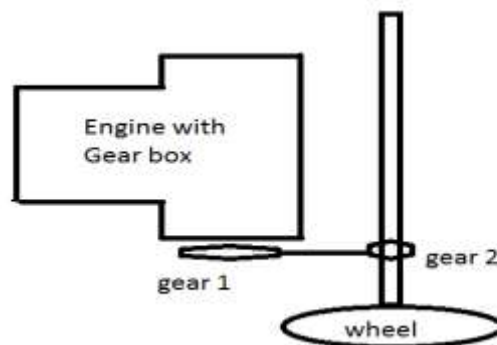
Gambar 2.15 Sistem Pengereman Kendaraan *Urban Tim Batavia*

Kendaraan menggunakan ban sepeda motor merk fdr seri *sport xt* ukuran 90/80-17 dengan tekanan optimal 40 psi.

Tabel 2.4 Spesifikasi Ban Kendaraan

(sumber : www.fdrtire.com/tire/sportxt/specification.html, 23 Mei 2017)

<i>Size</i>	<i>Type</i>	<i>Load Index</i>	<i>Max Load (kg)</i>	<i>Speed Symbol</i>	<i>Max Speed (km/j)</i>	<i>Overall Width (mm)</i>	<i>Overall Diameter (mm)</i>	<i>Rim Width (inch)*</i>
90/80-17	TL	46	170	S	180	88	580	1,85; 2;15;2,50



Gambar 2.16 Sistem Transmisi Kendaraan *Urban Tim Batavia*

BAB III

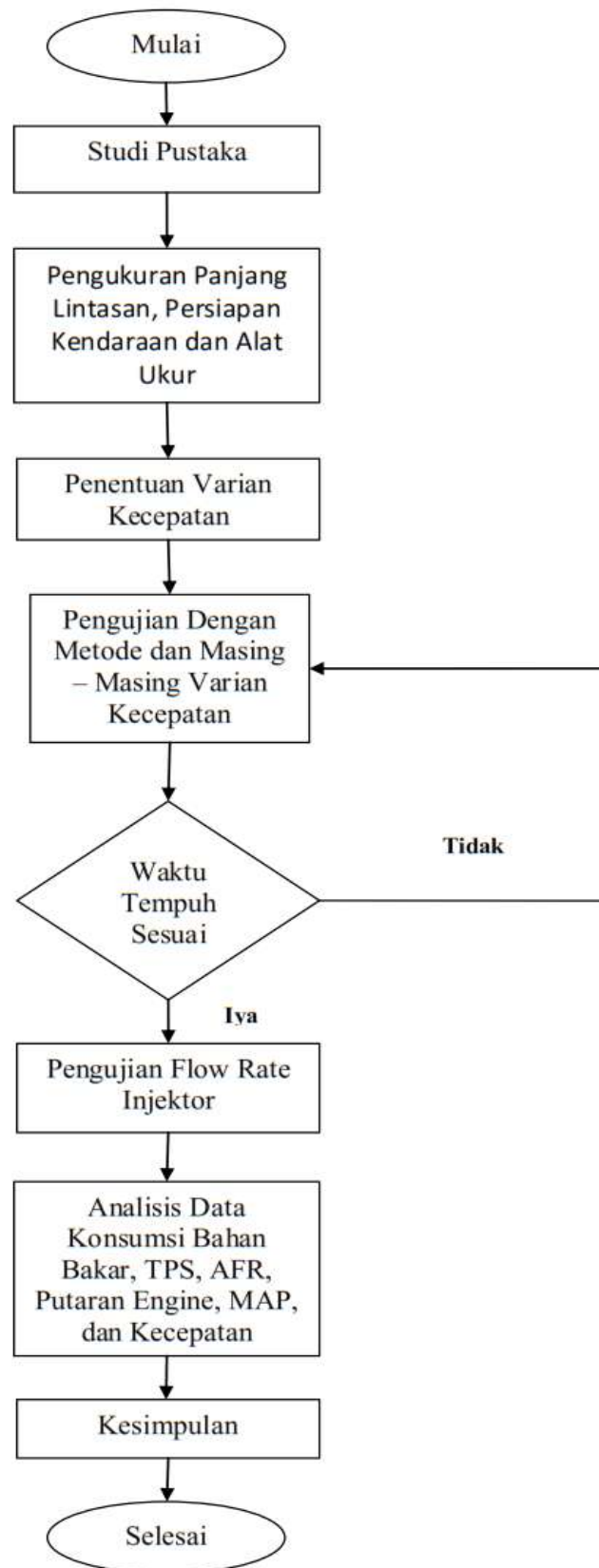
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium dan lintasan pada Universitas Negeri Jakarta Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Jakarta Timur, 13220. Penelitian berlangsung sejak Maret 2017 – September 2017.

3.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, dimulai dari studi pustaka kemudian dilanjutkan dengan pemetaan lintasan uji, menentukan varian kecepatan dengan pengujian awal, berikutnya pengujian di lintasan, dan pengujian *flow rate* injektor. Pengujian pada lintasan dilakukan dengan menjalankan kendaraan berdasarkan varian kecepatan yang telah ditentukan.



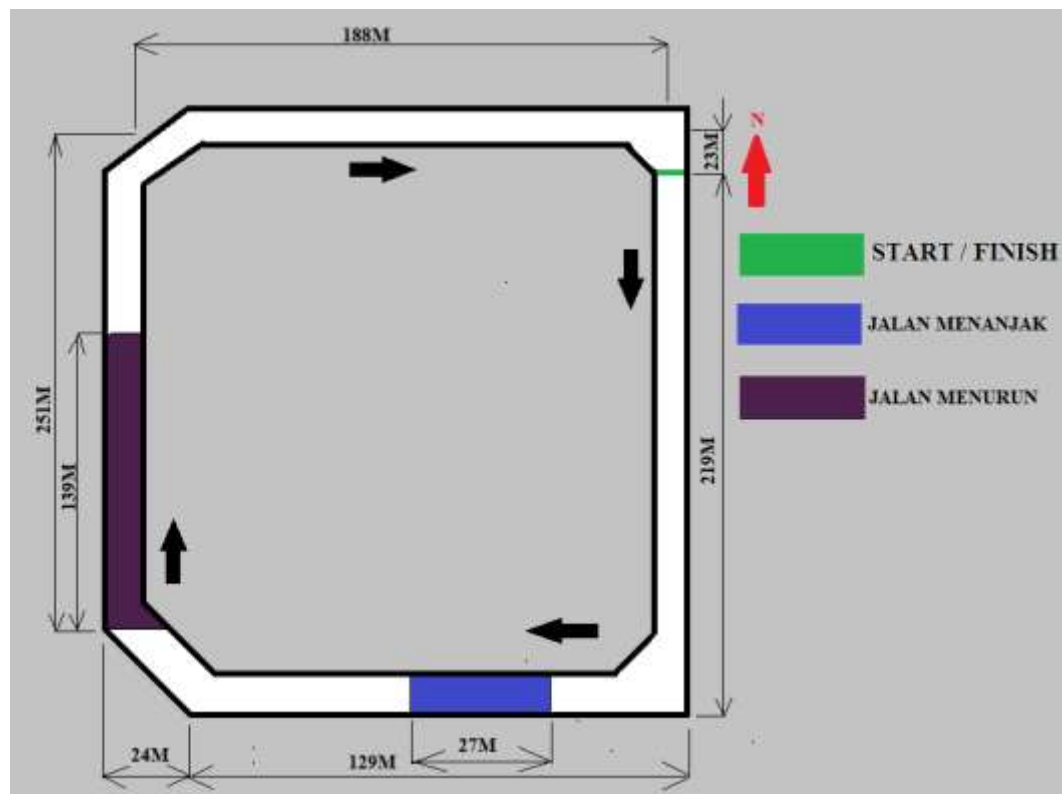
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2.1 Uraian Prosedur Penelitian

Uraian prosedur penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pemetaan lintasan / trek

Pengujian dilakukan pada lintasan yang terdapat di Kampus A, Universitas Negeri Jakarta, dengan panjang total lintasan 832 m, satu turunan sepanjang 139 m, satu tanjakan sepanjang 27 m, dan jumlah 4 tikungan ke kanan.



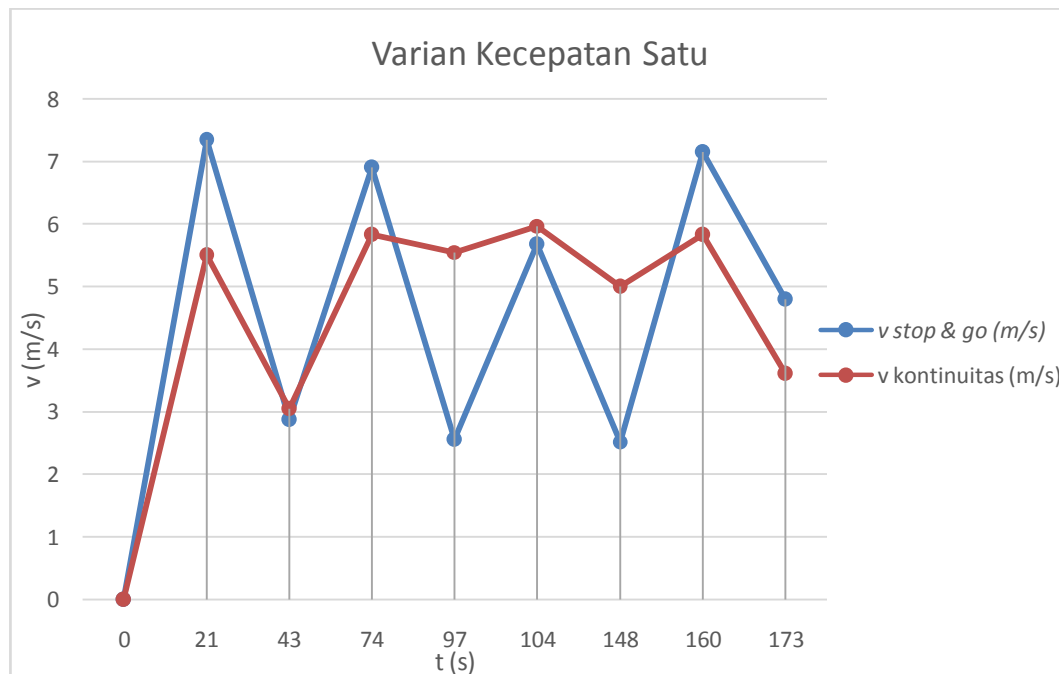
Gambar 3.2 Lintasan Pengujian

2. Penentuan varian kecepatan kendaraan

Varian kecepatan kendaraan ditentukan berdasarkan waktu maksimal yaitu tidak lebih dari 180 detik untuk satu putaran lintasan dengan jarak 832 m dengan dua metode pengendalian yaitu *stop and go* dan kontinuitas. Berikut varian kecepatan yang penulis tentukan berdasarkan pengujian :

Tabel 3.1 Varian Kecepatan Satu

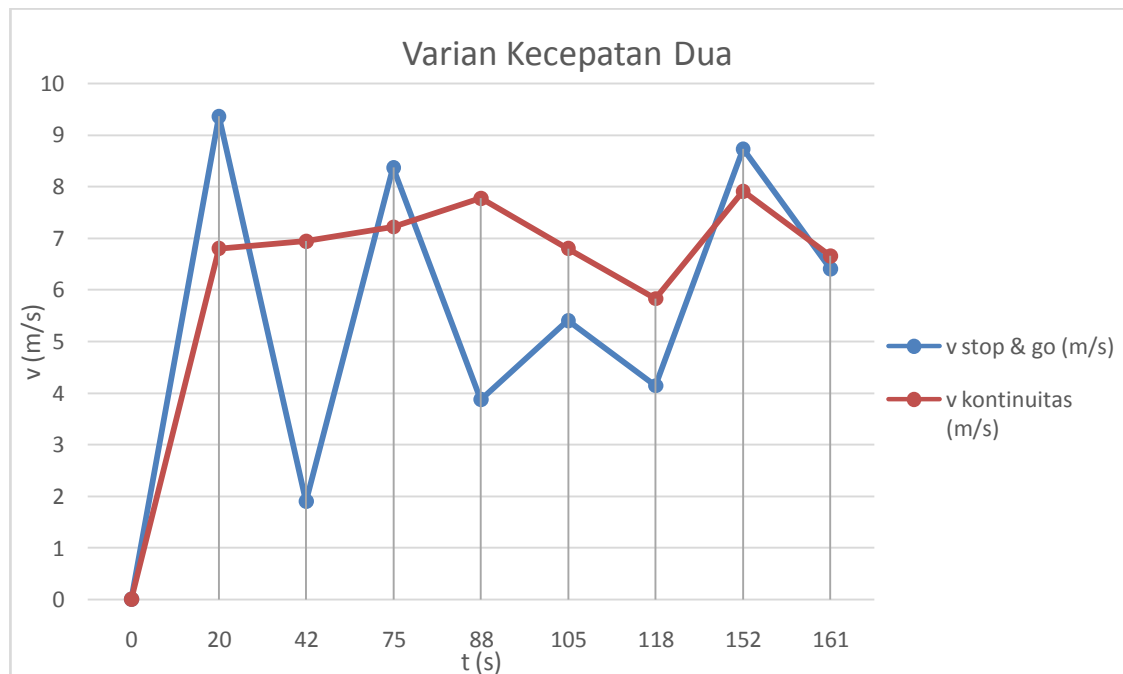
<i>Stop and go</i>				Kontinuitas		
t (s)	v (m/s)	RPM	v (km/h)	v (m/s)	RPM	v (km/h)
0	0	0	0	0	0	0
21	7.35	3400	26.5	5.5	2500	20
43	2.87	-	10.5	3.05	1500	11
74	6.91	3200	25	5.83	2700	21
97	2.56	-	9.5	5.55	900	20
104	5.68	2800	20.5	5.97	2500	21.5
148	2.52	-	9	5	2300	18
160	7.15	3300	26	5.83	2100	21
173	4.8	-	17	3.61	-	13

**Gambar 3.3 Grafik t-v Varian Kecepatan Satu**

Varian kecepatan satu memiliki kecepatan rata-rata sebesar 17 km/jam, pada metode kontinuitas pengendara mempertahankan *engine* pada putaran 2200 RPM – 2500 RPM, sedangkan pada metode *stop and go* pengendara memacu kendaraan hingga putaran *engine* tertinggi kemudian *engine* dimatikan, dan kembali dinyalakan pada kecepatan yang tertera pada tabel.

Tabel 3.2 Varian Kecepatan Dua

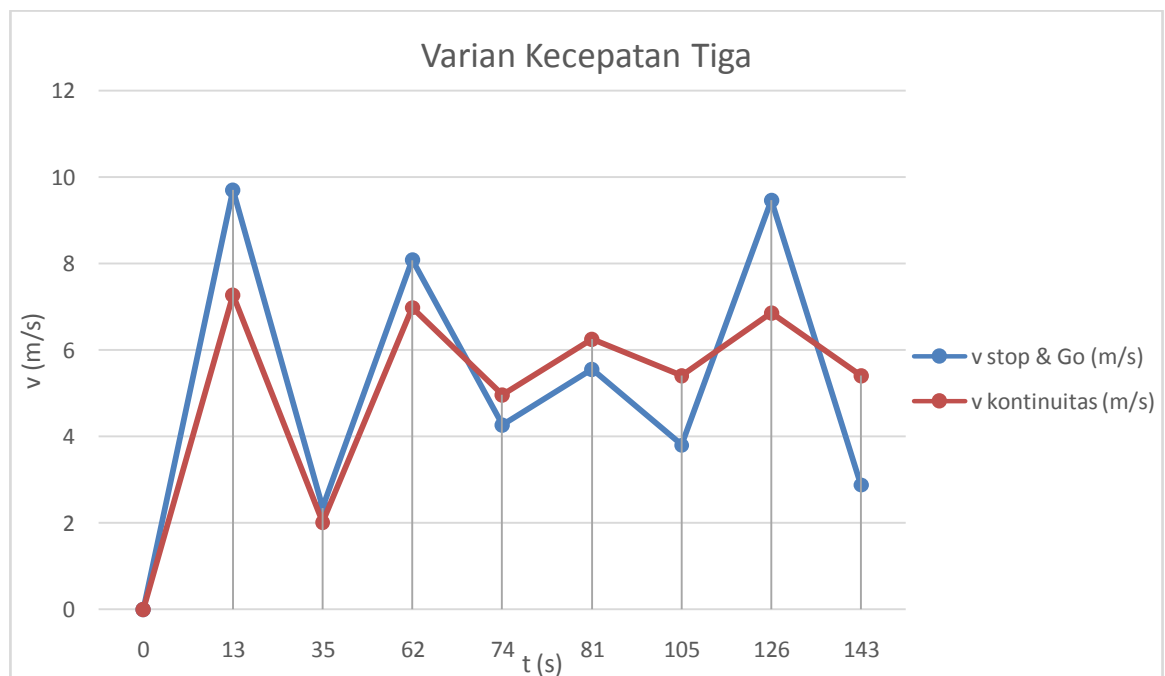
<i>Stop and go</i>				Kontinuitas		
t (s)	v (m/s)	RPM	v (km/h)	v (m/s)	RPM	v (km/h)
0	0	0	0	0	0	0
20	9.36	4300	33.7	6.8	3100	24.5
42	1.9	-	7	6.94	1500	25
75	8.37	3900	30	7.22	1900	26
88	3.87	-	14	7.77	3600	28
105	5.4	2500	20	6.8	2400	24.5
118	4.14	-	15	5.83	2800	21
152	8.73	4100	31.5	7.91	3600	28.5
161	6.41	-	23	6.66	-	24

**Gambar 3.4 Grafik t-v Varian Kecepatan Dua**

Varian kecepatan dua memiliki kecepatan rata-rata sebesar 18 km/jam, pada metode kontinuitas pengemudi menargetkan *engine* pada putaran 2500 RPM – 2900 RPM, sedangkan pada metode *stop and go* pengemudi memacu kendaraan hingga putaran *engine* tertinggi kemudian *engine* dimatikan, dan kembali dinyalakan pada kecepatan yang tertera pada tabel.

Tabel 3.3 Varian Kecepatan Tiga

<i>Stop and go</i>				Kontinuitas		
t (s)	v (m/s)	RPM	v (km/h)	v (m/s)	RPM	v (km/h)
0	0	0	0	0	0	0
13	9.7	5200	35	7.27	3300	26.5
35	2.35	-	8.5	2.02	2100	7.5
62	8.08	4100	29	6.98	3000	25
74	4.26	-	15.5	4.96	2400	18
81	5.55	2700	20	6.25	2700	22.5
105	3.8	-	13.7	5.41	2800	19.5
126	9.46	4400	34	6.86	3200	24.5
143	2.88	-	10.5	5.41	0	19.5

**Gambar 3.5 Grafik t-v Varian Kecepatan Tiga**

Varian kecepatan tiga memiliki kecepatan rata-rata sebesar 20 km/jam, pada metode kontinuitas pengendara menargetkan *engine* pada putaran 2900 RPM – 3200 RPM, sedangkan pada metode *stop and go* pengendara memacu kendaraan hingga putaran *engine* tertinggi kemudian *engine* dimatikan, dan kembali dinyalakan pada kecepatan yang tertera pada tabel.

3. Parameter yang ditentukan

Dalam pengujian parameter yang ditentukan adalah kecepatan rata-rata dari kendaraan sebanyak 3 varian. Kemudian berdasarkan gambar 3.3, 3.4, dan 3.5 waktu yang ditentukan selama pengujian tidak lebih 180 detik untuk varian satu, untuk varian dua tidak lebih dari 165 detik, dan untuk varian tiga tidak lebih dari 145 detik untuk satu kali putaran trek dengan dua metode pengendaraan. Selanjutnya adalah *input base map* pada ECU berdasarkan standar *engine* Yamaha Jupiter Z1 dengan jenis bahan bakar bensin dengan RON 98, dan tekanan bahan bakar yang digunakan adalah 3 bar.

4. Parameter yang diukur

Dalam pengujian parameter yang diukur adalah jumlah konsumsi bahan bakar, waktu tempuh, besar persentase buka gas, besar putaran *engine*, perbandingan udara dan bahan bakar pada *engine* (AFR), dan tekanan *absolute* pada *intake manifold* dari masing-masing varian kecepatan dengan dua metode berkendara yaitu *stop and go* dan kontinuitas.

5. Alat dan bahan

a. Speedometer

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

- *Maximum speed* : 0,00 - 199,9 km/h
- *Trip Distance* : 0 - 99999 km



Gambar 3.6 Speedometer

b. Tabung ukur

Tabung ukur digunakan untuk mengukur jumlah konsumsi bahan bakar dan *flow rate* injektor.

Volume tabung : 50 ml

Ketelitian : 0,05 ml



Gambar 3.7 Tabung ukur

c. Tangki bahan bakar

Tangki bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah tangki bahan bakar dengan volume 250 ml dengan garis awal pada bagian atas tangki.



Gambar 3.8 Tangki bahan bakar

d. Bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan bakar bensin dengan RON 98.



Gambar 3.9 Bahan Bakar RON 98

e. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu tempuh kendaraan pada saat pengujian.



Gambar 3.10 Stopwatch

f. Pompa Ban Dengan Indikator Tekanan

Pompa ini digunakan untuk memompa ban hingga tekanan optimal.



Gambar 3.11 Pompa Ban

i. Tachometer

Tachometer digunakan untuk mengetahui besar putaran *engine* (RPM).

- *Engine revolution in RPM*
- *Air Fuel Ratio*
- *Engine Temperature*
- *Watch*



Gambar 3.12 Tachometer

k. Kamera

Kamera dipasang pada ruang kemudi untuk merekam alat ukur tachometer dan speedometer, berdasarkan kamera juga didapatkan waktu kerja *engine* selama pengendaraan.



Gambar 3.13 Kamera

1. GPS meter

GPS meter digunakan sebagai alat ukur panjang lintasan.

- *Type* : Garmin 60C
- *Accuracy* : 3 m
- *Dimensions* : 6.1 x 15.5 x 3.3 (cm)
- *Weight* : 198 g
- *Track log* : 10.000 *points*, 20 *saved tracks*



Gambar 3.14 GPS Meter

m. *Electronic Control Unit (ECU) Stand Alone*

ECU digunakan sebagai penerima signal dan pemberi perintah aktuator sesuai *logic* (program) yang diisi berdasarkan *signal* yang diterima di berbagai kondisi ketika *engine* menyala juga sebagai penyimpan parameter kerja *engine* selama pengujian.

- *Baterai* : 10 - 23 Volt
- *Current consumption* : 0.5 Ampere
- *Mikroprosesor* : *ARM-Based* 32 bit

- Akurasi Injeksi : 0,01 ms
- Akurasi *Ignition* : 0,01°
- Jenis : *Open Loop*



Gambar 3.15 *Electronic Control Unit (ECU)*

n. Pneumatik *pressure gauge*

Pneumatik *pressure gauge* digunakan untuk mengukur dan mengatur tekanan bahan bakar.

- Tekanan maksimal : 10 bar / 1 Mpa
- Ketelitian : 0,2 bar/ 0,02 Mpa



Gambar 3.16 *Pneumatik Pressure Gauge*

p. *Injector Timer*

Injector timer digunakan untuk menetapkan waktu kerja injektor pada saat uji *flow rate*.



Gambar 3.17 Injektor Timer

3.3 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengujian kendaraan *urban* bensin untuk mendapatkan kecepatan rata-rata yang optimal dan cara pengoperasian yang efektif adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan kendaraan.
2. Memastikan lintasan pengujian dan pengemudi aman.
3. Memastikan semua alat ukur terkalibrasi serta terpasang dengan baik.
4. Memastikan tekanan ban optimal.
5. Mengisi tabung bahan bakar 250 ml sampai garis atas.
6. Mengisi resevoir pneumatik hingga bertekanan 4 bar – 5 bar.
7. Menginput ulang ECU dengan *base map engine*.
8. Setelah semua siap, kendaraan dijalankan sesuai dengan varian yang telah ditentukan dengan jarak tempuh 832 m atau satu kali putaran lintasan.
9. Melakukan pengukuran konsumsi bahan bakar dengan cepat untuk menghindari kemungkinan meluapnya bahan bakar.

10. Memindahkan data parameter kerja *engine* selama pengujian yang disimpan ECU ke laptop.
11. Mengulangi pengujian pada masing-masing metode dan varian kecepatan.

3.3.1 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data *Flow Rate* Injektor

Prosedur pengujian *flow rate* bahan bakar pada injektor adalah sebagai berikut :

1. Melepaskan injektor dari *engine*.
2. Mengisi tabung ukur dengan bahan bakar.
3. Mencatat volume awal bahan bakar pada tabung ukur.
4. Mengisi udara pada reservoir pneumatik 4 bar – 5 bar serta memastikan tekanan *output* pneumatik sebesar 3 bar.
5. Menghubungkan *timer* dengan *battery* dan injektor serta mengatur durasi penginjeksian.
6. Memposisikan injektor diatas tabung ukur, lalu memulai penginjeksian.
7. Mengukur dan mencatat jumlah bahan bakar yang dikeluarkan.
8. Mengulangi pengukuran.

