



**PENGARUH PENGATURAN CO TERHADAP
LAMBDA DAN HASIL UJI EMISI SEPEDA MOTOR
BERMESIN EFI**

SKRIPSI

Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, S1

Oleh :

Nama : Panji Rohman Aziz

NIM : 5201410066

Prodi : Pendidikan Teknik Mesin, S1

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Panji Rohman Aziz
NIM : 5201410066
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Judul Skripsi : Pengaruh Pengaturan CO pada ECU Terhadap Lambda dan Hasil Uji Emisi Sepeda Motor Bermesin EFI

Telah dipertahankan di depan Dewan Peguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi pendidikan Teknik Mesin S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian,

Ketua : Dr. Muhammad Khumaedi, M.Pd. (Mel:)
NIP. 196209131991021001

Sekretaris : Wahyudi, S.Pd, M.Eng. (Wahyudi)
NIP. 198003192005011001

Dewan Peguji,

Pembimbing : Drs. Ramelan M.T. (Ramelan M.T.)
NIP. 195009151976031002

Penguji Utama I : Dr. Hadromi S.Pd., MT. (Hadromi)
NIP. 196908071994031004

Penguji Utama II : Drs. M. Burhan R.W, M.Pd. (Burhan R.W.)
NIP. 196302131988031001

Penguji Pendamping : Drs. Ramelan M.T. (Ramelan M.T.)
NIP. 195009151976031002

Di tetapkan di semarang

Tanggal,

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP. 1966021519911021001

PERNYATAAN KEASLIAN

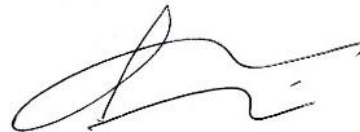
Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Panji Rohman Aziz
NIM : 5201410066
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul **“Pengaruh Pengaturan CO pada ECU Terhadap Lambda dan Hasil Uji Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bermesin EFI”** ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam Skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 4 Juni 2015

Yang membuat pernyataan



Panji Rohman Aziz

NIM. 5201410066

ABSTRAK

Aziz, Panji Rohman. 2015. Pengaruh Pengaturan CO Pada ECU Terhadap Lambda dan Hasil Uji Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bermesin EFI. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Drs. Ramelan M.T.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lambda dan hasil uji emisi gas buang sepeda motor bermesin EFI, sebelum dan sesudah dilakukan pengaturan CO pada ECUnya.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan bantuan alat FIDT (Fuel Injection Diagnostic Tool), untuk mengatur CO pada ECU sepeda motor dan alat uji emisi (Stargas 898) untuk mengukur nilai dari emisi gas buang kendaraan bermotor, seperti: kadar CO, kadar CO₂ dan kadar HC.

Data yang didapatkan dari hasil penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut: Nilai lambda yang ideal 1 didapatkan di pengaturan CO +20 pada 2000 rpm dan di pengaturan CO +30 pada 1500 rpm. Kadar CO terkecil didapatkan di pengaturan CO -10 pada 1500 rpm sebesar 0,29 % vol, kadar CO terbesar didapatkan di pengaturan CO +30 pada 2000 rpm sebesar 5,41 % vol. Kadar CO₂ terkecil didapatkan di pengaturan CO +30 pada 2000 rpm sebesar 6,97 % vol dan kadar CO₂ terbesar didapatkan di pengaturan CO +10 pada 1500 rpm sebesar 10,77 % vol. Kadar HC terkecil didapatkan di pengaturan CO +30 pada 2500 rpm sebesar 66 ppm vol dan kadar HC yang terbesar didapatkan di pengaturan CO -20 pada 1500 rpm sebesar 442,5 ppm vol. Kadar O₂ yang terkecil didapatkan di pengaturan CO +20 pada 1500 rpm sebesar 2,72 % vol dan kadar O₂ yang terbesar didapatkan di pengaturan CO +10 pada 2500 rpm sebesar 4,69 % vol.

Saran penulis bagi pengguna sepeda motor bermesin EFI tipe Open Loop, yang ingin melakukan penghematan disarankan untuk melakukan pengaturan CO yang menghemat bahan bakar maksimal dikurangi sampai dengan -10 karena pada -20 dan -30 putaran mesin tidak stabil sehingga ketika idle mesin dapat mati sendiri. Bagi pengguna sepeda motor bermesin EFI tipe Open Loop, yang ingin melakukan menaikkan performa di putaran bawah disarankan untuk melakukan pengaturan CO pada ECU maksimal +10 karena jika penambahan dilakukan sampai dengan +20 atau +30 bahan bakar akan banyak yang terbuang percuma karena campuran terlalu rich. Pengembangan penelitian ini disarankan untuk dilanjutkan dengan penambahan variabel performa mesin, sehingga dapat diketahui juga pengaruh pengaturan CO terhadap performa mesin

Kata Kunci : Emisi Gas Buang, *Open Loop*, Pengaturan CO

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- ❖ Bergerak karena pemahaman, bukan taklid atau ikut-ikutan
- ❖ Pemuda yang tidak dapat menyelesaikan masalah adalah masalah itu sendiri

PERSEMBAHAN :

1. Allah SWT
2. Kedua orang tuaku
3. Jurusan Teknik Mesin
4. Teman-temanku PTM 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Pengaturan CO pada ECU Terhadap Lambda dan Hasil Uji Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bermesin EFI”.

Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1 untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Muhammad Khumaedi, M.Pd., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Ramelan M.T., Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Dr. Hadromi S.Pd., MT., Dosen Penguji I yang telah memberikan waktu dan saran serta masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Drs. M. Burhan R.W, M.Pd., Dosen Penguji II yang telah memberikan waktu dan saran serta masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Orang tuaku tercinta yang telah memberikan dorongan moril maupun materil.

8. Keluarga besar mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin 2010.
9. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipat atas semua bantuan dan kebaikannya. Amin.

Semarang, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	V
KATA PENGANTAR	Vi
DAFTAR ISI	Viii
DAFTAR TABEL	Xi
DAFTAR GAMBAR	Xii
DAFTAR LAMPIRAN	Xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
G. Penegasan Istilah	5
1. Sistem EFI	5
2. Pengaturan CO	6
3. Emisi gas buang	6
4. Nilai lambda	6
5. Sepeda motor bermesin EFI	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Kajian Pustaka	8
1. Prinsip kerja mesin bensin 4 langkah	8
2. Sistem EFI	12
3. Emisi gas buang	22
4. Bahan bakar bensin	25
5. Stoikiometri dan reaksi pembakaran	26

6. AFR dan Lambda	28
7. Parameter uji emisi	29
B. Kerangka Berfikir	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Model Penelitian	31
B. Variabel dalam Penelitian	32
1. Variabel bebas	32
2. Variabel terikat	32
3. Variabel kontrol	32
C. Teknik Pengumpulan Data	34
1. Referensi	34
2. Pengujian lab emisi	34
D. Teknik Analisis Data	34
E. Prosedur Penelitian	35
1. Alat dan bahan	35
2. Langkah penelitian	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	38
A. Hasil Penelitian	38
1. Analisis nilai lambda	39
2. Analisis kadar karbon monoksida (CO)	44
3. Analisis kadar karbon dioksida (CO ₂)	49
4. Analisis kadar hidrokarbon (HC)	53
5. Analisis kadar oksigen (O ₂)	59
B. Pembahasan	64
1. Nilai lambda	64
2. Kadar gas karbon monoksida (CO)	66
3. Kadar gas karbon dioksida (CO ₂)	68
4. Kadar gas hidrokarbon (HC)	71
5. Kadar gas oksigen (O ₂)	72
6. Hubungan kadar gas CO dengan CO ₂	73
7. Hubungan kadar gas O ₂ dengan CO ₂	78
C. Keterbatasan Penelitian	82
BAB V PENUTUP	84

A. Simpulan	84
B. Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN – LAMPIRAN	89

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88	26
4.1 Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe L	38
4.2 Variasi nilai lambda berdasarkan pengaturan CO	40
4.3 Variasi kadar gas CO berdasarkan pengaturan CO	44
4.4 Variasi kadar gas CO ₂ berdasarkan pengaturan CO	49
4.5 Variasi kadar gas HC berdasarkan pengaturan CO	54
4.6 Variasi kadar gas O ₂ berdasarkan pengaturan CO	59
4.7 Hubungan CO ₂ dengan CO	73
4.8 Hubungan O ₂ dengan CO ₂	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Langkah Hisap	9
2.2 Langkah Kompresi	10
2.3 Langkah Kerja	11
2.4 Langkah Buang	12
2.5 Sistem kerja FI sepeda motor Vixion	19
2.6 Diagram alir kontrol digital <i>open loop</i>	20
2.7 Diagram alir kontrol digital <i>closed loop</i>	21
3.1 Diagram alir model penelitian	31
4.1 Grafik rata-rata nilai lambda berdasarkan pengaturan CO	40
4.2 Grafik nilai lambda pada pengaturan CO berdasarkan putaran mesin	41
4.3 Grafik kadar gas CO (% vol) berdasarkan pengaturan CO	45
4.4 Grafik variasi kadar gas CO ₂ (% vol) berdasarkan pengaturan CO	49
4.5 Grafik variasi kadar gas HC (ppm vol) berdasarkan pengaturan CO	54
4.6 Grafik variasi kadar gas O ₂ (% vol) berdasarkan pengaturan CO	60
4.7 Grafik nilai lambda	64
4.8 Grafik kadar gas CO	66
4.9 Grafik kadar gas CO ₂	68
4.10 Grafik kadar gas HC	70
4.11 Grafik kadar gas O ₂	72
4.12 Grafik hubungan kadar gas CO ₂ dan CO	74
4.13 Grafik hubungan kadar gas CO ₂ dengan O ₂	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Hasil penelitian divalidasi	88
2 Hasil uji emisi pada pengaturan CO -20	89
3 Hasil uji emisi pada pengaturan CO -10	90
4 Hasil uji emisi pada pengaturan CO 0 (Standar)	91
5 Hasil uji emisi pada pengaturan CO +10	92
6 Hasil uji emisi pada pengaturan CO +20	93
7 Hasil uji emisi pada pengaturan CO +30	94

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Semakin rusaknya lingkungan akibat dampak polusi dari kendaraan bermotor semakin parah, membuat produsen kendaraan bermotor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan akan transportasi dari para konsumen dengan tidak mengesampingkan faktor lingkungan. Untuk itu diciptakan teknologi penyaluran bahan bakar secara elektronik sebagai pengganti sistem karburator yang sudah ada sebelumnya yang disebut sistem EFI (*Electronic Fuel Injection*).

Sistem EFI dapat menghasilkan perbandingan udara dan bahan bakar (*Air