3.4 Teknik Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan pada proses pengujian akan dianalisis untuk memperoleh hasil akhir yang akan digunakan sebagai tingkat pembeda dari metode pengendalian *stop and go* dan kontinuitas juga satu varian kecepatan dengan varian lainnya yang ditunjukkan berdasarkan indikator-indikator penelitian tersebut dari segi teoritis yang akan memperkuat berbagai argumen dan hipotesis yang telah diajukan. Analisis yang digunakan adalah analisis pola

mengemudi berdasarkan metode dan varian. Data yang digunakan adalah data konsumsi bahan bakar, kecepatan kendaraan, putaran *engine*, perbandingan udara dan bahan bakar pada *engine*, tekanan absolute pada *intake manifold*, dan persentase buka *throttle*.

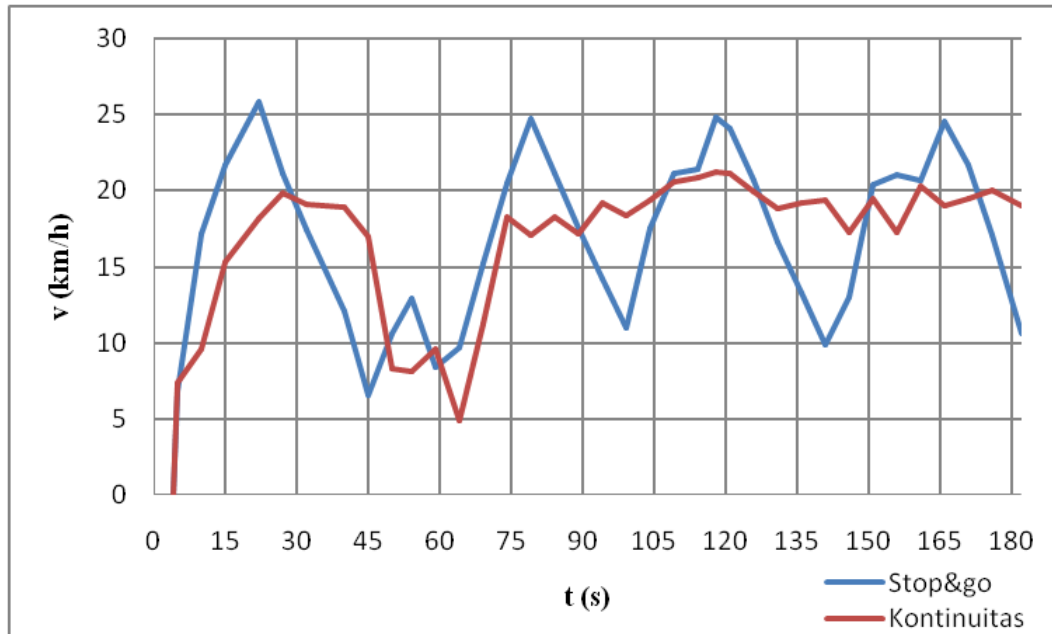
1. Mula-mula diambil data dari setiap pengujian yang dilakukan berdasarkan metode pengendalian pada masing-masing varian kecepatan.
2. Kemudian menghitung jumlah konsumsi bahan bakar pada masing-masing pengujian dan membandingkan setiap konsumsi bahan bakar yang telah dihabiskan.
3. Kemudian menghitung *flow rate* injektor *engine* yang digunakan pada penelitian.
4. Selanjutnya menghitung jumlah data parameter *engine* dari masing-masing varian kecepatan dan metode pengendalian yang telah dilakukan pada saat pengujian berdasarkan data yang disimpan oleh ECU dan data kecepatan kendaraan berdasarkan video.
5. Dan yang terakhir adalah membandingkan data yang diperoleh dari ECU dan video untuk menentukan apakah perbedaan metode pengendalian dan varian kecepatan memiliki perbedaan nilai konsumsi bahan bakar dan parameter kerja *engine* yang signifikan atau tidak.

BAB IV

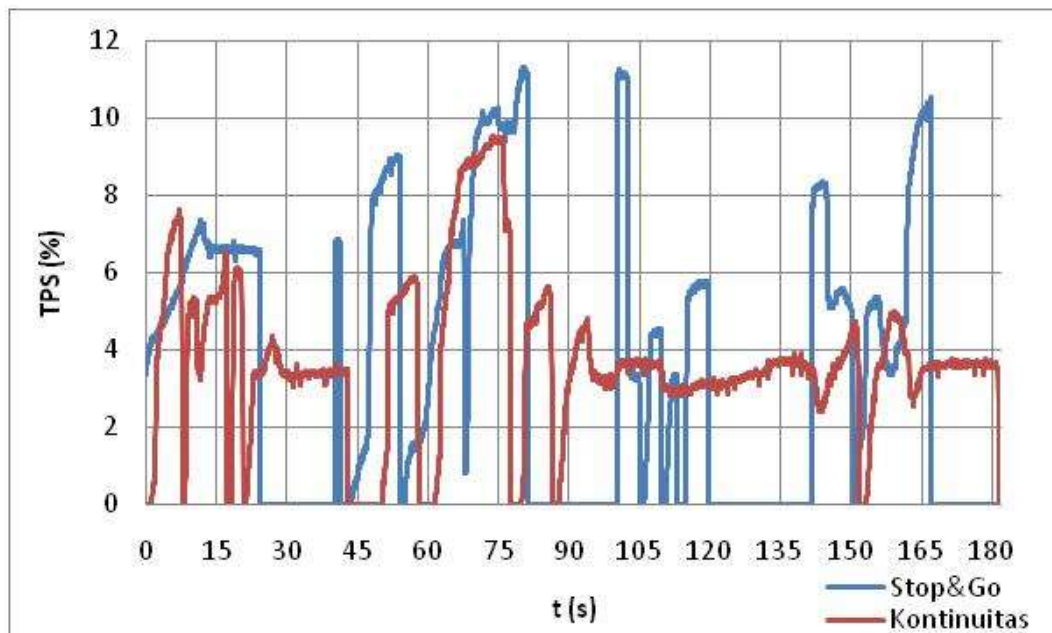
HASIL PENELITIAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

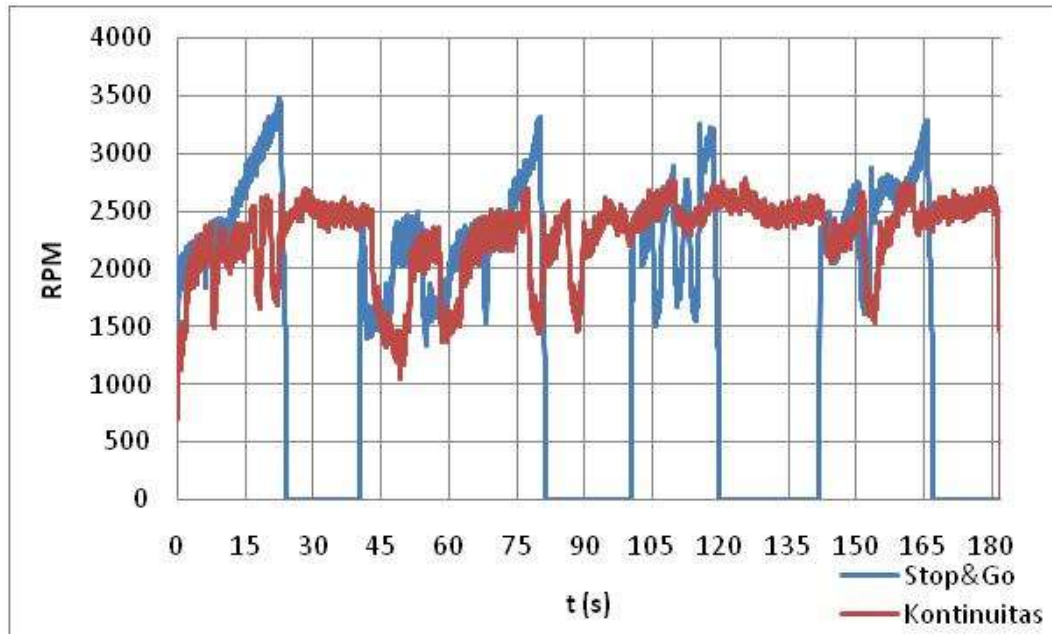
Data di bawah ini didapatkan dari hasil pengujian pada lintasan dengan panjang 832 m. Temperatur *engine* yang tercatat adalah 48,9° C sampai 80,2° C. Pengujian ini menggunakan tiga varian kecepatan dengan dua metode pengendalian, yaitu *stop and go*, dan kontinuitas. Varian satu dengan kecepatan rata-rata 16,83 km/jam dan target waktu tempuh maksimal 180 detik, varian dua dengan kecepatan rata-rata 18,37 km/jam dan target waktu tempuh maksimal 165 detik, serta varian tiga dengan kecepatan rata-rata 20,95 km/jam dan target waktu tempuh maksimal 145 detik. Setiap varian dan metode diuji minimal sebanyak 3 kali, kemudian diambil satu data dari masing-masing varian untuk dianalisis. Dari data hasil pengujian menggunakan varian kecepatan satu, maka didapatkan grafik perbandingan kecepatan – persentase buka *throttle* – putaran *engine* – AFR – MAP – konsumsi bahan bakar sebagai berikut :



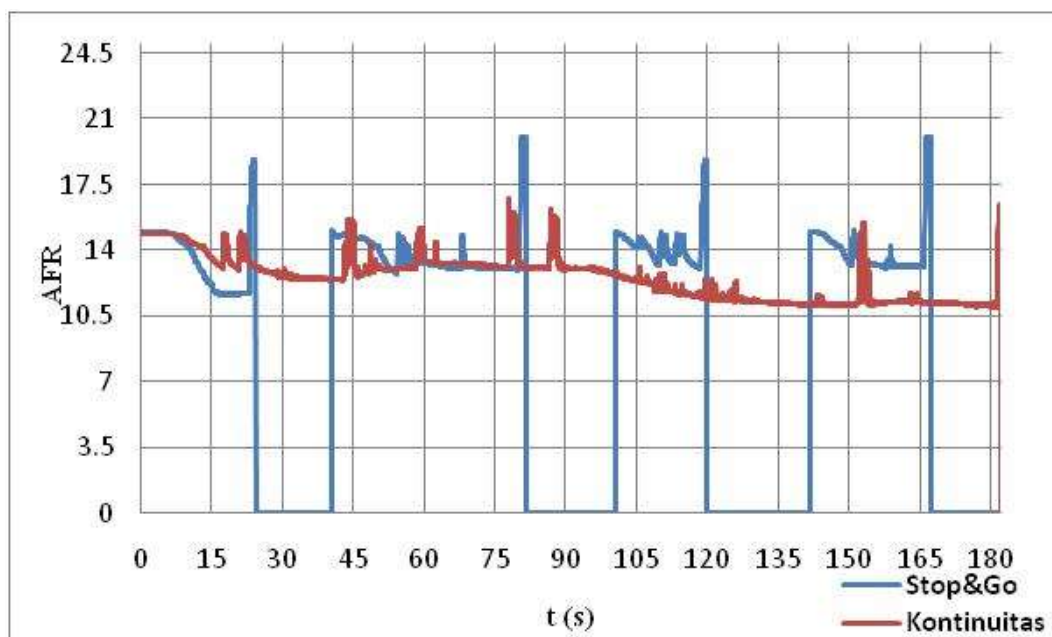
Gambar 4.1 Perbandingan Kecepatan Varian Satu



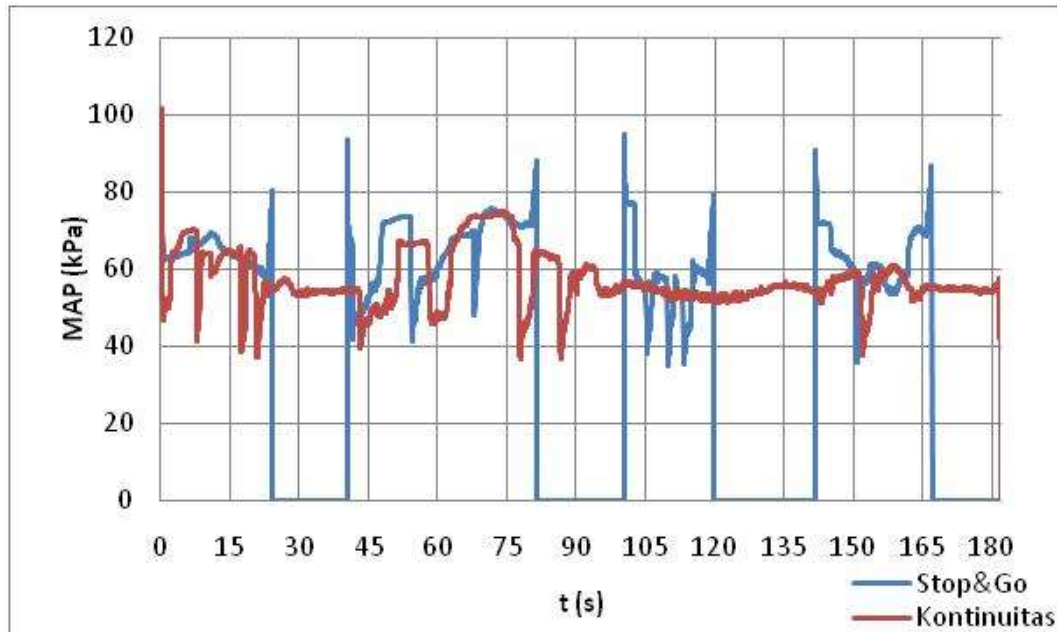
Gambar 4.2 Perbandingan Persentase Buka Throttle Varian Satu



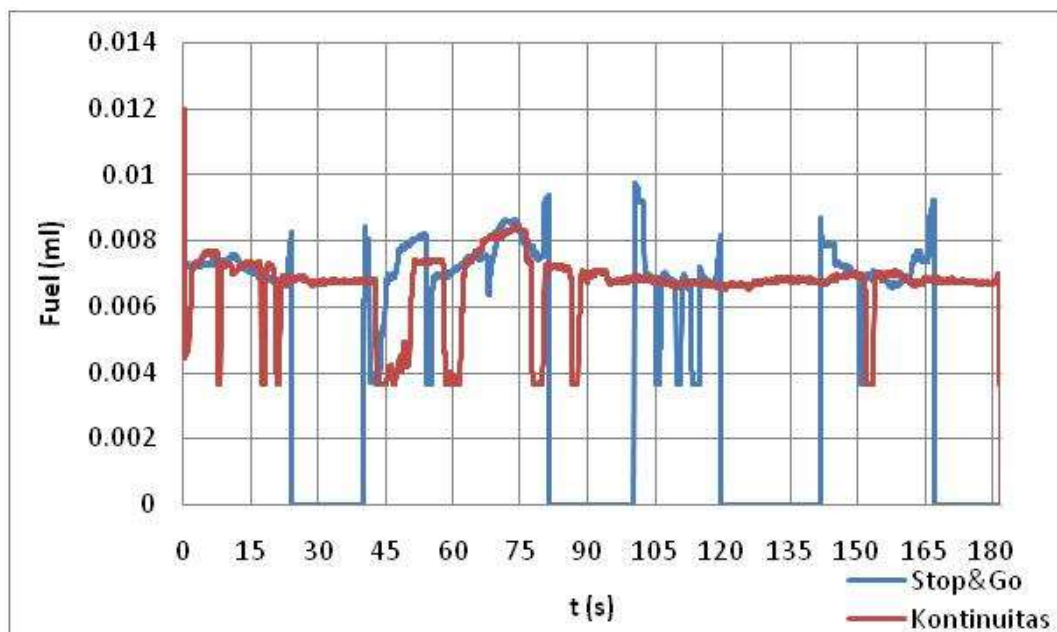
Gambar 4.3 Perbandingan Putaran *Engine* Varian Satu



Gambar 4.4 Perbandingan AFR Varian Satu



Gambar 4.5 Perbandingan MAP Varian Satu

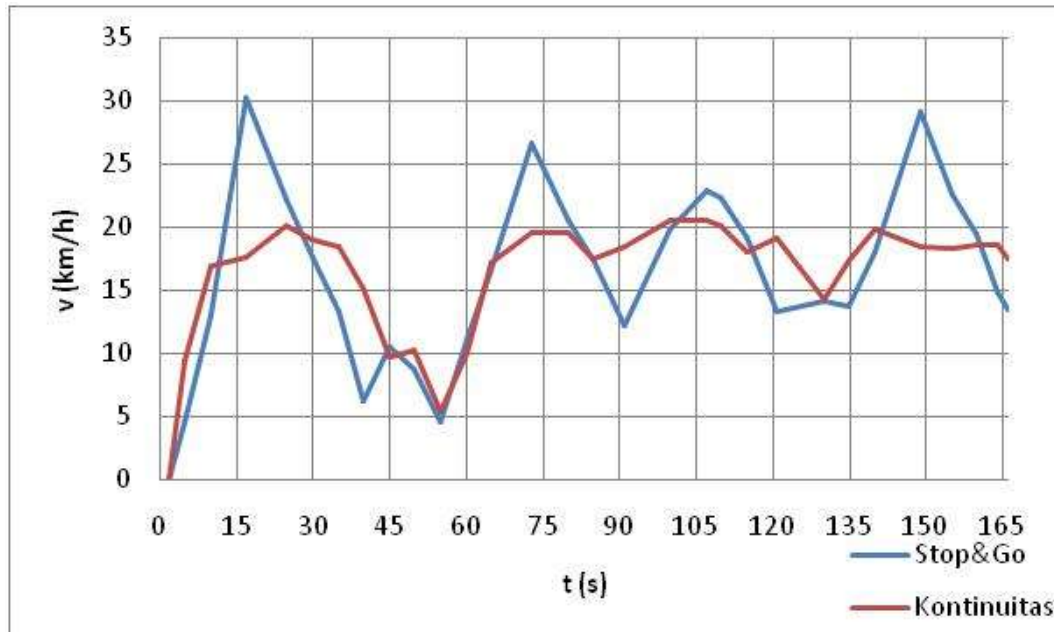


Gambar 4.6 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Varian Satu

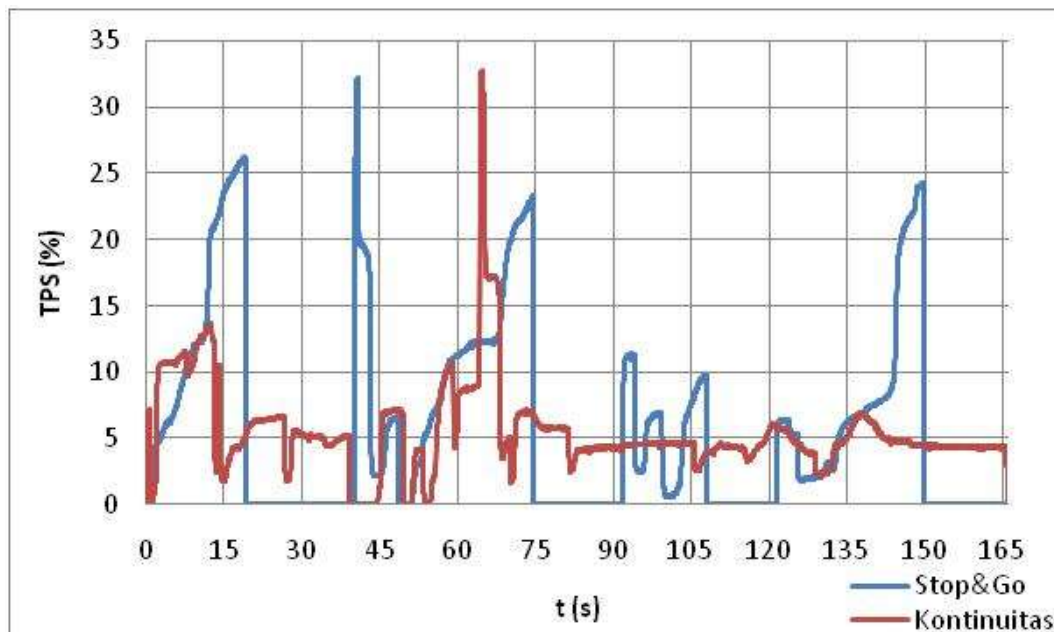
Gambar 4.2 menunjukkan besar persentase buka *throttle* pada kedua metode cukup variatif, pada metode kontinuitas persentasenya cenderung sebesar 3% sedangkan pada metode *stop and go* sesaat sebelum *engine*

dimatikan persentase buka *throttle*-nya selalu lebih dari 5%. Pada gambar 4.1 dan 4.3 menunjukkan kecepatan kendaraan, dan putaran *engine* linier, semakin besar putaran *engine*, maka kecepatan kendaraan semakin meningkat. Pada metode *stop and go* putarannya *engine* selalu lebih dari 3200 RPM sesaat sebelum dimatikan, sedangkan pada metode kontinuitas putaran *engine* cenderung berada pada angka 2000 – 2700 RPM. Gambar 4.3, 4.5 dan 4.6 menunjukkan tekanan absolut pada *intake manifold* berbanding lurus dengan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, juga dengan putaran *engine*, namun pada saat *starting* tekanan absolut pada *intake manifold* sangat besar sedangkan putaran *engine* masih rendah. Tekanan pada *intake manifold* cukup variatif di kedua metode dan cenderung berada pada angka 40 – 80 kPa. Banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan 0,003 – 0,009 ml/s pada kedua metode, namun metode kontinuitas cenderung lebih stabil di angka 0,007 ml/s. Gambar 4.4 menunjukkan AFR pada metode *stop and go* cenderung berada di angka 13 : 1 sampai 15 : 1, namun pada putaran *engine* tertinggi atau sesaat sebelum *engine* dimatikan, AFR selalu > 18 : 1, pada rentang waktu ini untuk beberapa saat terjadi kondisi *deceleration leaning* dimana putaran *engine* berubah dari tinggi ke rendah yang terjadi secara tiba-tiba, berdasarkan TPS dimana persentase buka *throttle* yang berubah drastis, ECU mengurangi suplai bahan bakar dan mempersingkat durasi penginjeksian atau memperkecil *injection pulse width* sedangkan pada metode kontinuitas AFR cenderung stabil di angka 16 : 1 sampai 11 : 1 hal ini dikarenakan pengemudi hanya mempertahankan kendaraan sesuai target kecepatan berdasarkan speedometer dan putaran *engine*. ECU menyesuaikan AFR yang ditargetkan berdasarkan sinyal yang dikirimkan oleh masing-masing sensor.

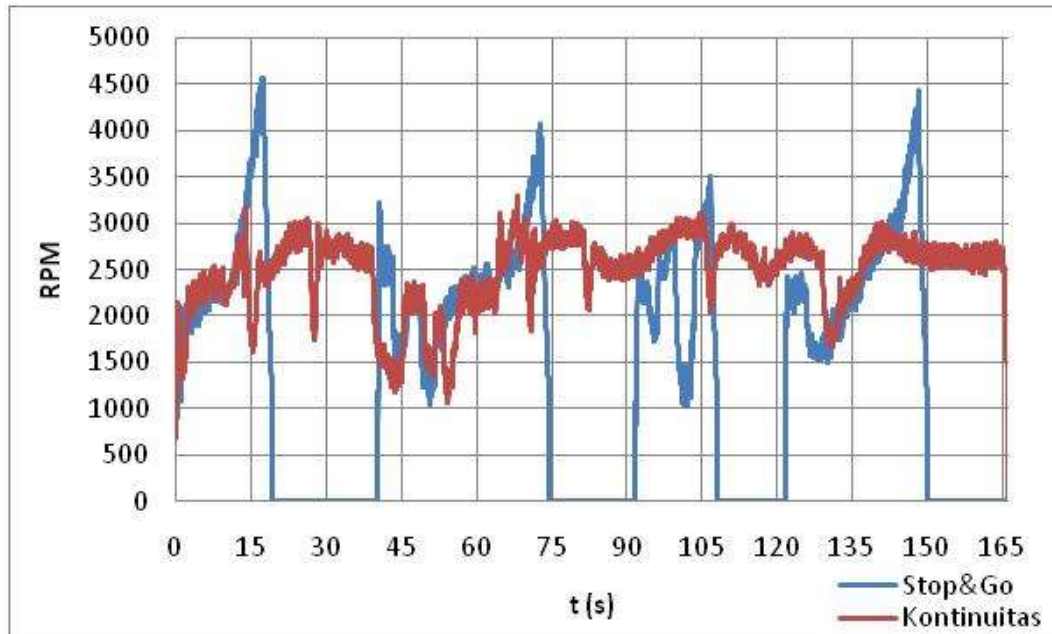
Dari data hasil pengujian menggunakan varian kecepatan dua, maka didapatkan grafik perbandingan kecepatan – persentase buka *throttle* – putaran *engine* – AFR – MAP – konsumsi bahan bakar sebagai berikut :



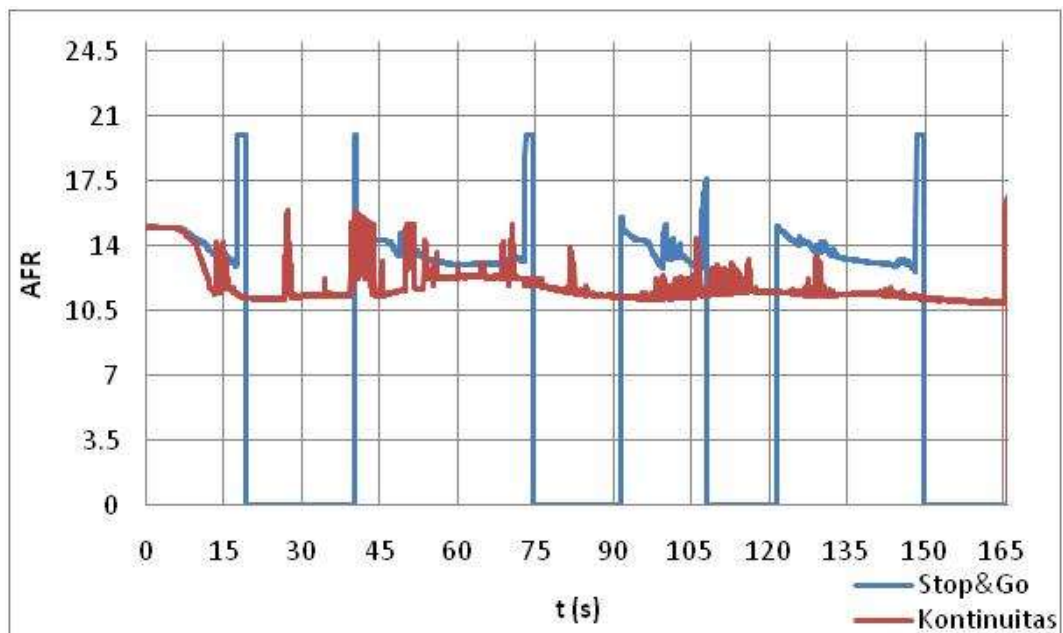
Gambar 4.7 Perbandingan Kecepatan Varian Dua



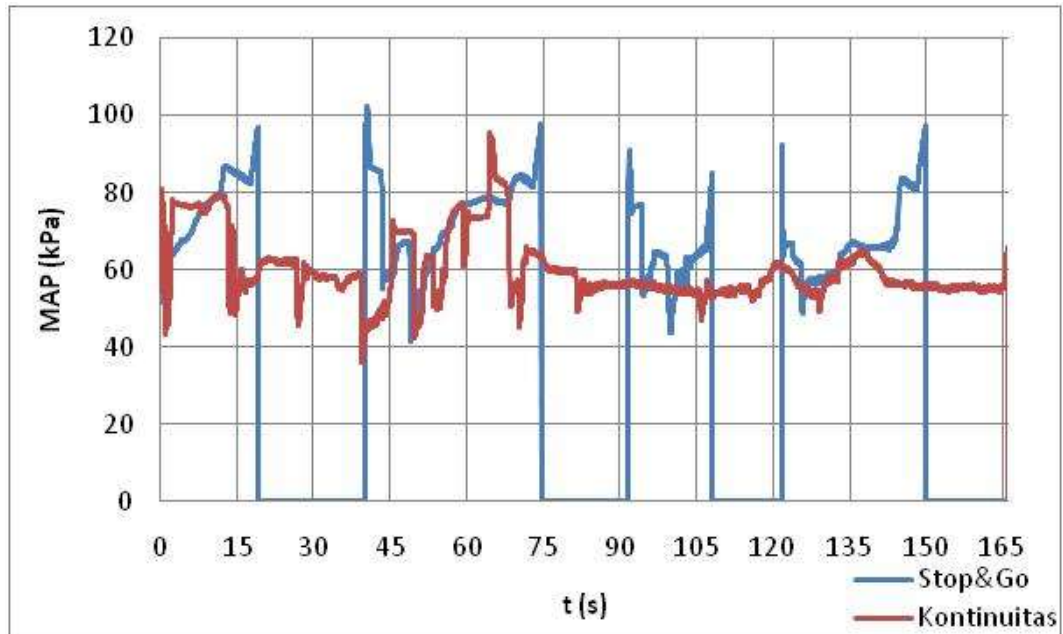
Gambar 4.8 Perbandingan Persentase Buka Throttle Varian Dua



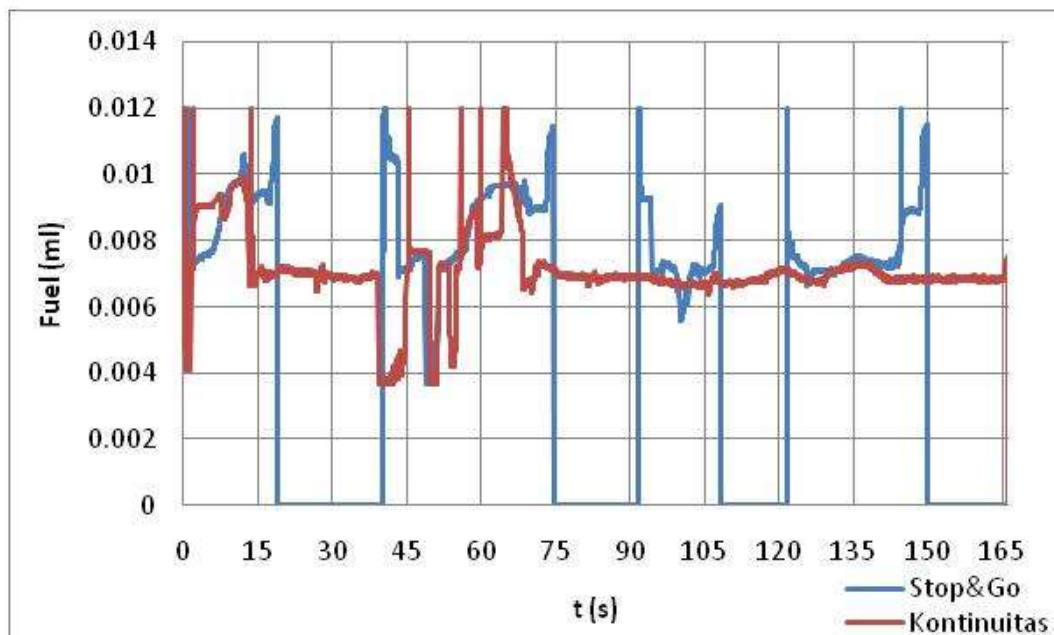
Gambar 4.9 Perbandingan Putaran *Engine* Varian Dua



Gambar 4.10 Perbandingan AFR Varian Dua



Gambar 4.11 Perbandingan MAP Varian Dua



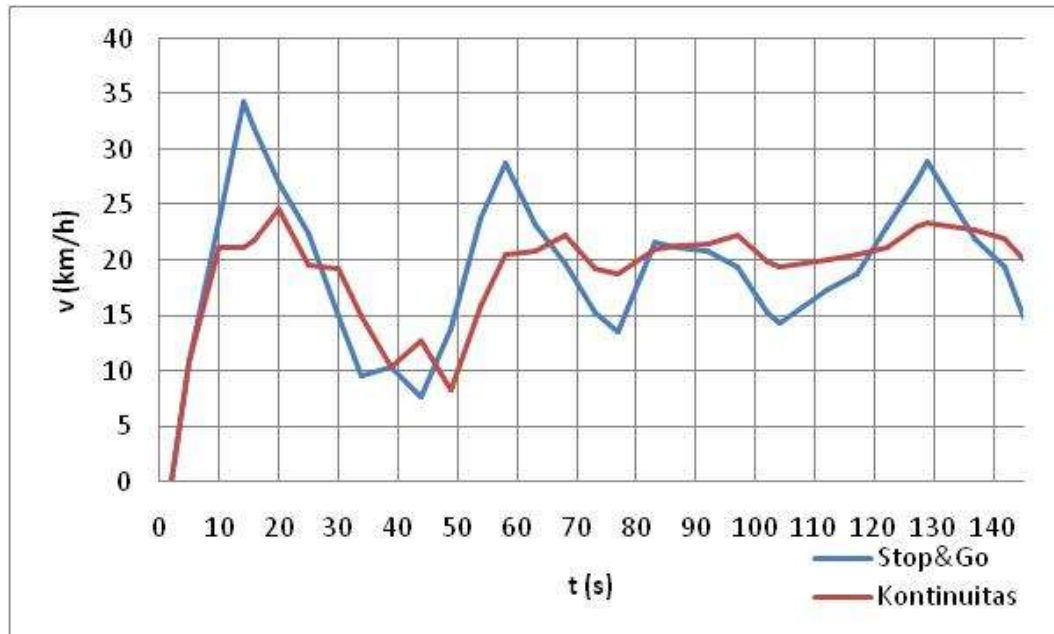
Gambar 4.12 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Varian Dua

Gambar 4.7 dan 4.9 menunjukkan kecepatan kendaraan dan putaran *engine* linier, semakin besar putaran *engine*, maka kecepatan kendaraan semakin meningkat.

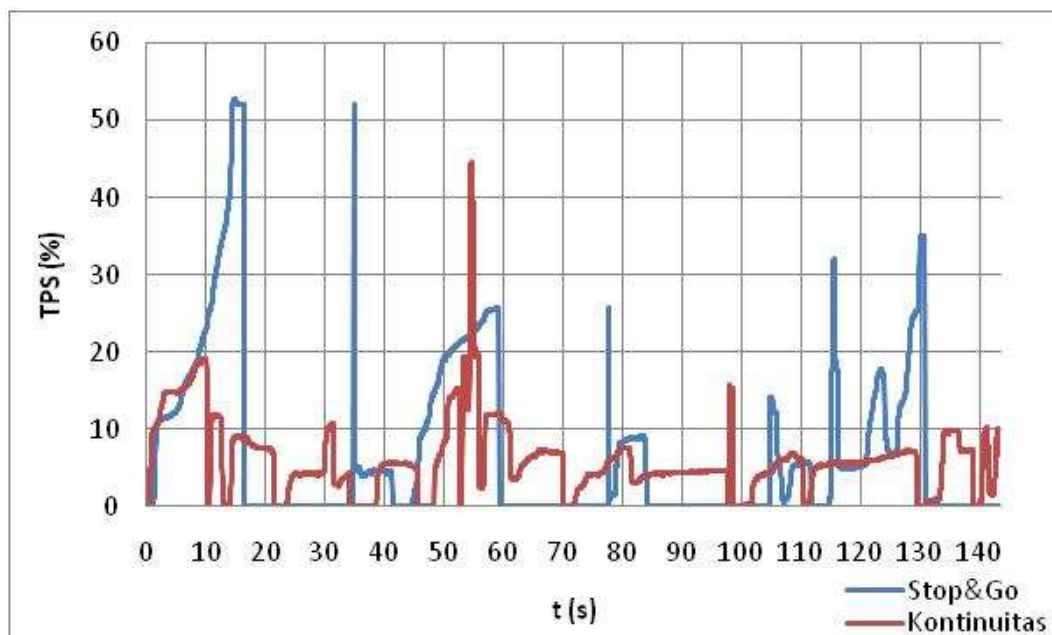
Gambar 4.8 menunjukkan besar persentase buka *throttle* pada kedua metode

cukup variatif, pada metode kontinuitas persentasenya cenderung sebesar 4% sedangkan pada metode *stop and go* sesaat sebelum *engine* dimatikan persentasenya selalu lebih dari 10%. Pada metode *stop and go* besar putaran *engine* sebelum dimatikan sebesar 4500 RPM, 3900 RPM, 3300 RPM, dan 4300 RPM.. Sedangkan pada metode kontinuitas putaran *engine* cenderung berada pada angka 2500 – 3000 RPM. Gambar 4.9, 4.11 dan 4.12 menunjukkan tekanan absolut pada *intake manifold* berbanding lurus dengan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, juga dengan putaran *engine*, hanya saja saat awal *engine* dinyalakan tekanan pada *intake manifold* besar sedangkan putaran *engine* masih rendah. Tekanan pada *intake manifold* cukup variatif di kedua metode dan cenderung berada pada angka 40 – 80 kPa. Banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan berada diangka 0,003 – 0,012 ml/s pada kedua metode, namun metode kontinuitas cenderung lebih stabil di angka 0,007 ml/s. Gambar 4.10 menunjukkan AFR pada metode *stop and go* cenderung berada di angka 13 : 1 sampai 15 : 1, terlihat pada putaran *engine* tertinggi atau sesaat sebelum dimatikan, $AFR > 17 : 1$ dan $> 20 : 1$, pada rentang waktu ini untuk beberapa saat terjadi kondisi *deceleration leaning* dimana putaran *engine* berubah dari tinggi ke rendah yang terjadi secara tiba-tiba, berdasarkan TPS dimana persentase buka *throttle* yang berubah drastis ECU mengurangi suplai bahan bakar dan mempersingkat durasi penginjeksian atau memperkecil *injection pulse width*. Sedangkan pada metode kontinuitas AFR cenderung stabil di angka 16 : 1 sampai 11 : 1, dan cenderung stabil pada angka 11 : 1, ini dikarenakan pengemudi hanya mempertahankan kendaraan sesuai target kecepatan berdasarkan speedometer dan putaran *engine*.

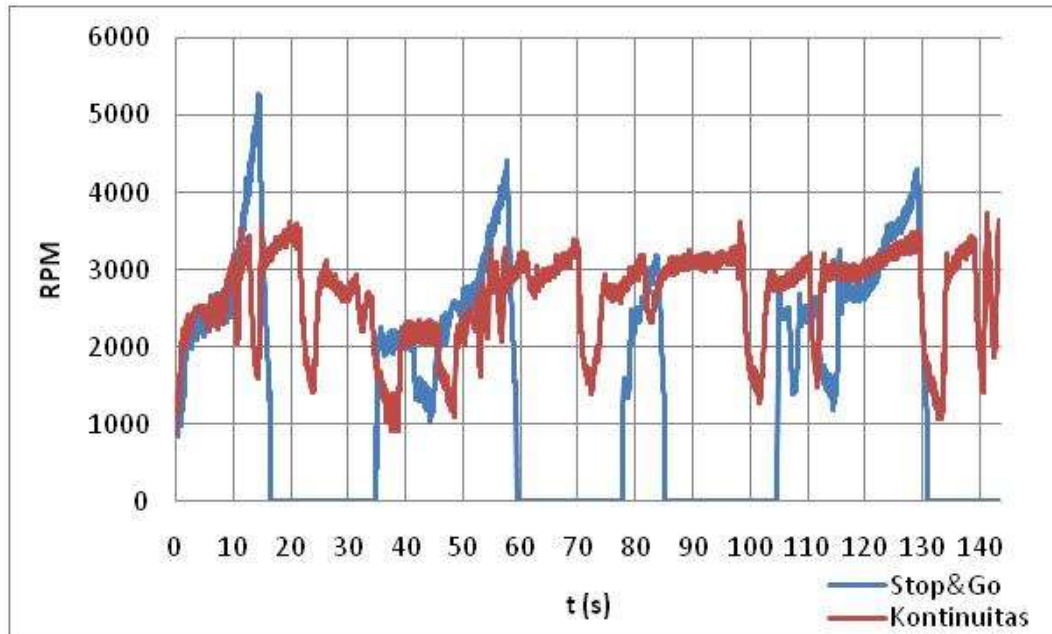
Dari data hasil pengujian menggunakan varian kecepatan tiga, maka didapatkan grafik perbandingan kecepatan – persentase buka *throttle* – putaran *engine* – AFR – MAP – konsumsi bahan bakar sebagai berikut :



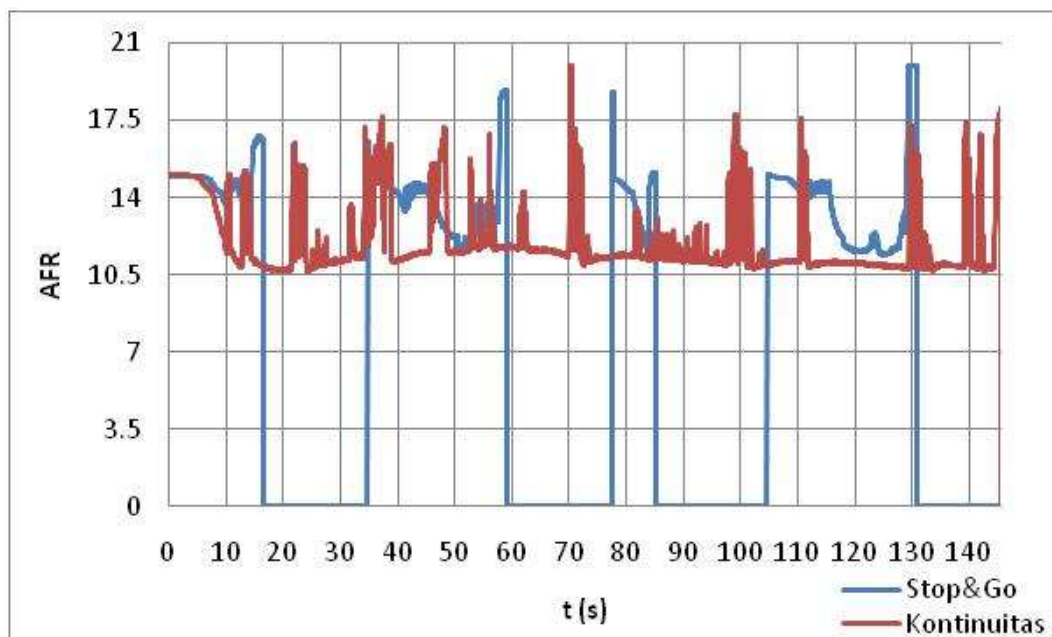
Gambar 4.13 Perbandingan Kecepatan Varian Tiga



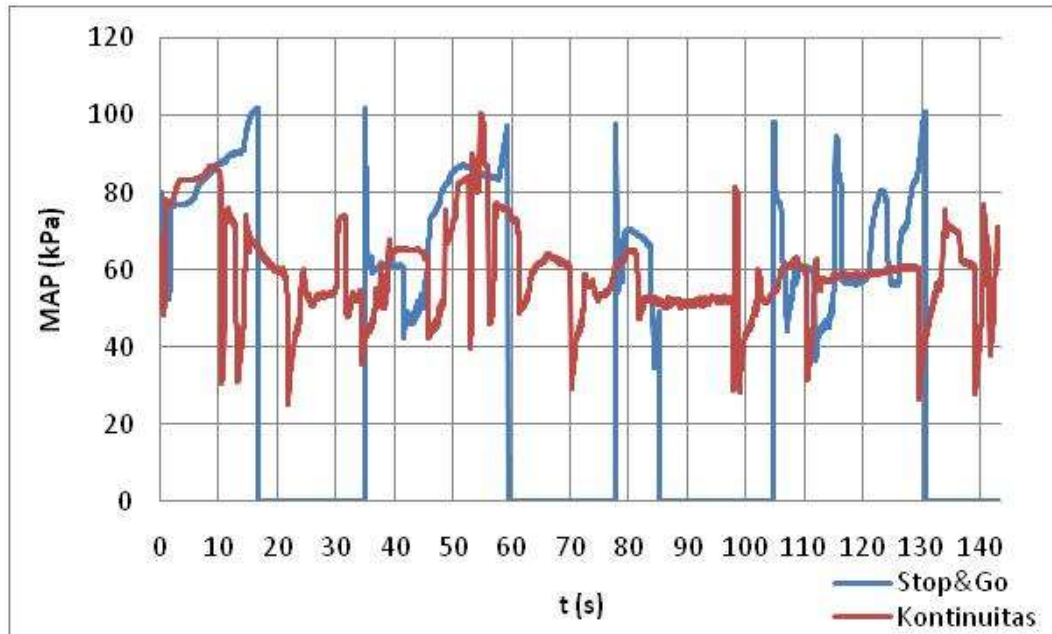
Gambar 4.14 Perbandingan Persentase Buka *Throttle* Varian Tiga



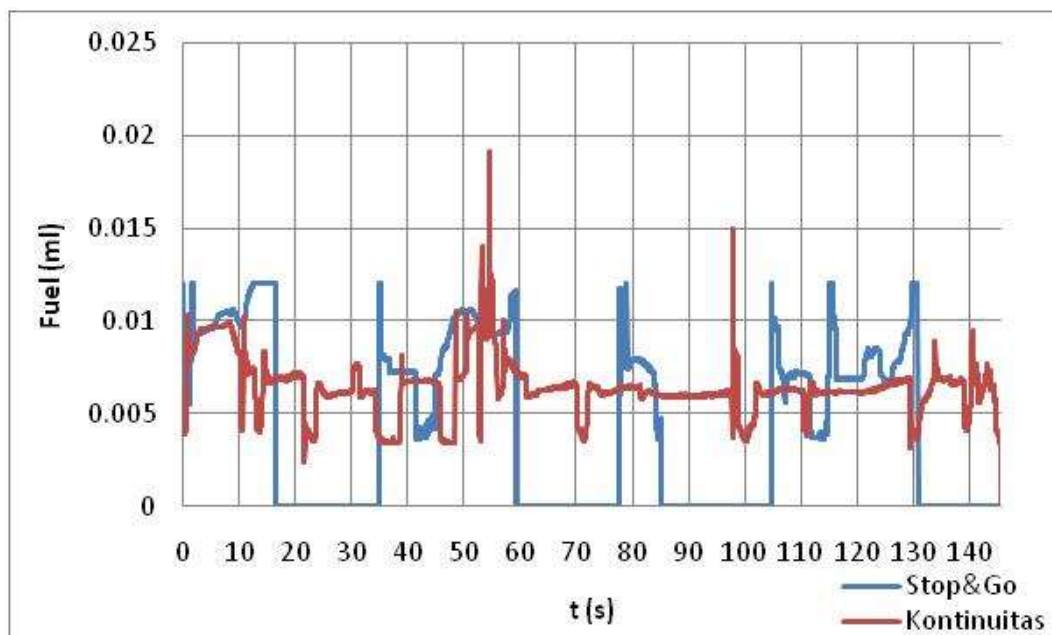
Gambar 4.15 Perbandingan Putaran *Engine* Varian Tiga



Gambar 4.16 Perbandingan AFR Varian Tiga



Gambar 4.17 Perbandingan MAP Varian Tiga



Gambar 4.18 Perbandingan Konsumsi Bahan bakar Varian Tiga

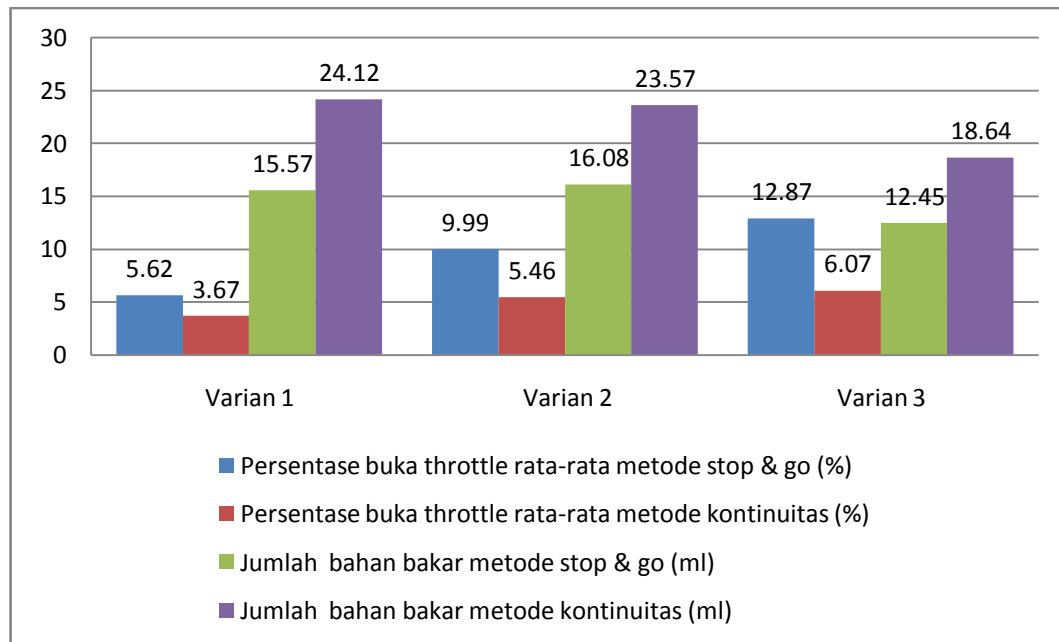
Gambar 4.13 dan 4.15 menunjukkan kecepatan kendaraan, dan putaran *engine* linier, semakin besar putaran *engine*, maka kecepatan kendaraan semakin meningkat. Gambar 4.12 menunjukkan besar persentase buka *throttle* pada kedua metode cukup variatif, pada metode kontinuitas persentasenya cenderung sebesar

6% sedangkan pada metode *stop and go* sesaat sebelum *engine* dimatikan persentasenya cenderung lebih dari 20%. Pada metode *stop and go* besar putaran *engine* sebelum dimatikan sebesar 5200 RPM, 4200 RPM, 3000 RPM, dan 4200 RPM. Sedangkan pada metode kontinuitas putaran *engine* cenderung berada pada angka 2600 – 3400 RPM. Gambar 4.15, 4.17, dan 4.18 menunjukkan tekanan absolut pada *intake manifold* berbanding lurus dengan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, juga dengan putaran *engine*, hanya saja saat awal *engine* dinyalakan tekanan pada *intake manifold* besar sedangkan putaran *engine* masih rendah. Tekanan pada *intake manifold* cukup variatif di kedua metode, pada metode *stop and go* tekanan cenderung berada pada angka 60 – 90 kPa dan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan cenderung berada di angka 0,003 – 0,012 ml/s. Pada metode kontinuitas tekanan *intake manifold* cenderung berkisar di angka 40 – 60 kPa dengan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan cenderung berada di angka 0,003 – 0,01 ml/s. Gambar 4.16 menunjukkan AFR pada metode *stop and go* cenderung berada di angka 12 : 1 sampai 15 : 1, namun pada putaran *engine* tertinggi atau sesaat sebelum *engine* dimatikan, AFR selalu > 15 : 1 pada rentang waktu ini untuk beberapa saat terjadi kondisi *deceleration leaning* dimana putaran *engine* berubah dari tinggi ke rendah yang terjadi secara tiba-tiba, berdasarkan TPS dimana persentase buka *throttle* yang berubah drastis ECU mengurangi suplai bahan bakar dan mempersingkat durasi penginjeksian atau memperkecil *injection pulse width*. Sedangkan pada metode kontinuitas AFR berada di angka 17 : 1 sampai 11 : 1.

4.2 Analisis Data Hasil Penelitian

4.2.1 Analisis Data Persentase Buka *Throttle*

Gambar 4.19 menampilkan perbandingan persentase buka *throttle* rata-rata metode *stop and go* dan metode kontinuitas tiap varian pada kondisi *engine* menyala.



Gambar 4.19 Perbandingan Persentase Buka *Throttle* Setiap Varian

Berdasarkan gambar 4.19 ketika kondisi *engine* menyala persentase buka *throttle* rata-rata metode *stop and go* selalu lebih besar dari metode kontinuitas, namun sebaliknya untuk jumlah bahan bakar yang diinjeksikan dimana metode kontinuitas selalu lebih besar. Berdasarkan besar persentase buka *throttle* rata-rata ketika *engine* menyala, maka :

Metode *Stop and Go* > Metode Kontinuitas

Varian satu memiliki persentase buka *throttle* rata-rata sebesar 5,62% dengan metode *stop and go* dan sebesar 3,67% dengan metode kontinuitas, kemudian varian dua memiliki persentase buka *throttle* rata-rata sebesar 9,99% dengan metode *stop and go* dan sebesar 5,46% dengan metode kontinuitas, serta varian

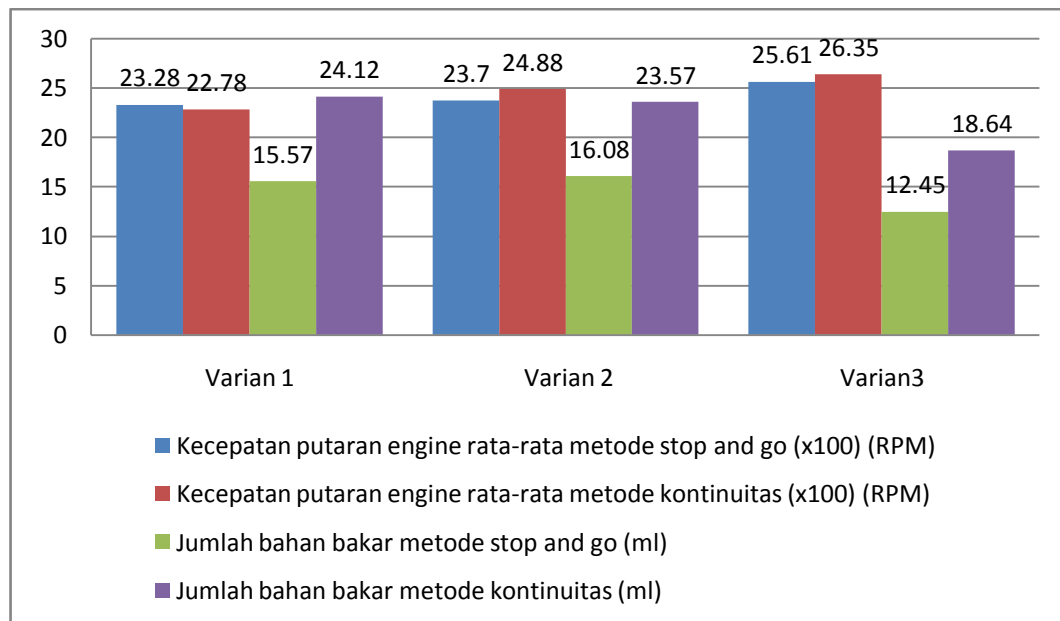
tiga yang memiliki persentase buka *throttle* rata-rata paling besar diantara varian lainnya, baik pada *metode stop and go* dengan persentase 12,87% juga metode kontinuitas dengan persentase 6,07 %. Sehingga urutan varian dengan persentase buka *throttle* terbesar ke yang terkecil adalah sebagai berikut ;

Varian Tiga > Varian Dua > Varian Satu

Semakin besar kecepatan rata-rata, semakin sedikit waktu tempuh, maka persentase buka *throttle* rata-rata semakin besar.

4.2.2 Analisis Data Perbandingan Putaran *Engine*

Gambar 4.20 menampilkan perbandingan putaran *engine* rata-rata metode *stop and go* dan metode kontinuitas tiap varian pada kondisi *engine* menyala.



Gambar 4.20 Perbandingan Putaran *Engine* Setiap Varian

Pada gambar 4.20 terlihat bahwa besar putaran *engine* rata-rata antara kedua metode memiliki selisih yang tidak terlalu signifikan, selisihnya tidak lebih dari 120 RPM pada masing-masing varian kecepatan. Namun perbedaan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan antara kedua metode cukup signifikan, diketahui bahwa pada metode *stop and go* terdapat kondisi dimana kendaraan melaju tanpa

menyalakan *engine*. Varian satu memiliki putaran *engine* rata-rata sebanyak 2300 RPM, kemudian 2400 RPM pada varian dua, dan 2500 RPM pada varian tiga. Sehingga urutan varian dengan putaran terbesar ke yang terkecil adalah sebagai berikut :

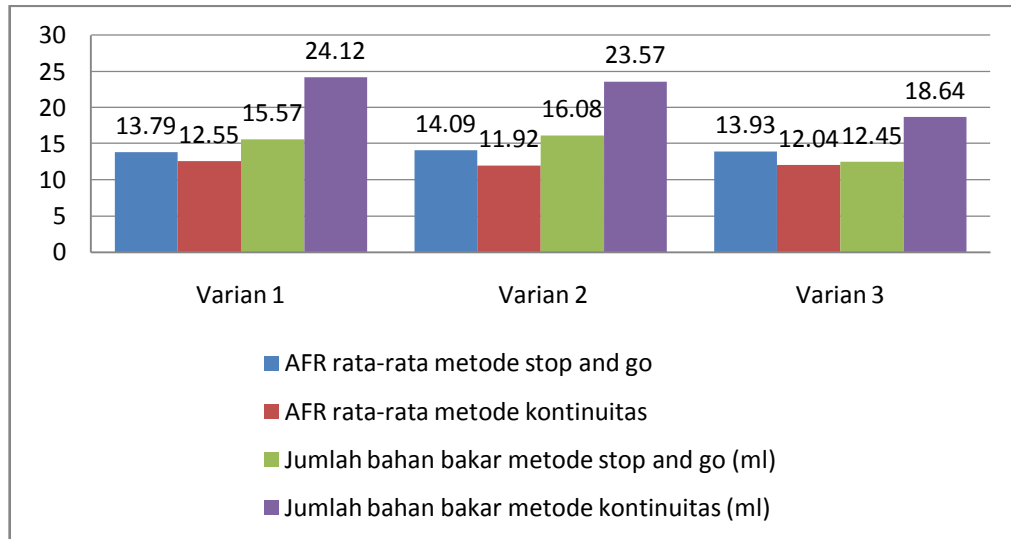
Varian Tiga > Varian Dua > Varian Satu

Berdasarkan persamaan $\dot{m}_f = mf \times N \times \frac{1 \text{ siklus}}{2 \text{ putaran}}$, maka didapatkan laju bahan bakar rata-rata (\dot{m}_f) pada varian satu dengan metode *stop and go* sebesar $128,932 \cdot 10^{-6}$ kg/s dan $124,834 \cdot 10^{-6}$ kg/s dengan metode kontinuitas, kemudian pada varian dua dengan metode *stop and go* laju bahan bakar rata-rata sebesar $143,78 \cdot 10^{-6}$ kg/s dan $150,93 \cdot 10^{-6}$ kg/s dengan metode kontinuitas, serta pada varian tiga dengan metode *stop and go* laju bahan bakar rata-rata sebesar $158,227 \cdot 10^{-6}$ kg/s dan $155,39 \cdot 10^{-6}$ kg/s dengan metode kontinuitas. Laju bahan bakar rata-rata (\dot{m}_f) metode *stop and go* cenderung lebih besar dari metode kontinuitas, dan semakin besar putaran *engine* rata-ratanya, laju bahan bakar rata-ratanya juga semakin besar.

Meskipun demikian, gambar 4.20 menunjukkan jumlah bahan bakar terendah berada pada varian tiga dengan putaran *engine* rata-rata paling besar, hal ini disebabkan oleh jumlah *injection pulse width* (t) yang berbanding terbalik dengan besar putaran *engine* rata-rata, ini menyebabkan volume bahan bakar yang diinjeksikan semakin berkurang seiring bertambahnya besar putaran *engine*, pada putaran *engine* yang lebih rendah dengan waktu yang lebih lama per siklusnya menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat. Dengan persamaan $FC = \frac{\dot{m}_f}{2\pi N\tau}$, dimana putaran *engine* (N) semakin besar hingga putaran tertentu, maka nilai *brake specific fuel consumption* akan semakin kecil.

4.2.3 Analisis Data Perbandingan AFR

Gambar 4.21 menampilkan perbandingan AFR rata-rata metode *stop and go* dan metode kontinuitas tiap varian pada kondisi *engine* menyala.



Gambar 4.21 Perbandingan AFR Setiap Varian

Berdasarkan gambar 4.21 metode *stop and go* memiliki nilai AFR rata-rata $> 13 : 1$, hal ini mengidentifikasikan *engine* mencapai kondisi *light-load ordinary running*, sedangkan pada metode kontinuitas nilai AFR rata-rata $< 13 : 1$ yang mengidentifikasikan *engine* berada pada kondisi *low speed running*, dengan *load* lebih kecil dari metode *stop and go*. Jika dibandingkan besar AFR rata-rata antara kedua metode, maka :

Metode Stop and Go > Metode Kontinuitas

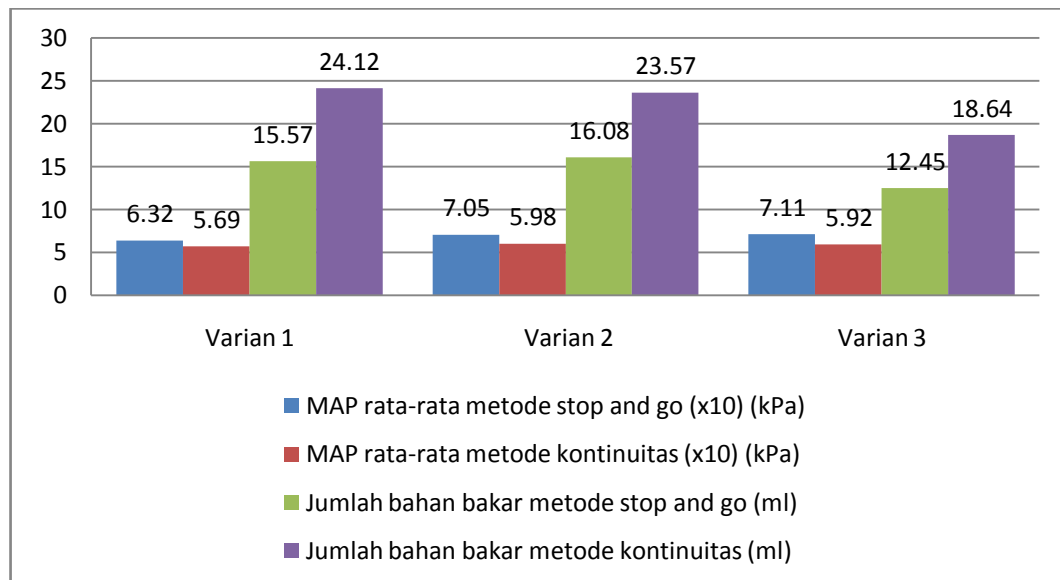
AFR rata-rata pada metode *stop and go* selalu lebih besar dikarenakan pada metode *stop and go* pengemudi melakukan akselerasi dengan persentase buka *throttle* lebih besar dari metode kontinuitas yang mengakibatkan *engine* berputar dari putaran rendah hingga putaran tinggi. Berdasarkan tekanan absolut pada *intake manifold*, nilai laju udara (*ma*) semakin tinggi dikarenakan *load* yang lebih besar. Gambar 4.4, 4.10, dan 4.16, menunjukkan pada metode *stop and go* AFR

sangat *lean* sesaat sebelum *engine* mati, pada rentang waktu ini untuk beberapa saat terjadi kondisi *deceleration leaning* dimana putaran *engine* berubah dari tinggi ke rendah yang terjadi secara cepat.

AFR rata-rata dengan metode *stop and go* pada varian satu sebesar 13,79 : 1 kemudian pada varian dua sebesar 14,09 : 1, dan pada varian tiga sebesar 13,93 : 1. Dengan metode kontinuitas AFR rata-rata pada varian satu sebesar 12,55 : 1, kemudian 11,92 : 1 pada varian dua, dan 12,04 : 1 pada varian tiga. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan pada varian tiga paling sedikit jika dibandingkan dengan varian lain. Dengan persamaan $mf = \frac{ma}{AF}$ didapatkan laju bahan bakar rata-rata per siklus pada varian satu dengan metode *stop and go* sebesar $6,646 \times 10^{-6}$ kg/sik, dan $6,576 \times 10^{-6}$ kg/sik dengan metode kontinuitas, kemudian pada varian dua dengan metode *stop and go* laju bahan bakar rata-ratanya sebesar $7,282 \times 10^{-6}$ kg/sik dan $7,280 \times 10^{-6}$ kg/sik dengan metode kontinuitas, serta pada varian tiga dengan metode *stop and go* laju bahan bakar rata-ratanya sebesar $7,414 \times 10^{-6}$ kg/sik dan $7,077 \times 10^{-6}$ kg/sik dengan metode kontinuitas. Besar laju bahan bakar rata-rata per siklus metode *stop and go* cenderung selalu lebih besar dibanding metode kontinuitas.

4.2.4 Analisis Data Perbandingan MAP

Gambar 4.22 menampilkan perbandingan tekanan absolut pada *intake manifold* rata-rata metode *stop and go* dan metode kontinuitas tiap varian pada kondisi *engine* menyala.



Gambar 4.22 Perbandingan MAP Setiap Varian

Gambar 4.22 metode *stop and go* memiliki nilai MAP rata-rata > 60 kPa, dengan nilai sebesar 63,2 kPa pada varian satu, kemudian 70,5 kPa pada varian dua, dan 71,1 kPa pada varian tiga, sedangkan pada metode kontinuitas nilai MAP rata-rata < 60 kPa, dengan nilai 56,9 kPa pada varian satu, kemudian 59,8 kPa pada varian dua, dan 59,2 kPa pada varian tiga. Berdasarkan nilai MAP rata-rata kedua metode, maka besar nilai MAP rata-rata :

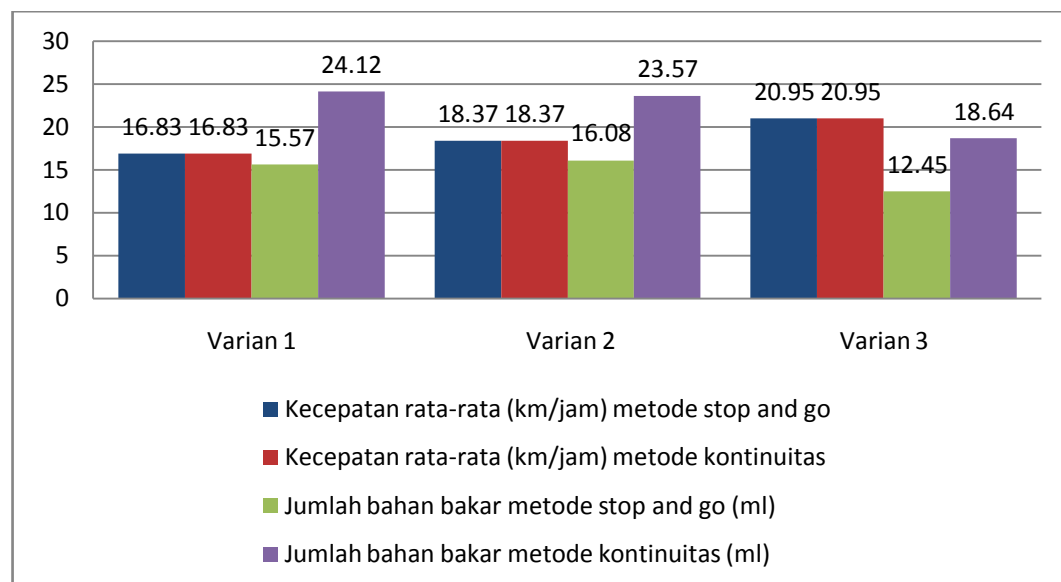
Metode *Stop and Go* > Metode Kontinuitas

Dengan persamaan $ma = \frac{P V_{bdc}}{R T}$, pada varian satu dengan metode *stop and go* laju aliran udara rata-rata sebesar $91,65 \times 10^{-6}$ kg/siklus dan sebesar $82,53 \times 10^{-6}$ kg/siklus dengan metode kontinuitas, kemudian pada varian dua dengan metode *stop and go* besar laju aliran udara rata-rata $102,61 \times 10^{-6}$

kg/siklus dan sebesar $86,86 \times 10^{-6}$ kg/siklus, serta pada varian tiga dengan metode *stop and go* besar laju aliran udara rata-rata $103,28 \times 10^{-6}$ kg/siklus dan sebesar $85,20 \times 10^{-6}$ kg/siklus. Semakin besar tekanan absolut pada *intake manifold*, maka laju aliran udara (ma) semakin besar, dan semakin besar varian kecepatan nilai MAP rata-rata cenderung semakin besar.

4.2.5 Analisis Data Kecepatan

Gambar 4.23 menampilkan perbandingan kecepatan rata-rata metode *stop and go* dan metode kontinuitas tiap varian.

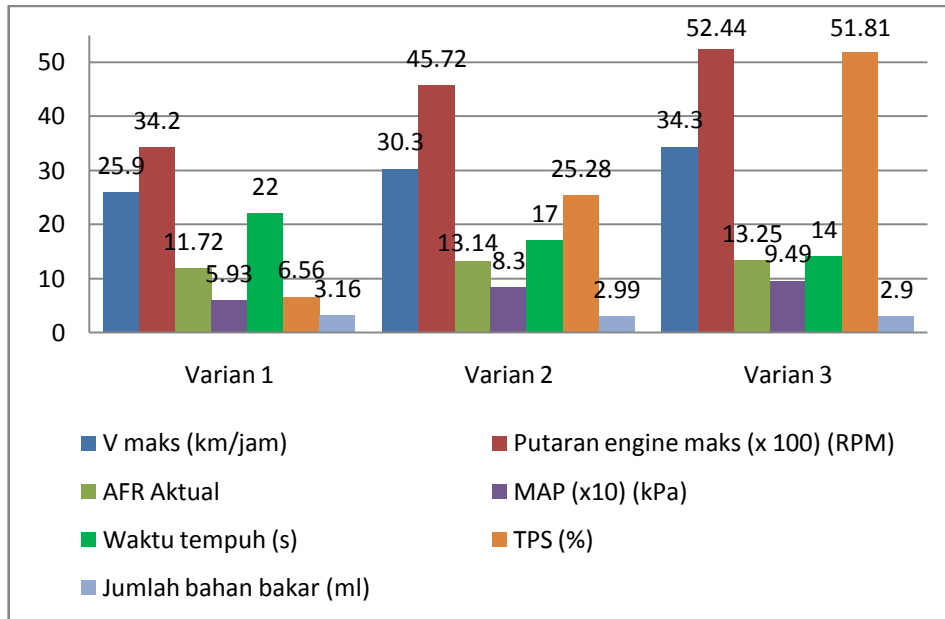


Gambar 4.23 Perbandingan Kecepatan Rata - Rata Setiap Varian

Gambar 4.23 menunjukkan bahwa dengan kecepatan rata-rata yang sama, jumlah bahan bakar yang diinjeksikan pada metode *stop and go* lebih sedikit dibandingkan dengan metode kontinuitas, hal ini dikarenakan pada metode *stop and go* terdapat kondisi dimana kendaraan melaju tanpa menyalakan *engine*, pengemudi memanfaatkan gaya inersia kendaraan dengan cara membuka *throttle* secara berurut mencapai putaran *engine* tinggi, kendaraan melakukan akselerasi dari kecepatan awal (V_0) hingga kecepatan maksimal (V_t) kemudian *engine*

dimatikan, dan kendaraan melakukan perpindahan tanpa menyalakan *engine*. Sedangkan pada metode kontinuitas kendaraan cenderung berada pada kecepatan yang sama sehingga nilai gaya inersia dapat diabaikan karena percepatan bernilai nol dan *engine* selalu menyala.

Berdasarkan persamaan $S = S_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$ didapatkan jumlah jarak kendaraan melaju tanpa menyalakan *engine* pada varian kecepatan satu sejauh 397,92 meter, kemudian pada varian dua sejauh 381,26 meter, serta pada varian tiga sejauh 435,37 meter. Pada metode kontinuitas terlihat bahwa semakin besar kecepatan rata-rata varian, jumlah bahan bakar yang diinjeksikan semakin sedikit, dimana kecepatan rata-rata kendaraan linier dengan besar putaran *engine* rata-ratanya. Dan berdasarkan persamaan $BSFC = \frac{\dot{m}_f}{2\pi N \tau}$ dimana putaran *engine* (N) semakin besar hingga putaran tertentu, maka nilai *brake specific fuel consumption* akan semakin kecil. Pada putaran *engine* rata-rata yang lebih besar jumlah *injection pulse width* (t) lebih singkat, sedangkan pada putaran *engine* rata-rata yang lebih rendah dengan waktu yang lebih lama per siklusnya menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat.



Gambar 4.24 Perbandingan Kecepatan V_0 - V_t Metode *Stop and Go*

Gambar 4.24 menampilkan perbandingan beberapa parameter kerja kendaraan dari mulai *start* (S_0) hingga kecepatan akhir (V_t). Varian satu memiliki nilai laju aliran udara (m_a) sebesar $85,87 \times 10^{-6}$ kg/siklus, kemudian laju aliran bahan bakar (m_f) sebesar $7,32 \times 10^{-6}$ kg/siklus, dan laju aliran bahan bakar rata-rata (\dot{m}_f) sebesar 0,267 ml/detik. Varian dua memiliki nilai laju aliran udara (m_a) sebesar $120,57 \times 10^{-6}$ kg/siklus, kemudian laju aliran bahan bakar (m_f) sebesar $9,17 \times 10^{-6}$ kg/siklus, dan laju bahan bakar rata-rata (\dot{m}_f) sebesar 0,447 ml/detik. Varian tiga memiliki nilai laju aliran udara (m_a) sebesar $137,84 \times 10^{-6}$ kg/siklus, kemudian laju aliran bahan bakar (m_f) sebesar $10,403 \times 10^{-6}$ kg/siklus, dan laju aliran bahan bakar rata-rata (\dot{m}_f) sebesar 0,582 ml/detik. Varian tiga dengan nilai \dot{m}_f terbesar mengkonsumsi bahan bakar terendah. Berdasarkan data ECU diketahui bahwa jumlah durasi injektor (ipw) varian tiga lebih singkat dari varian satu dan dua. Berdasarkan persamaan $a = \frac{V_t - V_0}{\Delta t}$ varian tiga memiliki percepatan sebesar 0,793 m/s², kemudian varian dua sebesar 0,601 m/s², dan terakhir varian satu sebesar 0,399 m/s². Varian tiga melakukan perpindahan kendaraan tanpa menyalakan

engine (gliding) sejauh 121,8 meter dari titik dimana pengemudi mematikan *engine*, kemudian varian dua sejauh 116,72 meter, dan varian satu sejauh 95,08 meter. Sehingga jika varian kecepatan diurutkan berdasarkan percepatan dan besar jarak perpindahan yang dilakukan tanpa menyalakan *engine*, maka :

Varian Tiga > Varian Dua > Varian Satu

4.2.6 Analisis Data Konsumsi Bahan Bakar Setiap Pengujian

Konsumsi bahan bakar pada penelitian ini dihitung berdasarkan buret ukur dengan dengan volume 50 ml dan data pada ECU. Untuk mengetahui nilai dari konsumsi bahan bakar pada penelitian ini, menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Hasil} = \frac{\text{Jarak tempuh (km)}}{\text{Konsumsi bahan bakar (ml)}} \times 1000$$

Berdasarkan data *injection pulse width* (s) pada ECU konsumsi bahan bakar dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Debit bahan bakar} = \frac{\text{volume bahan bakar (ml)}}{\text{waktu (s)}}$$

Berikut tabel uji *flow rate* injektor :

Tabel 4.1 Flow Rate Injektor

t (s)	Volume bahan bakar (ml)
10	50 – 30 = 20
	47 – 27 = 20
	50 – 30,5 = 19,5

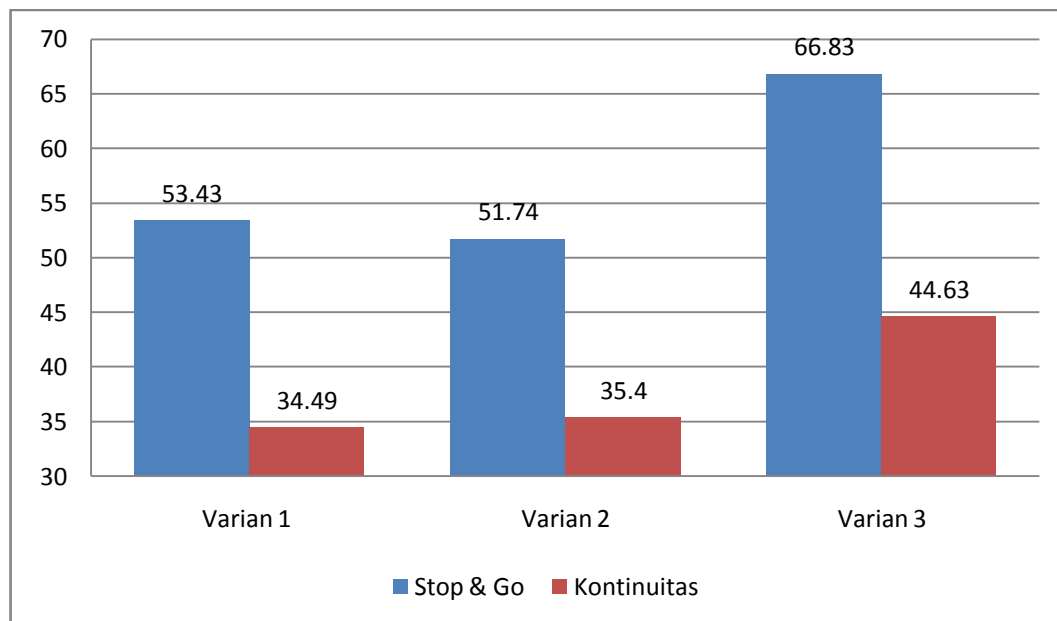
Berdasarkan Table 4.1 penulis menetapkan *flow rate* injektor adalah 2cc/s atau 0,002 ml/ms dengan tekanan 3 bar.

Berikut tabel konsumsi bakar berdasarkan pengujian :

Tabel 4.2 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi (ml)		Jarak tempuh (km)	Varian Kecepatan	Metode Pengendaraan	Hasil (km/l)
Buret	ECU				
14,6	15,57	0,832	1	<i>Stop and go</i>	53,43
22,7	24,12			Kontinuitas	34,49
15,2	16,08		2	<i>Stop and go</i>	51,74
21,5	23,50			Kontinuitas	35,40
11,6	12,45		3	<i>Stop and go</i>	66,83
18,4	18,64			Kontinuitas	44,63

Perebedaan hasil pengukuran disebabkan karena meluapnya bahan bakar pada saat pengukuran dengan buret ukur, hal ini dikarenakan hilangnya tekanan udara pada *avape* atau tangki bahan bakar sehingga tekanan udara yang masih tersisa di injektor menekan bahan bakar kembali ke *avape* atau tangki bahan bakar, meskipun katup pada *avape* sudah berada pada posisi tertutup.



Gambar 4.25 Konsumsi Bahan Bakar Setiap Varian (km/l)

Gambar 4.25 menampilkan banyaknya jumlah bahan bakar yang digunakan pada masing – masing varian kecepatan. Terlihat perbedaan yang signifikan pada metode *stop and go* dan metode kontinuitas, dimana dengan metode *stop and go* konsumsi bahan bakar jauh lebih sedikit dibandingkan metode kontinuitas, kemudian dengan varian kecepatan rata - rata paling besar atau varian kecepatan tiga menempuh jarak terjauh dengan konsumsi bahan bakar paling minim. Hal tersebut membuktikan bahwa pola berkendara merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi jumlah konsumsi bahan bakar.

4.3 Pembahasan

Metode pengendalian terbaik adalah metode yang dapat menghasilkan jumlah konsumsi bahan bakar dan waktu tempuh terendah. Berdasarkan perbandingan metode, maka metode *stop and go* menghasilkan konsumsi bahan bakar terendah, yaitu 53,43 km/l pada varian satu dengan kecepatan rata-rata 16,83 km/jam, kemudian 51,74 km/l pada varian dua dengan kecepatan rata-rata 18,37 km/jam, dan 66,83 km/l pada varian tiga dengan kecepatan rata-rata 20,95

km/jam. Kemudian berdasarkan waktu tempuh, varian tiga menghasilkan waktu tempuh dan konsumsi bahan bakar terendah dengan waktu tempuh selama 143 detik dan konsumsi bahan bakar sebanyak 12,45 ml pada metode *stop and go* dan 18,64 ml pada metode kontinuitas.

Sesuai dengan tujuan penelitian ini adalah bagaimana pengaruh atau seberapa besar pengaruh metode berkendara dan kecepatan kendaraan terhadap jumlah konsumsi bahan bakar. Bahwa perbedaan metode berkendara memberikan nilai konsumsi bahan bakar yang berbeda pula. Dengan penggunaan metode *stop and go* kendaraan mendapatkan jumlah konsumsi bahan bakar lebih rendah, dan dengan varian kecepatan tiga, kendaraan mendapatkan jumlah konsumsi bahan bakar dan waktu tempuh terendah jika dibandingkan dengan varian satu dan dua. Konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit dengan metode *stop and go* pada kecepatan rata-rata yang sama disebabkan karena metode *stop and go* memanfaatkan inersia kendaraan, dimana terdapat kondisi dimana kendaraan melaju tanpa menyalakan *engine*. AFR rata-rata metode *stop and go* pada tiap varian lebih mendekati kondisi stoikiometri jika dibandingkan dengan metode kontinuitas, hal ini mengindikasikan bahwa reaksi pembakaran pada metode *stop and go* cenderung lebih sempurna.

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Aplikasi yang dapat diterapkan dari penelitian ini adalah dalam mengendarakan kendaraan *urban concept* Tim Batavia untuk mendapatkan waktu tempuh dan konsumsi bahan bakar rendah pengemudi harus menjalankan mobil dengan kecepatan rata-rata 20,95 km/jam, dengan putaran *engine* rata-rata sebesar

2500 RPM, dan persentase buka *throttle* rata-rata sebesar 12,87 % pada metode *stop and go* serta 6,08% pada metode kontinuitas, pengoperasian kendaraan disesuaikan dengan metode pengendalian varian tiga.

Aplikasi yang dapat diterapkan pada kehidupan sehari-hari dari penelitian ini adalah penggunaan bahan bakar dapat ditekan dengan metode berkendara yang baik sesuai dengan kebutuhan. Pemanfaatan gaya lembam atau inersia kendaraan dengan *gliding* (*engine brake* dan *engine off*) dapat menekan laju konsumsi bahan bakar. Jika metode berkendara *stop and go* ini dapat diterapkan secara massal, maka manfaatnya akan sangat besar. Penekanan penggunaan energi akan bermanfaat dalam penghematan sumber energi untuk jangka panjang juga mengurangi emisi gas buang yang merupakan salah satu faktor penyebab pemanasan global.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Metode pengendalian *stop and go* mengkonsumsi bahan bakar lebih sedikit dibanding metode kontinuitas, hal ini menunjukkan bahwa dengan pemanfaatan inersia kendaraan tanpa menyalakan *engine* jumlah konsumsi bahan bakar dapat ditekan.
2. Varian kecepatan tiga dengan kecepatan rata – rata 20,95 km/jam dan putaran *engine* rata-rata 2500 RPM mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 66,83 km/l dengan metode *stop and go*, dan 44,63 km/l dengan metode kontinuitas, kemudian varian kecepatan dua dengan kecepatan rata – rata 18,37 km/jam dan putaran *engine* rata – rata 2400 RPM mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 51,74 km/l dengan metode *stop and go*, dan 35,40 km/l dengan metode kontinuitas, varian kecepatan satu dengan kecepatan rata – rata 16 km/jam dengan putaran *engine* rata – rata 2300 RPM mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 53,43 km/l dengan metode *stop and go*, dan 34,49 km/l dengan metode kontinuitas.
3. Kecepatan optimal dari kendaraan diam (V_0) hingga kecepatan akhir (V_t) adalah dengan metode *stop and go* varian kecepatan tiga, dengan

persetanse buka *throttle* sebesar 51,81 %, putaran *engine* sebesar 5244 RPM, tekanan absolut pada *intake manifold* sebesar 94,9 kPa, AFR 13,25 : 1, waktu tempuh selama 14 detik, kecepatan sebesar 34,3 km/jam, pemanfaatan inersia kendaraan untuk jarak *gliding* sejauh 121,8 meter dari titik dimana pengemudi mematikan engine dengan konsumsi bahan bakar sebanyak 2,90 ml.

5.2. Saran

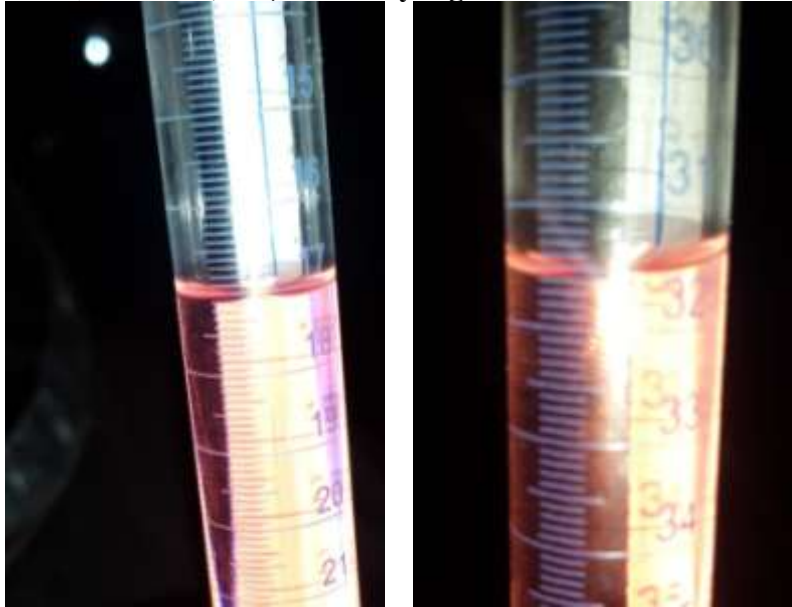
Berdasarkan kegiatan selama penelitian dan hasil penelitian, maka penulis mempunyai saran sebagai berikut :

1. Berkendara dengan metode *stop and go* mengkonsumsi bahan bakar lebih sedikit jika dibandingkan dengan metode kontinuitas. Bila ingin mendapatkan konsumsi bahan bakar yang minim, metode *stop and go* merupakan pilihan yang tepat.
2. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, aplikasi yang bisa diterapkan pada kehidupan sehari - hari dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan bahan bakar dapat ditekan dengan metode berkendara yang baik sesuai dengan kebutuhan. Pemanfaatan metode berkendara *stop and go* dapat digunakan secara massal, maka manfaatnya akan sangat besar untuk penghematan sumber energi jangka panjang.
3. Untuk penelitian selanjutnya yang mungkin berhubungan dengan penelitian ini, penulis menyarankan sebaiknya penelitian ini lebih diperluas terhadap :
 - Pengaruh kecepatan kendaraan terhadap daya dan torsi untuk mendapatkan torsi optimal pada kendaraan *urban* Tim Batavia.

- Pengaruh *remapping engine* terhadap konsumsi bahan bakar kendaraan agar kendaraan *urban* Tim Batavia memiliki *base map* terbaik sesuai kebutuhan,
- Pengaruh rasio kompresi dan diameter silinder terhadap konsumsi bahan bakar untuk mengoptimalkan volume ruang bakar *engine* sesuai kebutuhan kendaraan *urban* Tim Batavia.
- Pengaruh rasio transmisi terhadap konsumsi bahan bakar untuk mengoptimalkan transmisi kendaraan sesuai dengan kebutuhan kendaraan *urban* Tim Batavia.
- Analisis beban friksi pada varian kecepatan optimal untuk mengoptimalkan desain bodi dan rangka kendaraan *urban* Tim Batavia

DAFTAR PUSTAKA

- Halderman, James D. *Automotive Technology : Principles, Diagnosis, and Service*. New Jersey : Pearson Education, Inc. 2012.
- Pulkrabek, Willard W. *Engineering Fundamentals Of the Internal Combustion Engine* . New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 1997
- Serway, Raymond A. and John W. Jewett. *Principles of Physics*. London: David Harris. 2006
- Bell, A Graham. *Performance Tuning in Theory & Practice*. Somerset : Haynes Publishing Group. 1981
- Pudjanarsa, Astu. dan Djati Nursuhud. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta : ANDI. 2008
- Sutantra, Nyoman. dan Bambang Sampurno. *Teknologi Otomotif*. Surabaya : Guna Widya. 2010
- Kristanto, Philip. *Motor Bakar Torak*. Yogyakarta : ANDI. 2015
- Jama, Jalius dkk. *Teknik Sepeda Motor*. Jakarta : PPDPN. 2008
- [BRT] Bintang Racing Team. (2015) *Juken Manual Book*, 4-6
- [YNS] Yuminashi. (2015) *Tuning Program Manual*, 1-31
- [BPS] Badan Pusat Statistik, *Statistik Transportasi darat 2014*. Jakarta : Badan Pusat Statistik. 2017
- Haworth, Narelle. dan Mark Symmons 2001 *The Relationship Between Fuel Economy And Safety Outcomes* [riset]. Melbourne : Accident Research Centre, Monash University
- Irwandanu, Gayu D. 2016 *Pengaruh Material Elektroda Busi Yang Berbeda Terhadap Unjuk Kerja Yang Dihasilkan Oleh Sepeda Motor Dengan Mesin SI 4 Langkah* [skripsi]. Jakarta : Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
- Abdurohman, K. 2010 *Analisa Pengaruh Kecepatan dan Posisi Gigi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang CO2 Pada Mobil Honda Jazz dan Toyota Kijang Innova Sebagai Pendukung Program Smart Driving* [skripsi]. Semarang : Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Pratama, Diva. dan Witantyo 2013 *Pemodelan dan Simulasi Mobil Sapu Angin di Sirkuit Sepang* [riset]. Surabaya : Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November

Lampiran 1**Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Dengan Buret****Varian Kecepatan Satu (16,83 km/jam)****Metode *Stop and Go*****178s (17ml – 31,6ml) → data yang diolah****Metode Kontinuitas****178s (19ml - 41,7ml) → data yang diolah**

Varian Kecepatan Dua (18,37 km/jam)**Metode *Stop and Go*****163s (23ml - 38,2ml) → data yang diolah****Metode Kontinuitas****164s (7ml - 28,5ml) → data yang diolah**

Varian Kecepatan Tiga (20,95 km/jam)

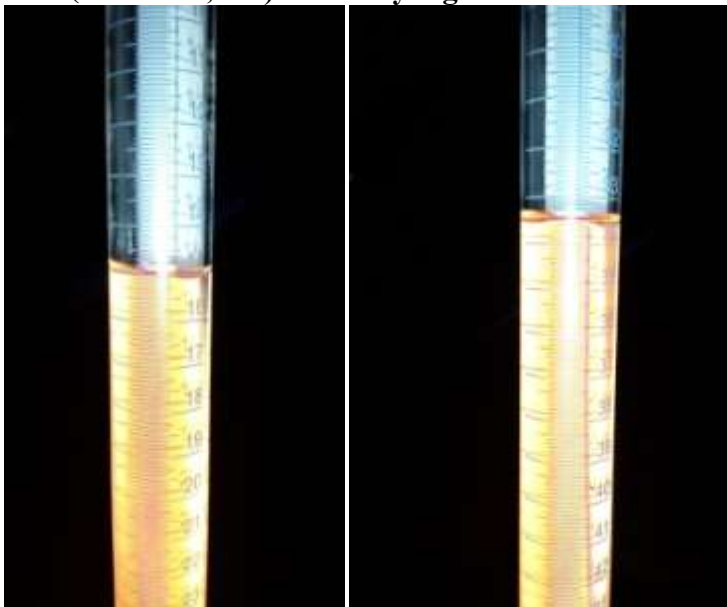
Metode *Stop and Go*

143s (3ml - 14,8ml) → data yang diolah



Metode Kontinuitas

143s (15ml - 33,4ml) → data yang diolah



Lampiran 2

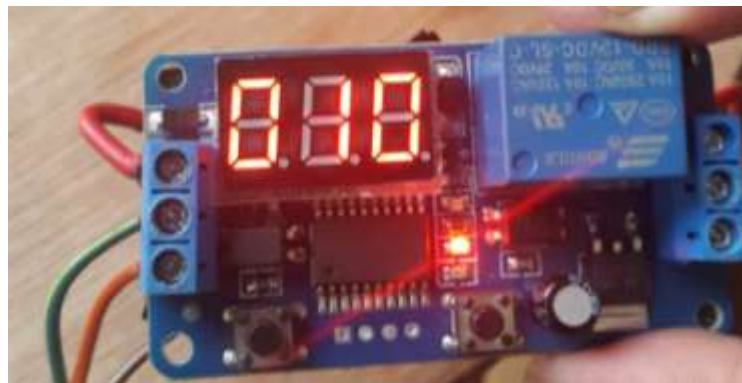
Pengukuran *Flow Rate* Injektor

Pengujian *flow rate* dilakukan sebanyak 5 kali dengan menggunakan buret ukur pada tekanan bahan bakar sebesar 3 bar. Lamanya waktu penginjeksian bahan bakar adalah 10 detik diatur oleh *timer* yang terhubung dengan baterai. Berikut hasil uji *flow rate*.

t (s)	Volume Awal	Volume Akhir
10	50	30,5
	50	30
	47	27
	50	30
	50	31,9

Berdasarkan data hasil uji *flow rate*, diambil data yang paling mendekati dan tidak terpengaruhi oleh perubahan tekanan injektor yaitu 20 ml selama 10 detik.

Dengan persamaan $Q = \frac{v}{t}$, maka didapatkan $Q = \frac{20 \text{ ml}}{10 \text{ s}} = 2 \text{ ml/s} = 2 \text{ cc/s}$ atau sama dengan 0,002 ml/ms.





Metode Kontinuitas

t (s)	v (km/h)	RPM (tachometer)	RPM (ECU)	TPS(%)	MAP (kPa)	AFR	IPW (ms)	t ECU (s)
5	9.5	2300	2352	10.8	76.47	14.96	4.52	5.45
10	17.0	2500	2532	11.55	76.96	14.19	4.70	9.55
17	17.6	2400	2424	4.36	56.14	11.48	3.45	17.05
25	20.2	2900	2958	6.53	61.6	11.18	3.48	25.00
30	19.0	2700	2706	5.27	59.23	11.33	3.47	30.15
35	18.5	2600	2628	4.36	55.64	11.31	3.41	35.00
40	15.2	1500	1596	0	44.85	12.25	1.84	40.25
45	9.7	1600	1626	3.44	60.38	11.27	3.70	45.35
50	10.3	1400	1488	0	44.95	12.72	1.88	50.00
55	5.4	1600	1414	1.78	60.20	12.23	3.61	55.30
60	10.0	2200	2244	8.32	75.03	12.24	3.98	60.25
65	17.2	2700	2712	29.66	93.64	12.77	5.92	65.15
73	19.6	2800	2832	6.93	63.89	11.87	3.59	73.60
80	19.6	2900	2922	5.75	59.15	11.62	3.42	80.00
85	17.5	2500	2526	4.19	55.71	11.36	3.42	85.10
91	18.5	2500	2550	4.46	56.49	11.25	3.44	91.05
100	20.5	2900	2934	4.66	54.56	11.15	3.32	100.10
107	20.5	2700	2730	3.92	53.19	11.38	3.38	107.70
110	20.1	2900	2958	4.59	54.86	11.46	3.36	110.65
115	18.0	2400	2472	3.44	54.13	13.02	3.38	115.75
121	19.2	2700	2784	5.75	59.98	11.52	3.48	122.00
130	14.3	1700	1776	2.36	56.08	11.43	3.54	130.25
135	17.4	2400	2406	5.01	62.51	11.37	3.61	135.15
140	19.8	2800	2802	6.19	61.37	11.40	3.51	140.30
149	18.5	2700	2706	4.49	55.91	11.21	3.43	149.20
155	18.3	2600	2694	4.32	54.90	11.07	3.40	155.15
160	18.6	2700	2778	4.39	55.01	10.97	3.38	160.20
164	18.6	2700	2748	4.39	55.33	10.97	3.45	164.65
166	17.0	0	1086	2.66	66.00	16.72	3.76	166.25

18	km/jam	166	10,45	2496	13,35	71,80	14,4	16,00	8,00310	34,35		
			5,46	2488	11,92	59,85	21,5	23,57			11,78856	32,85
			4,87	2435	13,49	58,13	21,8	23,55			11,77929	30,95
			5,56	2487	11,76	60,09	21,7	22,96			11,45820	32,8
20	km/jam	143	12,87	2561	13,93	71,1	11,8	12,45	6,22573	32,39		
			13,05	2680	13,56	72,76	11,6	12,74			6,37091	37,19
			11,16	2423	13,79	70,24	11,3	13,85			6,92541	35,57
			6,07	2635	12,04	59,29	18,4	18,64			9,32347	35,86
Kontinuitas	139	6,15	2827	11,56	59,3	18,7	18,40	9,20021	34,26			
		6,23	2845	11,35	59,47	19,1	18,94			9,47257	34,37	
		140	6,23	2845	11,35	59,47	19,1			18,94	9,47257	34,37
Stop&Go	146	13,05	2680	13,56	72,76	11,6	12,74	6,37091	37,19			
		147	11,16	2423	13,79	70,24	11,3			13,85	6,92541	35,57
		143	12,87	2561	13,93	71,1	11,8			12,45	6,22573	32,39
Kontinuitas	143	6,07	2635	12,04	59,29	18,4	18,64	9,32347	35,86			
		139	6,15	2827	11,56	59,3	18,7			18,40	9,20021	34,26
		140	6,23	2845	11,35	59,47	19,1			18,94	9,47257	34,37

Lampiran 5

Analisis Perhitungan

a. Perhitungan Nilai Kecepatan Rata - Rata

Nilai kecepatan rata – rata varian satu

Diketahui : waktu tempuh (t) = 178 s, jarak (s) = 832 m

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,832 \text{ km}}{178/3600} = 16,83 \text{ km/jam}$$

Nilai kecepatan rata – rata varian dua

Diketahui : waktu tempuh (t) = 163 s, jarak (s) = 832 m

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,832 \text{ km}}{163/3600} = 18,37 \text{ km/jam}$$

Nilai kecepatan rata – rata varian tiga

Diketahui : waktu tempuh (t) = 143 s, jarak tempuh (s) = 832 m

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,832 \text{ km}}{143/3600} = 20,95 \text{ km/jam}$$

b. Perhitungan Kalibrasi Kecepatan Kendaraan Pada Speedometer

Diketahui : Jumlah gigi pada kopling sentrifugal (*centrifugal clutch*) / CC = 20 T

Jumlah gigi pada kopling manual (*manual clutch*) / MC = 58 T

Output transmisi *engine* pada *speed* satu (tidak berubah) / OT = 34/12 T = 2.833

Final gear / FG = 25/13 T = 1,923

Diameter roda = 57,5 cm = 0,575 m

$$V = \frac{\pi D N(\text{putaran engine}) 60}{\text{Gear Ratio} \cdot 1000}$$

$$\text{Gear ratio} = \text{MC/CC} \cdot \text{OT} \cdot \text{FG} = 15,798$$

Nilai kecepatan kendaraan secara teoritis jika slip pada kopling, ban dengan jalan, dan sebagainya diabaikan, maka :

Pada t = 22s varian kecepatan satu metode *stop and go* → N = 3420 RPM

$$V = 25,9 \text{ km/h}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,575 \cdot 3420 \cdot 60}{15,798 \cdot 1000} = 23,45 \text{ km/h}$$

Pada t = 17s varian kecepatan dua metode *stop and go* → N = 4572 RPM

$$V = 30,3 \text{ km/h}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,575 \cdot 4572 \cdot 60}{15,798 \cdot 1000} = 31,379 \text{ km/h}$$

Pada $t = 14$ s varian kecepatan tiga metode *stop and go* $\rightarrow N = 5244$ RPM
 $V = 34,3$ km/h

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,575 \cdot 5244 \cdot 60}{15,798 \cdot 1000} = 35,99 \text{ km/h}$$

c. Perhitungan Nilai Jarak Perpindahan Kendaraan Tanpa Menyalakan Engine Metode *Stop and Go*

Varian Kecepatan Satu

Berdasarkan tabel pengoperasian kendaraan didapatkan kecepatan kendaraan saat t . Kemudian t_{22} dihitung sejak kendaraan mulai bergerak dengan selisih antara waktu tempuh (178 s) dan waktu sejak kendaraan dinyalakan (182 s), maka $t_{22} = 22$ s - 4 s

$$t_{22} = 18 \text{ s.}$$

Diketahui :

Kecepatan :

$$V_{22} = 25,9 \text{ km/h} = \frac{25,9 \cdot 1000}{3600} = 7,19 \text{ m/s} \rightarrow \text{percepatan } a_{22} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{7,19 - 0}{18 - 0} = 0,399 \text{ m/s}^2$$

$$V_{40} = 12,1 \text{ km/h} = 3,36 \text{ m/s}$$

$$V_{79} = 24,7 \text{ km/h} = 6,86 \text{ m/s}$$

$$V_{99} = 11 \text{ km/h} = 3,05 \text{ m/s}$$

$$V_{118} = 24,8 \text{ km/h} = 6,88 \text{ m/s}$$

$$V_{141} = 9,9 \text{ km/h} = 2,75 \text{ m/s}$$

$$V_{166} = 24,6 \text{ km/h} = 6,83 \text{ m/s}$$

$$V_{182} = 10,6 \text{ km/h} = 2,94 \text{ m/s}$$

Perlambatan/Deselerasi

$$a_{40} = \frac{v_{40} - v_{22}}{40 - 22} = -0,212 \text{ m/s}^2$$

$$a_{141} = \frac{v_{141} - v_{118}}{141 - 118} = -0,187 \text{ m/s}^2$$

$$a_{99} = \frac{v_{99} - v_{79}}{99 - 79} = -0,19 \text{ m/s}^2$$

$$a_{182} = \frac{v_{182} - v_{166}}{182 - 166} = -0,243 \text{ m/s}^2$$

Jarak Perpindahan

$$S = S_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$S_{22} = 0 + 0,18 + \frac{1}{2} 0,399 \cdot 18^2 = 64,63 \text{ m}$$

$$S_{40} = S_{22} + V_{22} (t_{40} - t_{22}) + \frac{1}{2} a_{40} (t_{40} - t_{22})^2$$

$$= S_{22} + 7,19 \cdot 18 + \frac{1}{2} (-0,212) \cdot 18^2$$

$$= S_{22} + 95,08 \text{ m} \rightarrow \text{dari } S_{22}$$

$$= 159,71 \text{ m} \rightarrow \text{dari } S_0 \text{ atau dari } \textit{start}$$

$$S_{99} = S_{79} + 6,86 \cdot 20 + \frac{1}{2} (-0,19) \cdot 20^2$$

$$= S_{79} + 175,2 \text{ m}$$

$$S_{141} = S_{118} + 6,88 \cdot 23 + \frac{1}{2} (-0,187) \cdot 23^2$$

$$= S_{118} + 49,46 \text{ m}$$

$$S_{182} = S_{166} + 6,83 \cdot 16 + \frac{1}{2} (-0,243) \cdot 16^2$$

$$= S_{166} + 78,18 \text{ m}$$

Total jarak perpindahan kendaraan tanpa menyalakan *engine* :

$$95,08 + 175,2 + 49,46 + 78,18 = 397,92 \text{ m}$$

Berdasarkan speedometer = 340 m \rightarrow *Error* = 57,92 m

Varian Kecepatan Dua

Berdasarkan tabel pengoperasian kendaraan didapatkan kecepatan kendaraan saat t. Kemudian t₁₇ dihitung sejak kendaraan mulai bergerak dengan selisih antara waktu tempuh (163 s) dan waktu sejak kendaraan dinyalakan (166 s), maka t₁₇ = 17 s – 3 s

$$t_{17} = 14 \text{ s}$$

Diketahui :

Kecepatan :

$$V_{17} = 30,3 \text{ km/h} = 7,19 \text{ m/s} \rightarrow \text{percepatan } a_{17} = 0,601 \text{ m/s}^2$$

$$V_{40} = 6,2 \text{ km/h} = 1,72 \text{ m/s}$$

$$V_{73} = 26,6 \text{ km/h} = 7,38 \text{ m/s}$$

$$V_{91} = 12,2 \text{ km/h} = 3,38 \text{ m/s}$$

$$V_{107} = 22,9 \text{ km/h} = 6,36 \text{ m/s}$$

$$V_{121} = 13,4 \text{ km.h} = 3,72 \text{ m/s}$$

$$V_{149} = 29,1 \text{ km/h} = 8,08 \text{ m/s}$$

$$V_{166} = 12 \text{ km/h} = 3,33 \text{ m/s}$$

Perlambatan/Deselerasi

$$a_{40} = \frac{v_{40} - v_{17}}{40 - 17} = -0,290 \text{ m/s}^2$$

$$a_{121} = \frac{v_{121} - v_{107}}{121 - 107} = -0,188 \text{ m/s}^2$$

$$a_{91} = \frac{v_{91} - v_{73}}{91 - 73} = -0,222 \text{ m/s}^2$$

$$a_{166} = \frac{v_{166} - v_{149}}{166 - 149} = -0,279 \text{ m/s}^2$$

Jarak Perpindahan

$$S_{17} = 0 + 0 \cdot 14 + \frac{1}{2} 0,601 \cdot 14^2 = 58,8 \text{ m}$$

$$S_{40} = S_{17} + 8,41 \cdot 23 + \frac{1}{2} (-0,290) \cdot 23^2$$

$$= S_{17} + 116,725 \text{ m} \rightarrow \text{dari } S_{17}$$

$$= 175,525 \text{ m} \rightarrow \text{dari } S_0 \text{ atau dari } start$$

$$S_{91} = S_{73} + 7,38 \cdot 18 + \frac{1}{2} (-0,222) \cdot 18^2$$

$$= S_{73} + 96,876 \text{ m}$$

$$S_{121} = S_{107} + 6,36 \cdot 14 + \frac{1}{2} (-0,188) \cdot 14^2$$

$$= S_{107} + 70,616 \text{ m}$$

$$S_{166} = S_{149} + 8,08 \cdot 17 + \frac{1}{2} (-0,279) \cdot 17^2$$

$$= S_{149} + 97,0445 \text{ m}$$

Total jarak perpindahan kendaraan tanpa menyalakan *engine* :

$$116,725 + 96,876 + 70,616 + 97,0445 = 381,26 \text{ m}$$

Varian Kecepatan Tiga

Berdasarkan tabel pengoperasian kendaraan didapatkan kecepatan kendaraan saat t . Kemudian t_{14} dihitung sejak kendaraan mulai bergerak dengan selisih antara waktu tempuh (143 s) dan waktu sejak kendaraan dinyalakan (145 s), maka $t_{14} = 14 \text{ s} - 2 \text{ s}$

$$t_{14} = 12 \text{ s}$$

Diketahui :

Kecepatan :

$$V_{14} = 34,3 \text{ km/h} = 9,52 \text{ m/s} \rightarrow \text{percepatan } a_{14} = 0,793 \text{ m/s}^2$$

$$V_{34} = 9,6 \text{ km/h} = 2,66 \text{ m/s}$$

$$V_{58} = 28,7 \text{ km/h} = 7,97 \text{ m/s}$$

$$V_{77} = 13,5 \text{ km/h} = 3,75 \text{ m/s}$$

$$V_{83} = 21,7 \text{ km/h} = 6,02 \text{ m/s}$$

$$V_{104} = 14,3 \text{ km/h} = 3,97 \text{ m/s}$$

$$V_{129} = 29 \text{ km/h} = 8,05 \text{ m/s}$$

$$V_{145} = 14,8 \text{ km/h} = 4,11 \text{ m/s}$$

Perlambatan/Deselerasi

$$a_{34} = \frac{v_{34} - v_{14}}{34 - 14} = -0,343 \text{ m/s}^2$$

$$a_{104} = \frac{v_{104} - v_{83}}{104 - 83} = -0,0976 \text{ m/s}^2$$

$$a_{77} = \frac{v_{77} - v_{58}}{75 - 58} = -0,222 \text{ m/s}^2$$

$$a_{145} = \frac{v_{145} - v_{129}}{145 - 129} = -0,246 \text{ m/s}^2$$

Jarak Perpindahan

$$S_{14} = 0 + 0,12 + \frac{1}{2} 0,793 \cdot 12^2 = 57,096 \text{ m}$$

$$S_{34} = S_{14} + 9,52 \cdot 20 + \frac{1}{2} (-0,343) \cdot 20^2$$

$$= S_{14} + 121,8 \text{ m} \rightarrow \text{dari } S_{14}$$

$$= 178,896 \text{ m} \rightarrow \text{dari } S_0 \text{ atau dari } \textit{start}$$

$$S_{77} = S_{58} + 7,97 \cdot 19 + \frac{1}{2} (-0,222) \cdot 19^2$$

$$= S_{58} + 111,359 \text{ m}$$

$$S_{104} = S_{83} + 3,75 \cdot 6 + \frac{1}{2} (-0,0976) \cdot 6^2$$

$$= S_{83} + 104,8992 \text{ m}$$

$$S_{145} = S_{129} + 8,05 \cdot 16 + \frac{1}{2} (-0,163) \cdot 16^2$$

$$= S_{129} + 97,312 \text{ m}$$

Total jarak perpindahan kendaraan tanpa menyalakan *engine* :

$$121,8 + 111,359 + 104,899 + 97,312 = 435,3702 \text{ m}$$

Berdasarkan speedometer = 450 m \rightarrow *Error* = 14,629 m

d. Perhitungan Nilai Traksi Kendaraan Pada Metode *Stop and Go*

Diketahui : Berat total kendaraan = berat *driver* + berat kendaraan

$$= 54 \text{ kg} + 132 \text{ kg}$$

$$= 186 \text{ kg}$$

$$\rho \text{ udara} = 1,225 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 1,097 \text{ m} \times 1,282 \text{ m} = 1,4063 \text{ m}^2$$

$$C_d = 0,264$$

$$C_{rr} = 0,0026$$

$$\emptyset = 0$$

Mencari nilai $C_{rr} \rightarrow F_{rr} = C_{rr} W \cos \emptyset$

$$0,49 \text{ kg} = C_{rr} 186 \text{ kg} \cdot 1 \rightarrow C_{rr} = 0,49 \text{ kg} / 186 \text{ kg} = 0,00263$$

Varian Kecepatan Satu

1. Pada $t = 22 \text{ s}$

$$F_{traksi} = F_d + F_{rr} + F_{gr} + F_i$$

a. $F_d = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 7,19^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 51,696 = 11,753 \text{ kg m/s}^2 = 11,753 \text{ N}$$

b. $F_{rr} = C_{rr} W \cos \emptyset$
 $= 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$

c. $F_i = m a$
 $= 186 \text{ kg} \cdot 0,399 \text{ m/s}^2 = 74,214 \text{ N}$

$$F_t = 11,75 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 74,214 \text{ N} = 90,704 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 90,704 \cdot 7,19 \text{ m/s}$$

$$= 652,161 \text{ Nm/s} = 0,652 \text{ kW} = 0,874 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 40s$

F_{in} harus lebih besar dari $F_d + F_{rr}$

$$F_{in} = m a$$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} \cdot (0,212 \text{ m/s}^2)$$

$$= 39,432 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 5,275^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 27,825 = 12,652 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 12,652 + 4,74 = 17,392 \text{ N}$$

2. F traksi pada $t = 79s$

$$a. F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 6,86^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 41,059 = 10,699 \text{ kg m/s}^2 = 10,699 \text{ N}$$

$$b. F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$c. F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,089 \text{ m/s}^2 = 16,554 \text{ N}$$

$$F_t = 10,699 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 16,554 \text{ N} = 31,993 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 31,993 \cdot 6,86 \text{ m/s}$$

$$= 219,471 \text{ Nm/s} = 0,219 \text{ kW} = 0,293 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 99s$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} \cdot (0,19 \text{ m/s}^2) = 35,34 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 4,955^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 24,552 = 11,16 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 11,16 + 4,74 = 15,9 \text{ N}$$

3. F traksi pada $t = 118s$

$$a. F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 6,88^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 47,334 = 10,761 \text{ N}$$

$$b. F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$c. F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,2 \text{ m/s}^2 = 37,2 \text{ N}$$

$$F_t = 10,761 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 37,2 \text{ N} = 52,701 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 52,701 \cdot 6,88 \text{ m/s}$$

$$= 362,582 \text{ Nm/s} = 0,362 \text{ kW} = 0,485 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 141\text{s}$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} \cdot (0,187 \text{ m/s}^2)$$

$$= 34,78\text{N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 4,815^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 23,184 = 10,54 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 10,54 + 4,74 = 15,28 \text{ N}$$

4. F traksi pada $t = 166\text{s}$

$$d. F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 6,83^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 46,648 = 10,60 \text{ N}$$

$$e. F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$f. F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,163 \text{ m/s}^2 = 30,318 \text{ N}$$

$$F_t = 10,60 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 30,318 \text{ N} = 45,658 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 45,658 \cdot 6,83 \text{ m/s}$$

$$= 311,844 \text{ Nm/s} = 0,311 \text{ kW} = 0,417 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 182\text{s}$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} (0,243 \text{ m/s}^2)$$

$$= 45,195 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 4,885^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 23,863 = 10,85 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 10,85 + 4,74 = 15,59 \text{ N}$$

$$\text{Jumlah F traksi} = 221,056 \text{ N}$$

$$\text{Jumlah P traksi} = 2,069 \text{ hP}$$

Jumlah F inersia saat *gliding (engine off)* = 154,749 N

Varian Kecepatan Dua

1. F traksi pada $t = 17$ s

$$a. F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 8,41^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 70,728 = 16,08 \text{ N}$$

$$b. F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$c. F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,601 \text{ m/s}^2 = 111,786 \text{ N}$$

$$F_t = 16,08 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 111,786 \text{ N} = 132,606 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 132,606 \cdot 8,41 \text{ m/s}$$

$$= 115,216 \text{ Nm/s} = 1,115 \text{ kW} = 1,495 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 40$ s

$$F_{in} = 186 \text{ kg} \cdot (0,29 \text{ m/s}^2) = 53,94 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 5,065^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 25,654 = 11,664 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 11,664 + 4,74 = 16,40 \text{ N}$$

2. F traksi pada $t = 73$ s

$$a. F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 7,38^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 54,464 = 12,382 \text{ N}$$

$$b. F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$c. F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,171 \text{ m/s}^2 = 31,806 \text{ N}$$

$$F_t = 12,382 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 31,806 \text{ N} = 48,928 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 48,928 \cdot 7,38 \text{ m/s}$$

$$= 361,088 \text{ Nm/s} = 0,361 \text{ kW} = 0,484 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 91$ s

$$F_{in} = 186 \text{ kg} \cdot (0,222 \text{ m/s}^2)$$

$$= 41,292 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 5,38^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 28,944 = 13,161 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 13,161 + 4,74 = 17,9 \text{ N}$$

3. F traksi pada $t = 107 \text{ s}$

a. $F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 6,36^2 \text{ m/s}$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 40,449 = 9,242 \text{ N}$$

b. $F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$

c. $F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,186 \text{ m/s}^2 = 34,596 \text{ N}$

$$F_t = 9,242 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 34,596 \text{ N} = 48,578 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 48,578 \cdot 6,36 \text{ m/s}$$

$$= 308,966 \text{ Nm/s} = 0,308 \text{ kW} = 0,413 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 121 \text{ s}$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} (0,188 \text{ m/s}^2)$$

$$= 34,698 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 5,04^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 25,4 = 11,55 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 11,55 + 4,74 = 16,29 \text{ N}$$

4. F traksi pada $t = 149 \text{ s}$

a. $F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 8,08^2 \text{ m/s}$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 65,286 = 14,842 \text{ N}$$

b. $F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$

c. $F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,155 \text{ m/s}^2 = 28,83 \text{ N}$

$$F_t = 14,842 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 28,83 \text{ N} = 48,412 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 48,412 \cdot 8,08 \text{ m/s}$$

$$= 391,168 \text{ Nm/s} = 0,39 \text{ kW} = 0,522 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 166 \text{ s}$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} (0,279 \text{ m/s}^2)$$

$$= 51,894 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 5,705^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 32,547 = 14,799 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 14,799 + 4,74 = 19,539 \text{ N}$$

$$\text{Jumlah } F \text{ traksi} = 278,524 \text{ N}$$

$$\text{Jumlah } P \text{ traksi} = 2,914 \text{ hP}$$

$$\text{Jumlah } F \text{ inersia saat } \textit{gliding} \text{ (engine off)} = 181,824 \text{ N}$$

Varian Kecepatan Tiga

1. F traksi pada $t = 14 \text{ s}$

$$\text{a. } F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 9,52^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 90,63 = 20,604 \text{ N}$$

$$\text{b. } F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$\text{c. } F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,793 \text{ m/s}^2 = 147,498 \text{ N}$$

$$F_t = 20,604 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 147,498 \text{ N} = 172,842 \text{ N}$$

$$P_t = F_t \cdot v = 172,842 \cdot 9,52 \text{ m/s}$$

$$= 1645,455 \text{ Nm/s} = 1,645 \text{ kW} = 2,205 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 34 \text{ s}$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} \cdot (0,343 \text{ m/s}^2) = 63,798 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 6,09^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 37,088 = 16,086 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 16,086 + 4,74 = 20,826 \text{ N}$$

2. F traksi pada $t = 58 \text{ s}$

$$\text{a. } F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 63,52 = 14,441 \text{ N}$$

$$\text{b. } F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$\text{c. } F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,221 \text{ m/s}^2 = 41,106 \text{ N}$$

$$F_t = 14,441 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 41,106 \text{ N} = 48,928 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 48,928 \cdot 7,97 \text{ m/s}$$

$$= 480,487 \text{ Nm/s} = 0,48 \text{ kW} = 0,643 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 77 \text{ s}$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} \cdot (0,222 \text{ m/s}^2)$$

$$= 41,292 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 5,86^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 34,339 = 15,613 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 15,613 + 4,74 = 20,53 \text{ N}$$

3. F traksi pada $t = 83 \text{ s}$

$$a. F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 6,02^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 36,24 = 8,239 \text{ N}$$

$$b. F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$c. F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,378 \text{ m/s}^2 = 70,308 \text{ N}$$

$$F_t = 8,239 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 70,308 \text{ N} = 83,287 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 83,287 \cdot 6,02 \text{ m/s}$$

$$= 501,387 \text{ Nm/s} = 0,501 \text{ kW} = 0,672 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 104 \text{ s}$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} (0,0976 \text{ m/s}^2)$$

$$= 18,153 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 4,995^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 24,95 = 11,344 \text{ N}$$

$$F_d + F_{rr} = 11,344 + 4,74 = 16,084 \text{ N}$$

4. F traksi pada $t = 129 \text{ s}$

$$a. F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 8,05^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0,4547 \cdot 65,286 = 14,732 \text{ N}$$

$$b. F_{rr} = 0,0026 \cdot 186 \text{ kg} \cdot 1 = 0,4836 \text{ kg} = 4,74 \text{ N}$$

$$c. \quad F_i = 186 \text{ kg} \cdot 0,155 \text{ m/s}^2 = 30,318 \text{ N}$$

$$F_t = 14,732 \text{ N} + 4,74 \text{ N} + 30,318 \text{ N} = 49,79 \text{ N}$$

$$P_t = F_t v = 49,79 \cdot 8,05 \text{ m/s}$$

$$= 400,809 \text{ Nm/s} = 0,4 \text{ kW} = 0,298 \text{ hP}$$

Mencari nilai inersia atau gaya lembam (F_{in}) pada $t = 145 \text{ s}$

$$F_{in} = 186 \text{ kg} (0,246 \text{ m/s}^2)$$

$$= 45,756 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,264 \cdot 1,4063 \text{ m}^2 \cdot 6,08^2 \text{ m/s}$$

$$F_d = 0,4547 \cdot 36,966 = 16,8 \text{ N}$$

$$F_d + F_{fr} = 16,8 + 4,74 = 21,54 \text{ N}$$

$$\text{Jumlah } F \text{ traksi} = 366,206 \text{ N}$$

$$\text{Jumlah } P \text{ traksi} = 3,818 \text{ hP}$$

$$\text{Jumlah } F \text{ inersia saat } \textit{gliding} \text{ (engine off)} = 169 \text{ N}$$

e. Perhitungan Nilai V_{bdc} Silinder

Diketahui : Volume silinder = $V_d = 113,7 \text{ cc}$

$$r_c \text{ (rasio kompresi)} = 9,3 : 1$$

$$\text{Diameter} \times \text{Langkah} = B \times S = 50,0 \text{ mm} \times 57,9 \text{ mm}$$

$$V_c = V_{tdc}$$

Kalibrasi nilai volume silinder $\rightarrow V_d = N_c \text{ (jumlah silinder)} \times (\pi/4) \times (B^2 S)$

$$= 1 \times 0,786 \times 144750$$

$$= 113773,5 \text{ mm}^3$$

$$= 113,7735 \text{ cm}^3 = 113,77 \text{ cc}$$

$$V_{bdc} = V_c + V_d$$

$$r_c = \frac{V_{bdc}}{V_{tdc}} \rightarrow \frac{9,3}{1} = \frac{V_{bdc}}{V_c} \rightarrow \frac{9,3}{1} = \frac{V_c + V_d}{V_c} \rightarrow \frac{9,3}{1} = \frac{V_d}{V_c} + 1$$

$$9,3 - 1 = \frac{113,7}{V_c} \rightarrow V_c = \frac{113,7}{8,3} = 13,69$$

$$V_{bdc} = 13,69 + 113,7 = 127,39 \text{ cc}$$

$$V_{bdc} = V_{tdc} \cdot r_c \rightarrow 13,69 \cdot 9,3 = 127,31 \text{ cc}$$

**f. Perhitungan Nilai Laju Aliran Bahan Bakar (mf) dan Udara (ma)
Varian Kecepatan Satu**

Metode *Stop and Go*

Diketahui : P = Tekanan absolut *intake manifold* (MAP) rata – rata = 63,29 kPa

$$\text{AFR rata-rata} = 13,79 : 1$$

$$N \text{ rata-rata} = 2328 \text{ RPM} \quad \text{IAT rata-rata} = 33,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$R = 0,287, \rho_{\text{bensin}} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{P V_{bdc}}{R T}$$

$$ma = \frac{63,29 \cdot 127,39 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(33,55+273)} = \frac{8062,51 \cdot 10^{-6}}{87,97} = 91,65 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$AF = \frac{ma}{mf} \rightarrow mf = \frac{ma}{AF} = \frac{91,65 \cdot 10^{-6}}{13,79} = 6,646 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{6,646 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,0085 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1.10^3 \text{ liter} = 1.10^6 \text{ ml}$$

$$mf = 0,0085 \text{ ml/sik}$$

$$\dot{mf} \text{ rata – rata} = mf \cdot N \cdot \frac{1 \text{ sik}}{2 \text{ put}}$$

$$\dot{mf} \text{ rata – rata} = 6,646 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2328}{60} \cdot 0,5$$

$$= 128,932 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s}$$

$$= 0,165 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,165 \text{ ml/s} = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms}$$

Metode Kontinuitas

Diketahui : P = Tekanan absolute *intake manifold* (MAP) rata – rata = 56,90 kPa

$$\text{AFR rata-rata} = 12,55 : 1$$

$$\text{N rata-rata} = 2278 \text{ RPM} \quad \text{IAT rata-rata} = 33^\circ\text{C}$$

$$\text{R} = 0,287, \rho \text{ bensin} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{63,29 \cdot 127,39 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(33+273)} = \frac{7248,491 \cdot 10^{-6}}{87,82} = 82,53 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$mf = \frac{82,53 \cdot 10^{-6}}{12,55} = 6,576 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{6,576 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,0084 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$mf = 0,0084 \text{ ml/sik}$$

$$\dot{mf} \text{ rata – rata} = 6,576 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2278}{60} \cdot 0,5$$

$$= 124,834 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s}$$

$$= 0,160 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms}$$

Varian Kecepatan Dua

Metode *Stop and Go*

Diketahui : P = Tekanan absolute *intake manifold* (MAP) rata – rata = 70,58 kPa

$$\text{AFR rata-rata} = 14,09 : 1$$

$$\text{N rata-rata} = 2470 \text{ RPM} \quad \text{IAT rata-rata} = 32,31^\circ\text{C}$$

$$\text{R} = 0,287, \rho \text{ bensin} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{70,58 \cdot 127 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(32,31+273)} = \frac{8991,186 \cdot 10^{-6}}{87,62} = 102,61 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$mf = \frac{102,61 \cdot 10^{-6}}{14,09} = 7,282 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{7,282 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,0093 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$mf = 0,0093 \text{ ml/sik}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{m}f \text{ rata - rata} &= 7,282 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2470}{60} \cdot 0,5 \\
 &= 143,78 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} \\
 &= 0,1843 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,1843 \text{ ml/s} = 1,84 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms}
 \end{aligned}$$

Metode Kontinuitas

Diketahui : P = Tekanan absolute *intake manifold* (MAP) rata – rata = 59,85 kPa

$$\text{AFR rata-rata} = 11,92 : 1$$

$$\text{N rata-rata} = 2488 \text{ RPM} \quad \text{IAT rata-rata} = 32,85^\circ\text{C}$$

$$\text{R} = 0,287, \text{ f bensin} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{59,85 \cdot 127,39 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(32,31+273)} = \frac{7624,29 \cdot 10^{-6}}{87,77} = 86,86 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$mf = \frac{86,86 \cdot 10^{-6}}{11,92} = 7,28 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{7,28 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,0093 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$mf = 0,0093 \text{ ml/sik}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{m}f \text{ rata - rata} &= 7,28 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2488}{60} \cdot 0,5 \\
 &= 150,93 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} \\
 &= 0,193 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,193 \text{ ml/s} = 1,93 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms}
 \end{aligned}$$

Varian Kecepatan Tiga

Metode *Stop and Go*

Diketahui : P = Tekanan absolute *intake manifold* (MAP) rata – rata = 71,10 kPa

$$\text{AFR rata-rata} = 13,93 : 1$$

$$\text{N rata-rata} = 2530 \text{ RPM} \quad \text{IAT rata-rata} = 32,54^\circ\text{C}$$

$$\text{R} = 0,287, \text{ f bensin} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{71,10 \cdot 127,39 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(32,54+273)} = \frac{9057,429 \cdot 10^{-6}}{87,69} = 103,28 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$mf = \frac{103,28 \cdot 10^{-6}}{13,93} = 7,414 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{7,414 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,0095 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$mf = 0,0095 \text{ ml/sik}$$

$$\begin{aligned} \dot{mf} \text{ rata - rata} &= 7,414 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2561}{60} \cdot 0,5 \\ &= 158,227 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} \\ &= 0,20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,2 \text{ ml/s} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms} \end{aligned}$$

Metode Kontinuitas

Diketahui : P = Tekanan absolute *intake manifold* (MAP) rata – rata = 59,29 kPa

$$\text{AFR rata-rata} = 12,04 : 1$$

$$N \text{ rata-rata} = 2635 \text{ RPM} \quad \text{IAT rata-rata} = 35,86^\circ\text{C}$$

$$R = 0,287, \rho \text{ bensin} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{59,29 \cdot 127,39 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(35,86+273)} = \frac{7552,95 \cdot 10^{-6}}{88,64} = 85,20 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$mf = \frac{85,20 \cdot 10^{-6}}{12,04} = 7,077 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{7,077 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,0089 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$mf = 0,0089 \text{ ml/sik}$$

$$\begin{aligned} \dot{mf} \text{ rata - rata} &= 7,077 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2635}{60} \cdot 0,5 \\ &= 155,39 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} \\ &= 0,199 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,199 \text{ ml/s} = 1,99 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms} \end{aligned}$$

g. Perhitungan Nilai ma dan mf pada Akselerasi Awal dari (Start) $V_0 - V_t$ Metode *Stop and Go*

Varian Kecepatan Satu

Diketahui : P = Tekanan absolute *intake manifold* (MAP) = 59,36 kPa

$$\text{AFR} = 11,72 : 1$$

$$N = 3420 \text{ RPM} \quad \text{IAT} = 33,85^\circ\text{C}$$

$$R = 0,287, \rho \text{ bensin} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{59,36 \cdot 127,39 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(33,85+273)} = \frac{7561,87 \cdot 10^{-6}}{88,06} = 85,87 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$mf = \frac{85,87 \cdot 10^{-6}}{11,72} = 7,326 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{7,326 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,00939 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$mf = 0,00939 \text{ ml/sik}$$

$$mf \text{ berdasarkan ECU} = 0,00678 \text{ ml}$$

$$\text{Error} = 0,00251 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}f \text{ rata - rata} &= 7,326 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3420}{60} \cdot 0,5 \\ &= 208,791 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} \\ &= 0,267 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,267 \text{ ml/s} = 2,67 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms} \end{aligned}$$

Varian Kecepatan Dua

Diketahui : P = Tekanan absolute *intake manifold* (MAP) = 83,02 kPa

$$\text{AFR} = 13,14 : 1$$

$$N = 4572 \text{ RPM} \quad \text{IAT} = 32,63^\circ\text{C}$$

$$R = 0,287, \rho \text{ bensin} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{83,02 \cdot 127,39 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(32,63+273)} = \frac{10575,91 \cdot 10^{-6}}{87,71} = 120,57 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$mf = \frac{120,57 \cdot 10^{-6}}{13,14} = 9,17 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{9,17 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,01176 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$mf = 0,01176 \text{ ml/sik}$$

$$mf \text{ berdasarkan ECU} = 0,00932 \text{ ml}$$

$$Error = 0,00244 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}f \text{ rata - rata} &= 9,17 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4572}{60} \cdot 0,5 \\ &= 349,377 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} \\ &= 0,447 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,447 \text{ ml/s} = 4,47 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms} \end{aligned}$$

Varian Kecepatan Tiga

Diketahui : P = Tekanan absolute *intake manifold* (MAP) = 94,94 kPa

$$AFR = 13,25 : 1$$

$$N = 3420 \text{ RPM} \quad IAT = 32,72^\circ\text{C}$$

$$R = 0,287, \rho \text{ bensin} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$ma = \frac{94,94 \cdot 127,39 \cdot 10^{-6}}{(0,287)(32,72+273)} = \frac{12094,406 \cdot 10^{-6}}{87,74} = 137,84 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$mf = \frac{137,84 \cdot 10^{-6}}{13,25} = 10,403 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sik}$$

$$V = \frac{10,403 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{780 \text{ kg/m}^3} = 0,0133 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$mf = 0,0133 \text{ ml/sik}$$

$$mf \text{ berdasarkan ECU} = 0,012 \text{ ml}$$

$$Error = 0,0013 \text{ ml}$$

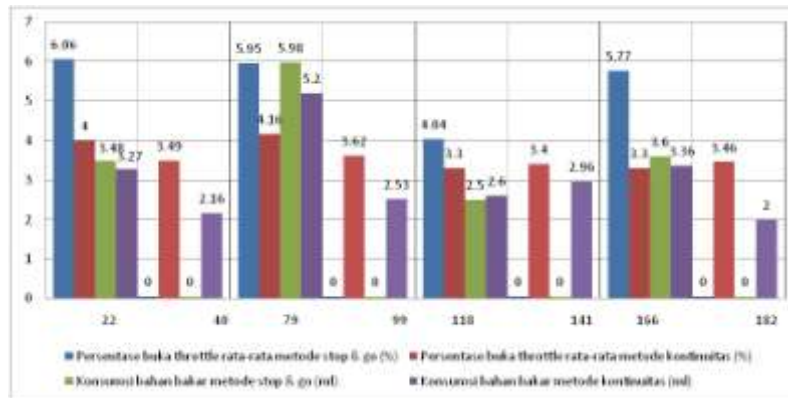
$$\begin{aligned} \dot{m}f \text{ rata - rata} &= 10,403 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5244}{60} \cdot 0,5 = 454,611 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} \\ &= 0,582 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 5,82 \cdot 10^{-4} \text{ ml/ms} \end{aligned}$$

Lampiran 6

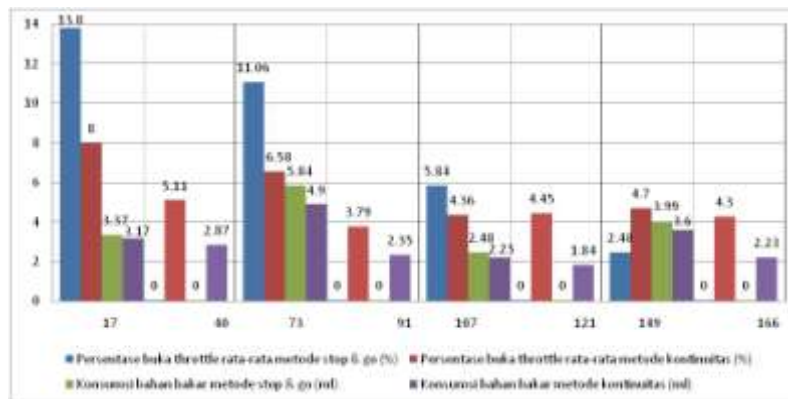
Grafik Batang Perbandingan Parameter Kerja Kendaraan

Persentase Buka *Throttle*

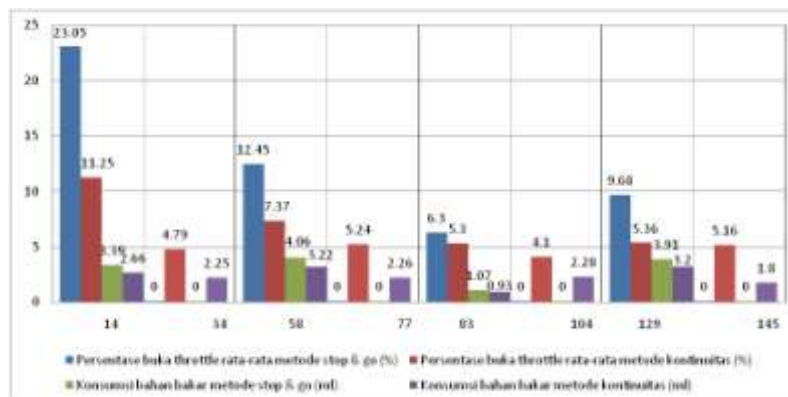
Varian Kecepatan Satu



Varian Kecepatan Dua

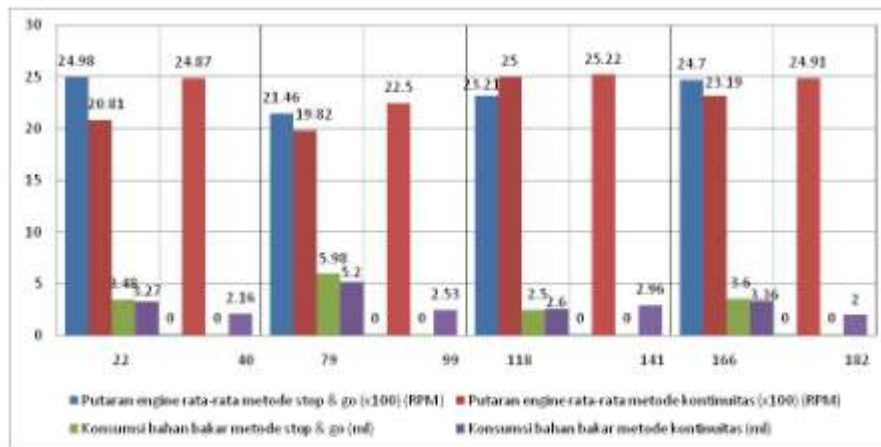


Varian Kecepatan Tiga

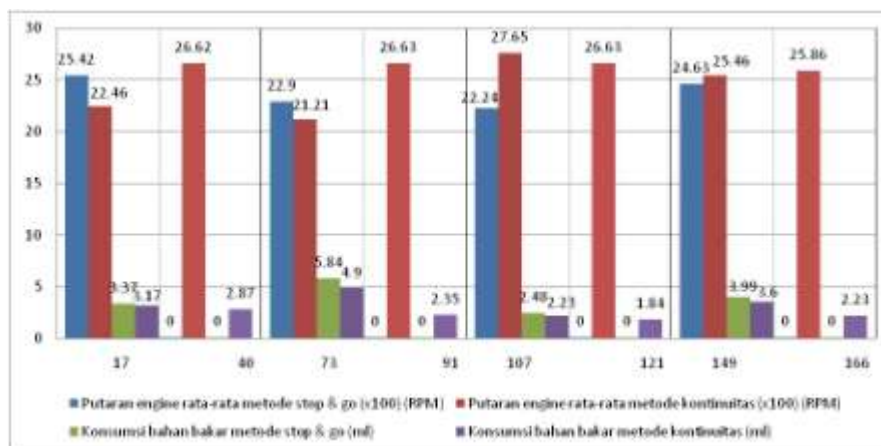


Grafik Batang Perbandingan Putaran Engine

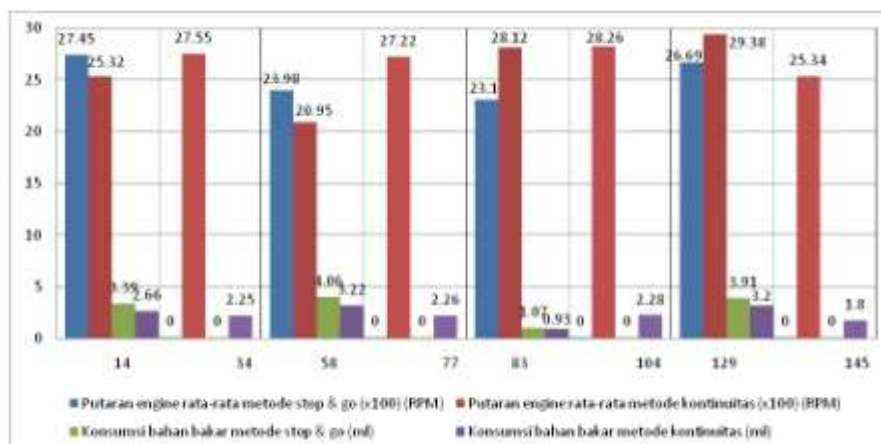
Varian Kecepatan Satu



Varian Kecepatan Dua

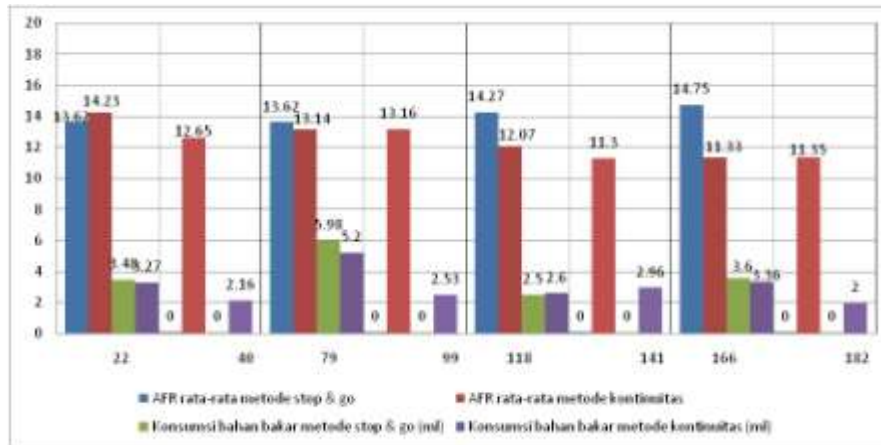


Varian Kecepatan Tiga

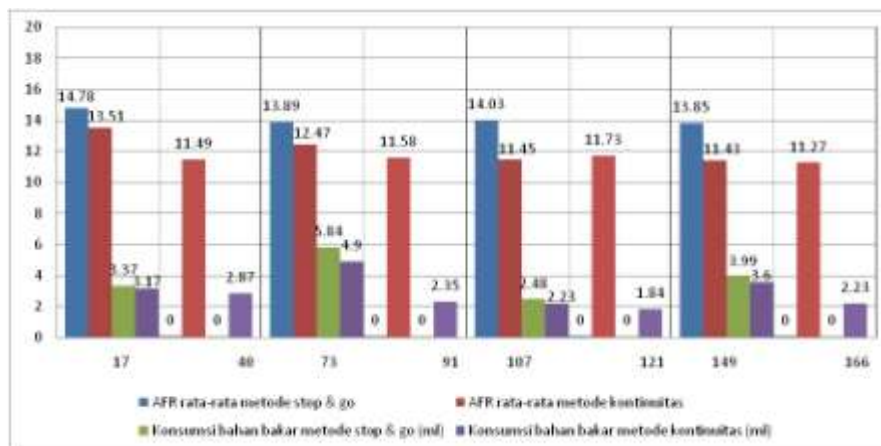


Grafik Batang Perbandingan AFR

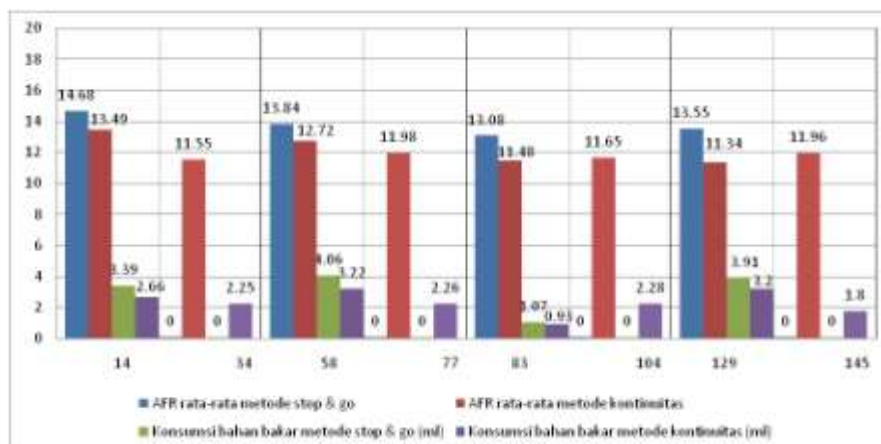
Varian Kecepatan Satu



Varian Kecepatan Dua

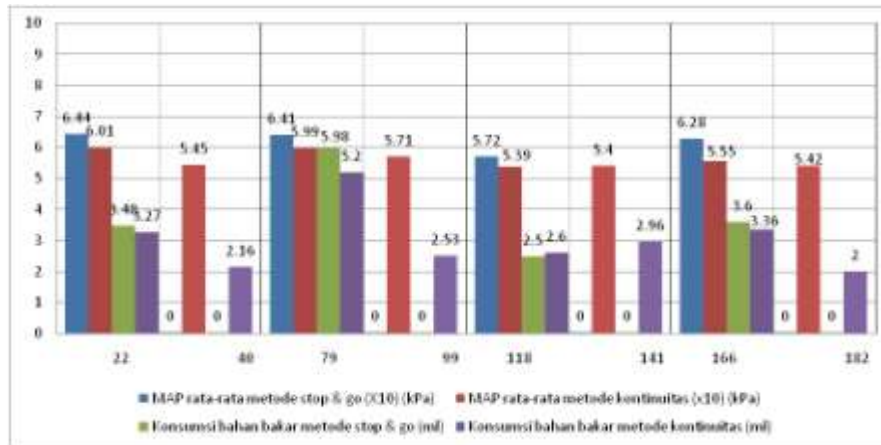


Varian Kecepatan Tiga

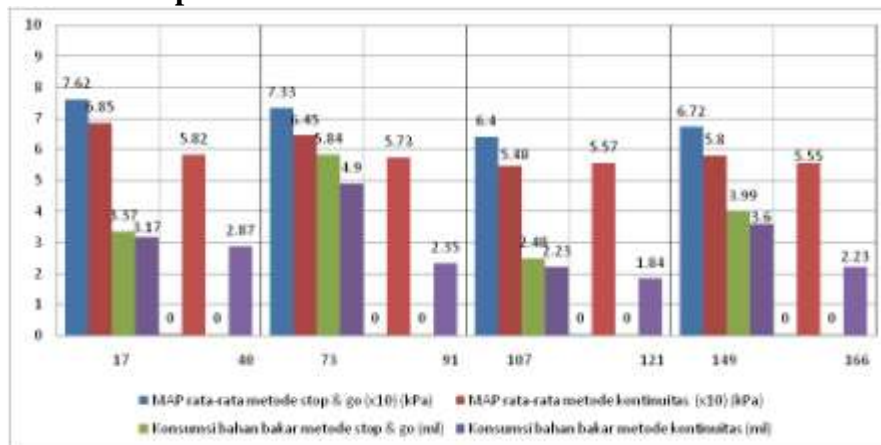


Grafik Batang Perbandingan MAP

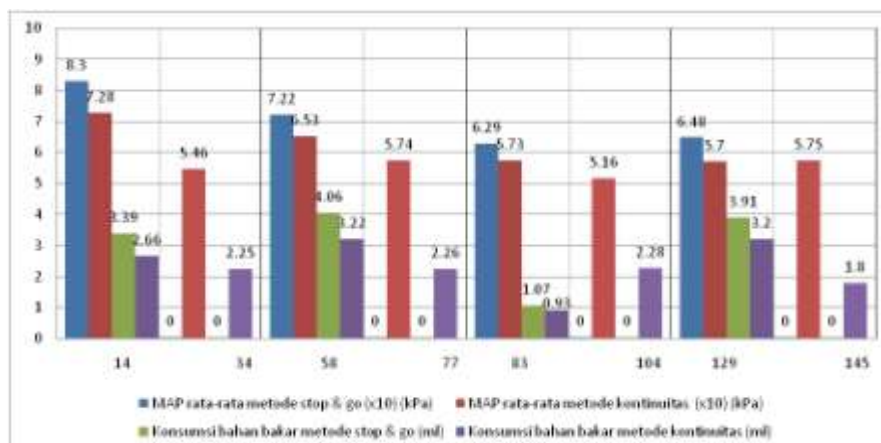
Varian Kecepatan Satu



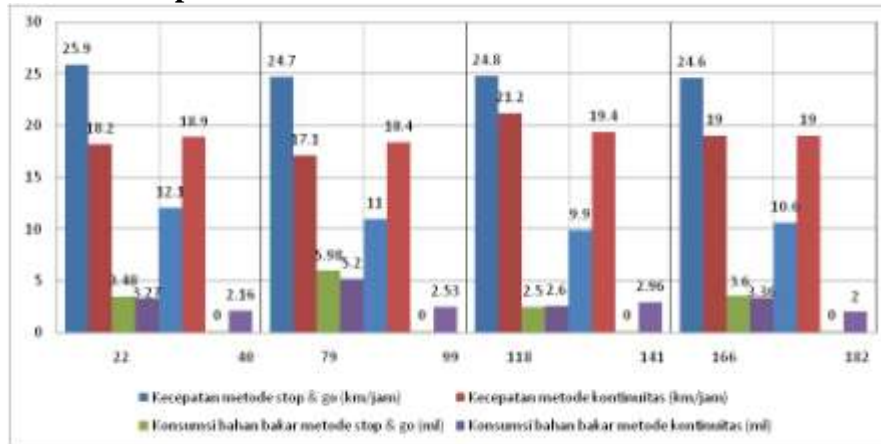
Varian Kecepatan Dua



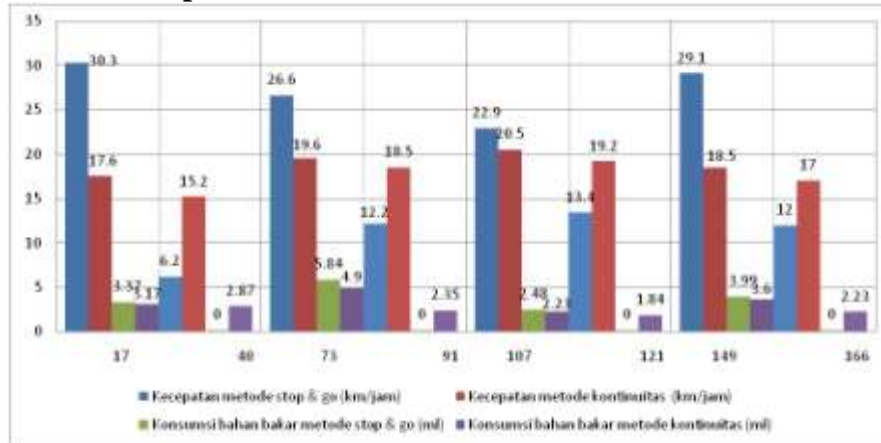
Varian Kecepatan Tiga



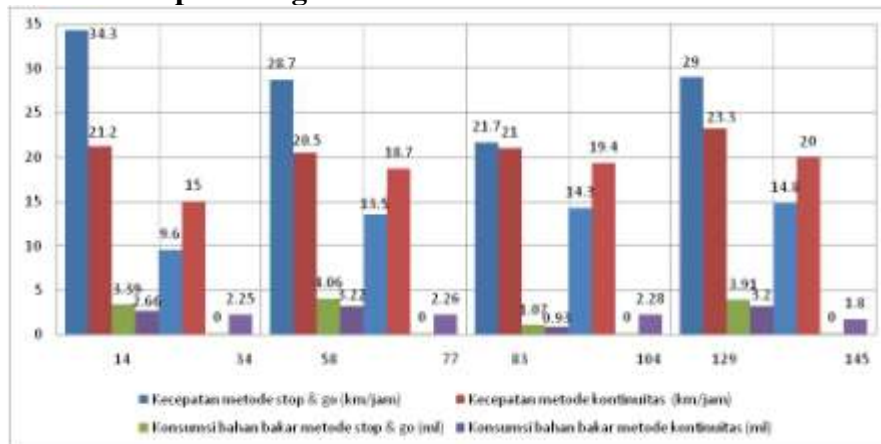
Grafik Batang Perbandingan Kecepatan Varian Kecepatan Satu



Varian Kecepatan Dua



Varian Kecepatan Tiga



Lampiran 7 Pengukuran Selama Proses Penelitian

Pengukuran Tekanan Ban dan Frr



Pengukuran Tekanan Bahan Bakar



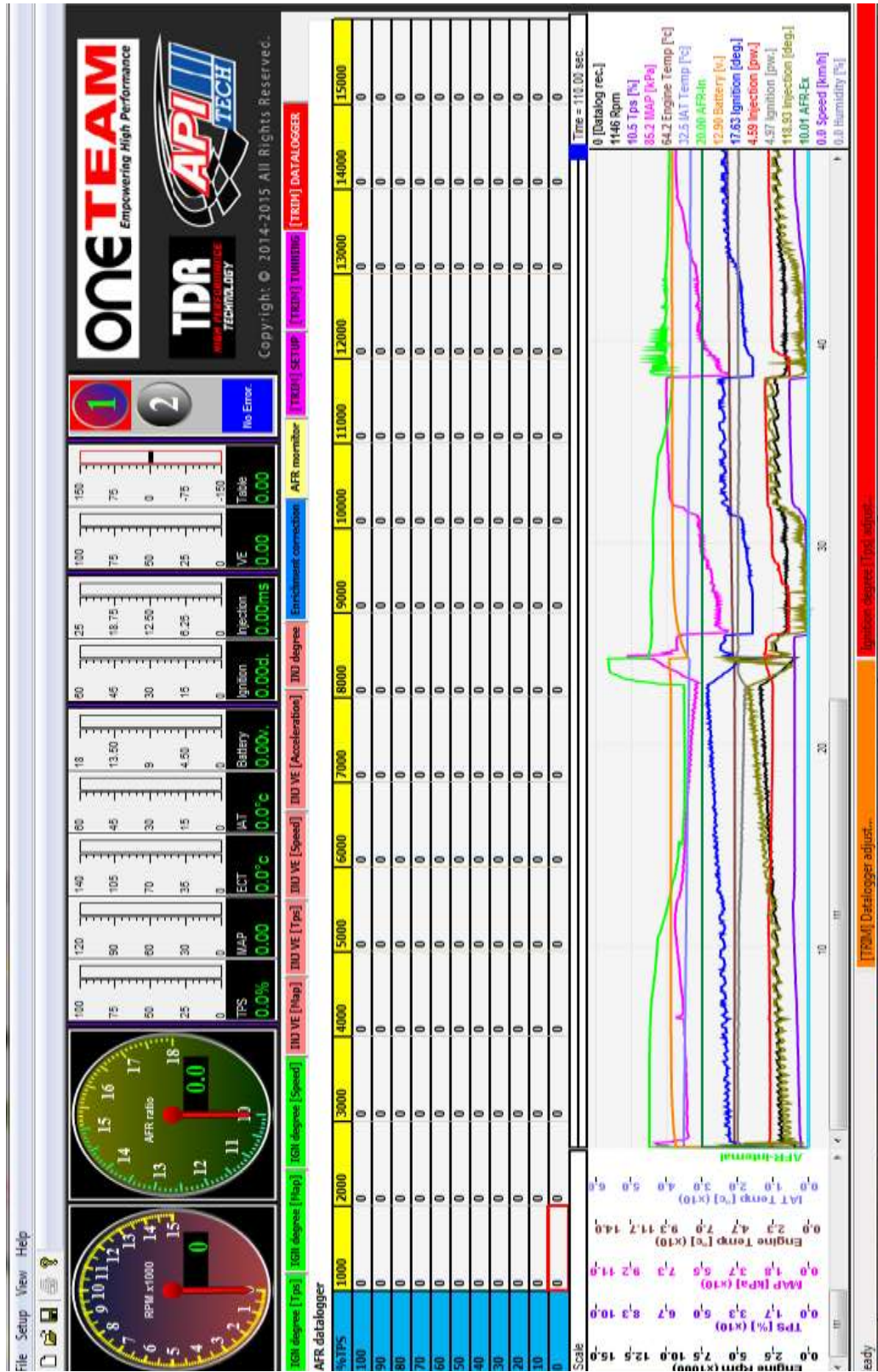
Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar dan Berat Pengemudi



Pengukuran Waktu Kerja, Putaran *Engine*, Jarak Tempuh dan Kecepatan Kendaraan

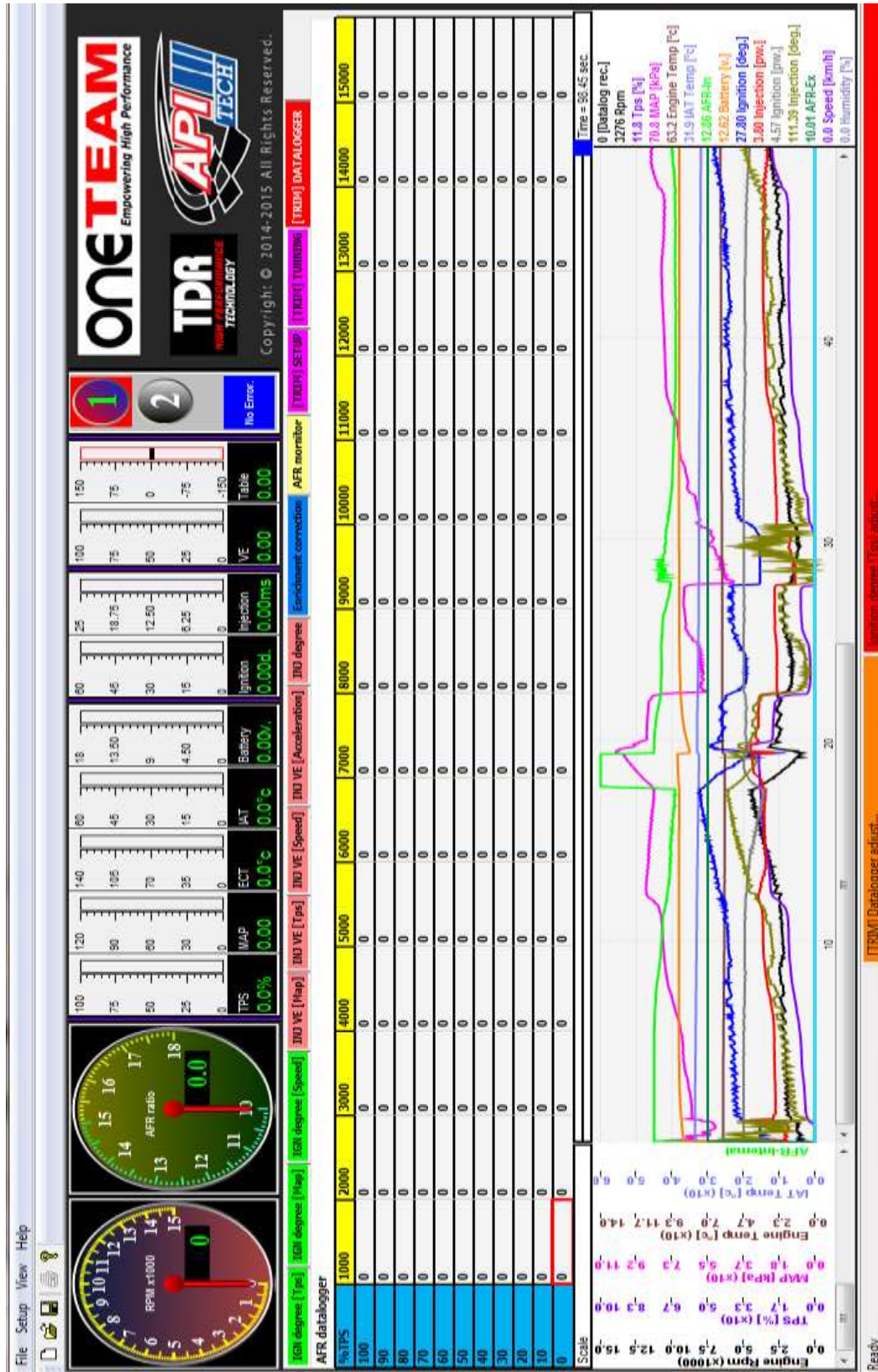


Pengukuran Berdasarkan Data ECU Varian Kecepatan Satu Metode Stop and Go

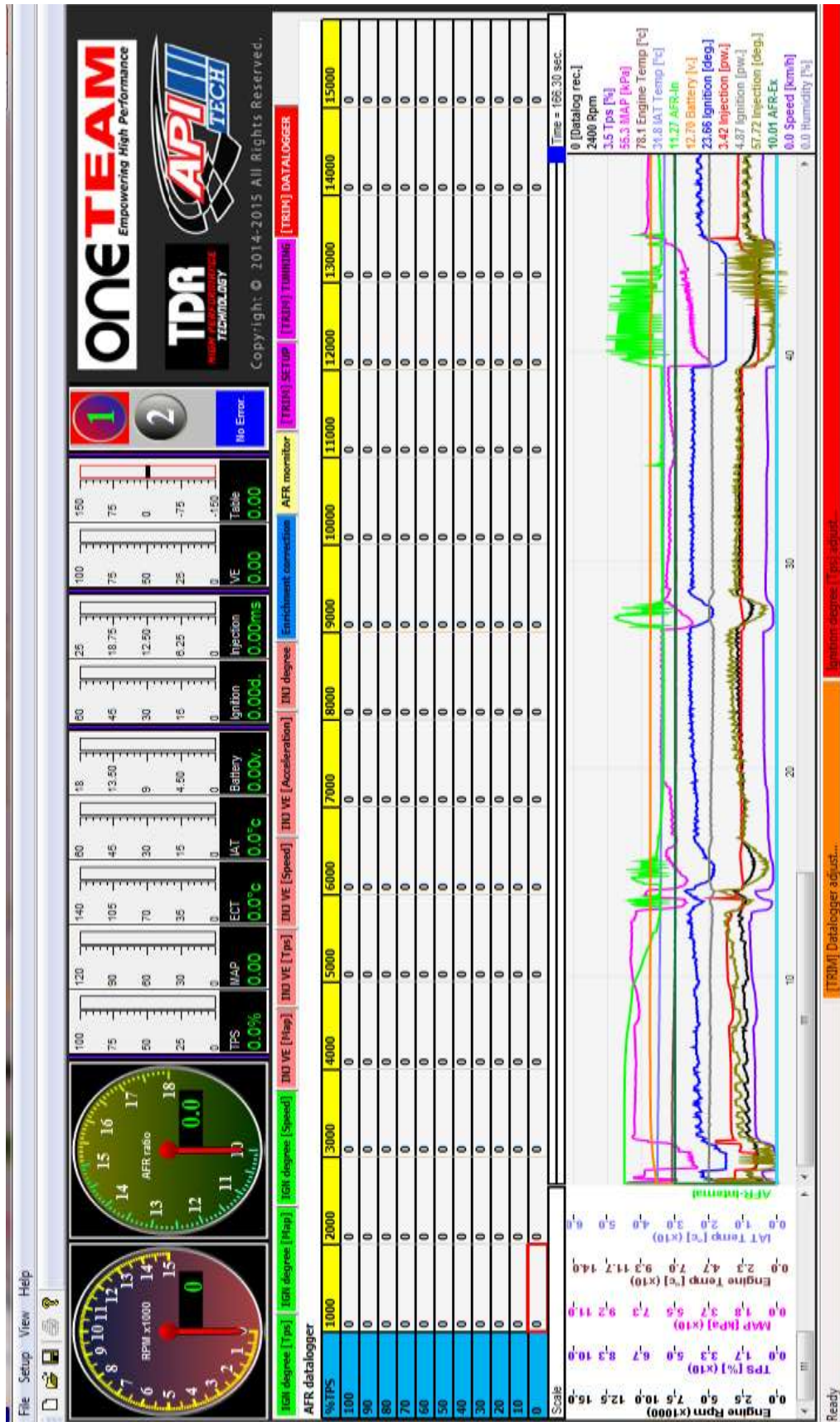


Varian Kecepatan Dua

Metode Stop and Go

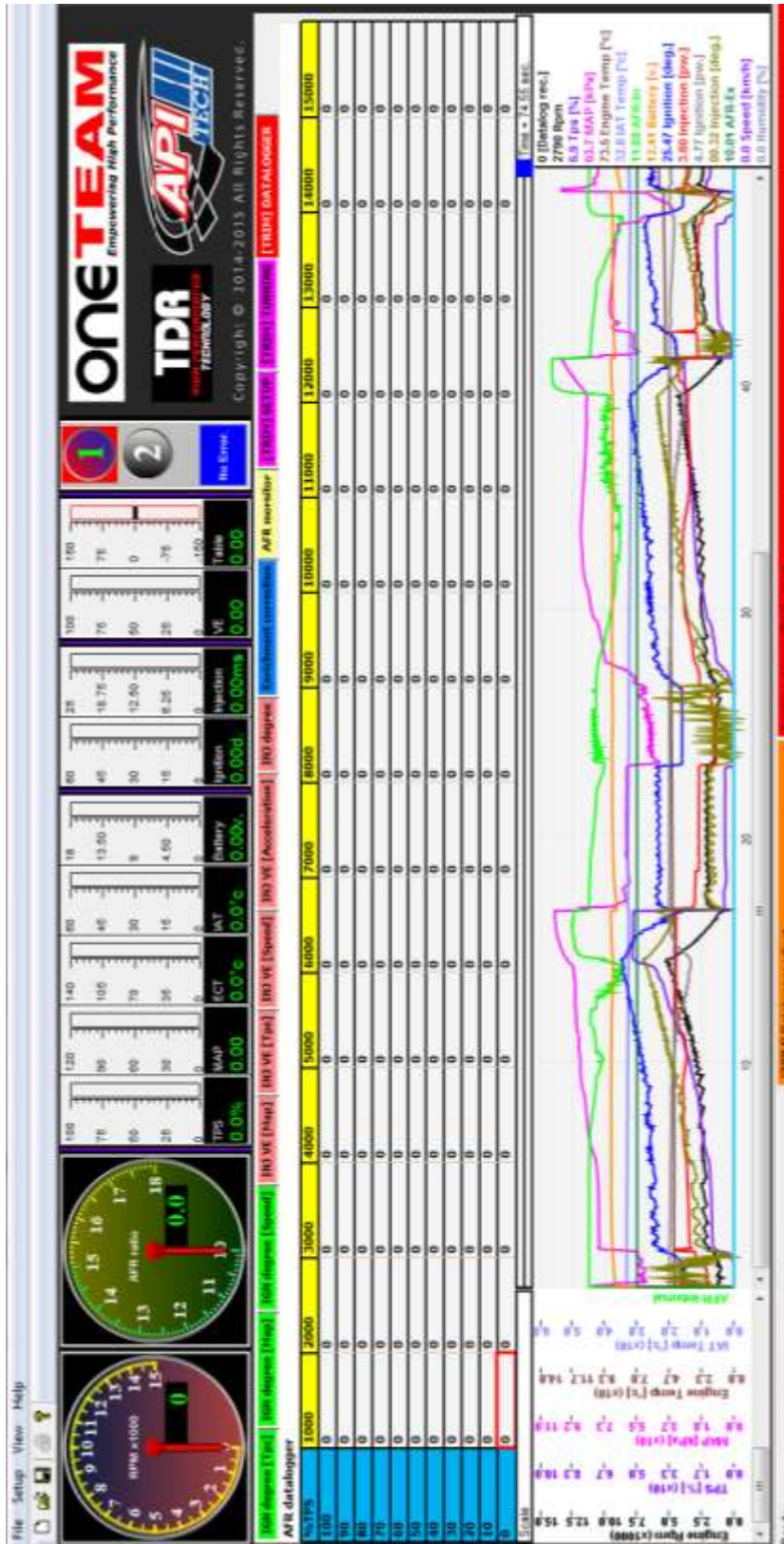


Metode Kontinuitas

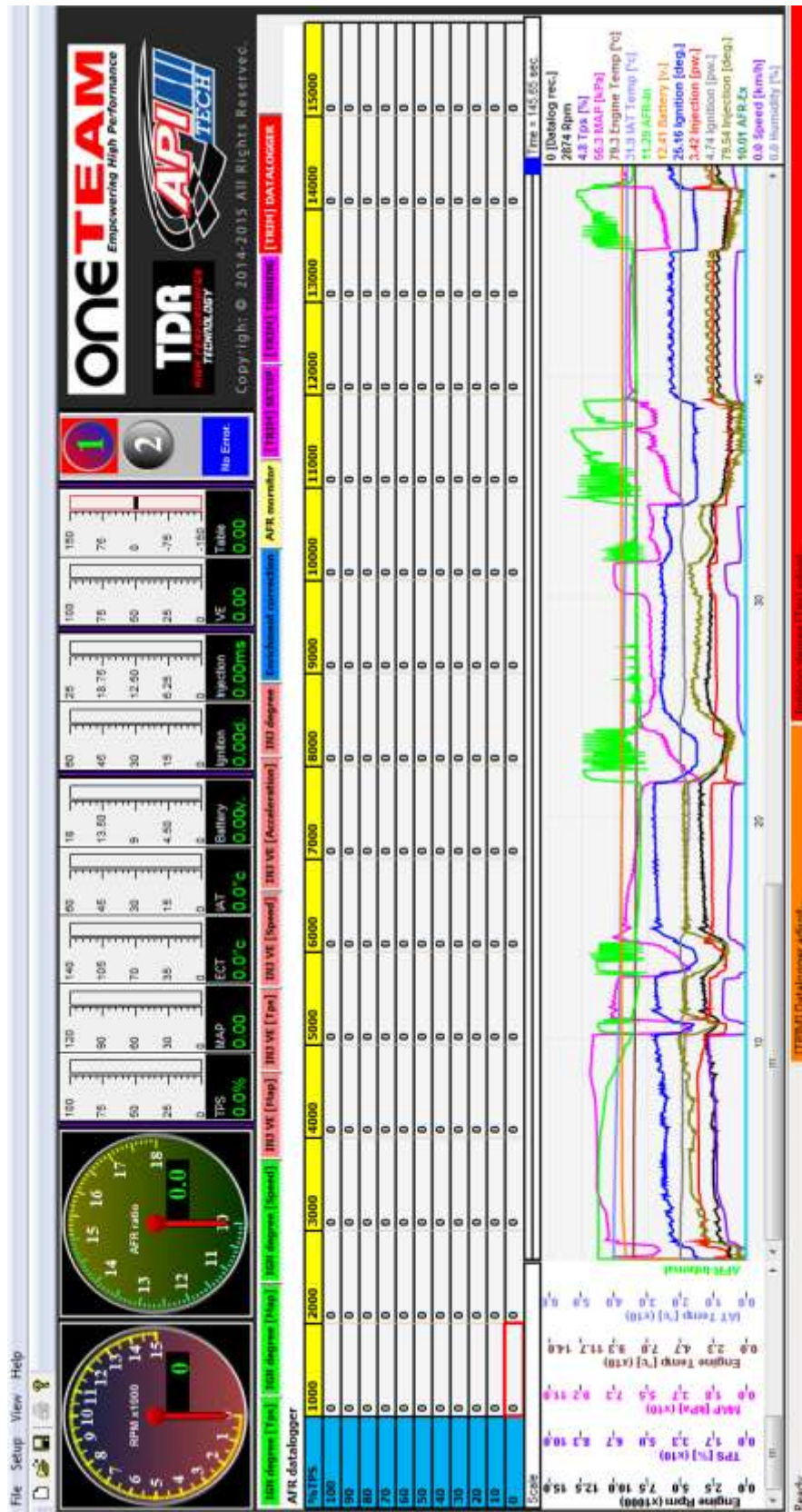


Varian Kecepatan Tiga

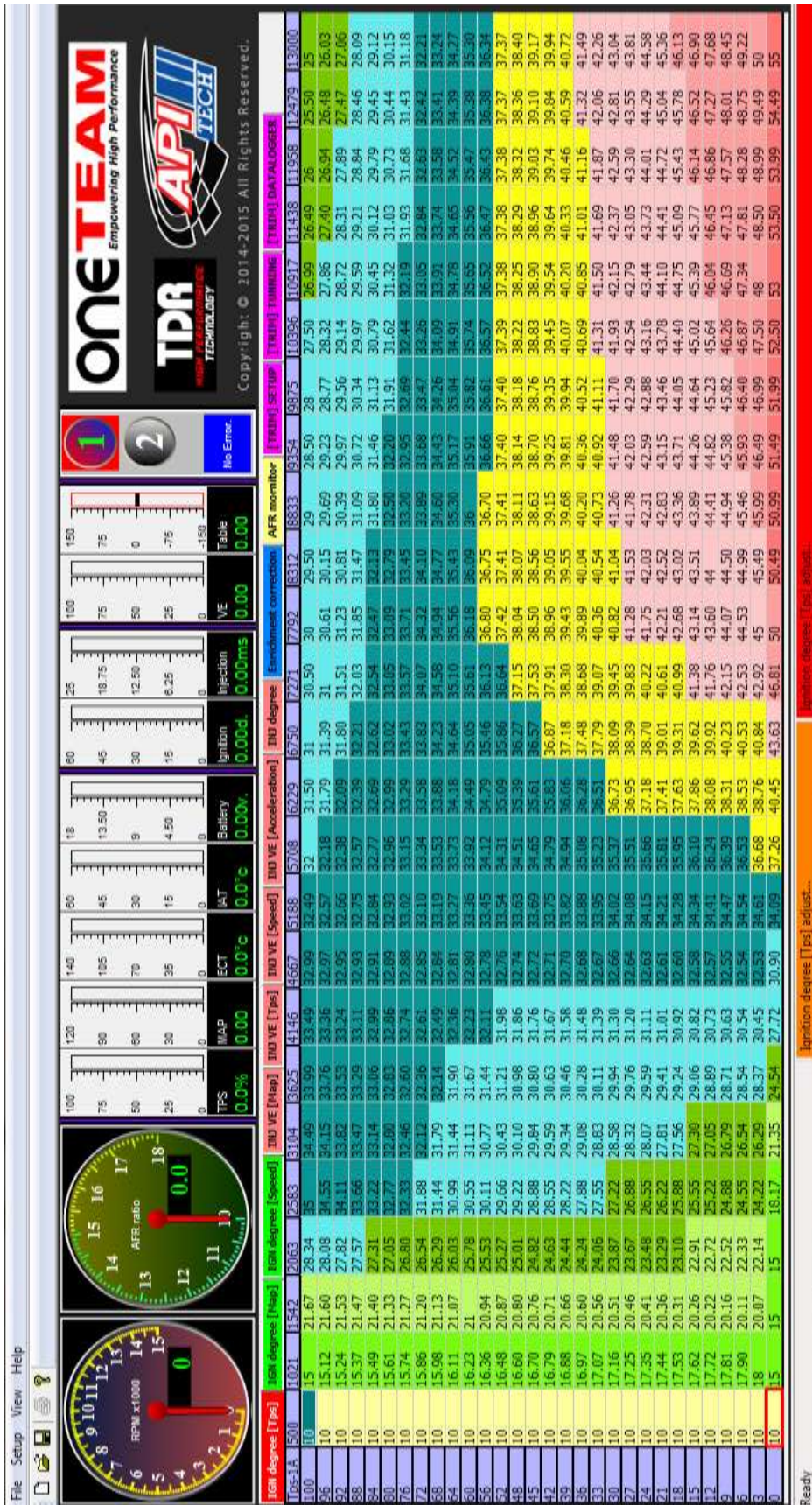
Metode Stop and Go



Metode Kontinuitas



Base Map



Alwinskyah Tunggul Ismail Lubis, Lahir di Jakarta pada tanggal 1 Januari 1995 dari pasangan Syafril Efendi Lubis dan Uni Darwini. Penulis merupakan anak ke tiga dari empat bersaudara, yaitu Rosy Hutami S.TP., M.Si., sebagai kakak pertama, drh. Anggina Sari Salmi sebagai kakak kedua, dan Nauli Marina sebagai adik. Menyelesaikan Sekolah Dasar di SD Negeri 02 Ciganjur Jakarta Selatan pada tahun 2006, kemudian menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama SMP Negeri 175 Jakarta pada tahun 2009, dan pada tahun 2012 menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 55 Jakarta. Penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi Negeri Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Prodi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin (S1). Selama berstatus sebagai mahasiswa (S1) penulis merupakan bagian dari Tim Batavia Universitas Negeri Jakarta, Tim Batavia adalah organisasi mahasiswa di Universitas Negeri Jakarta yang berperan aktif pada bidang teknologi dengan mengikuti perlombaan Shell Eco-Marathon Asia dan Kontes Mobil Hemat Energi.

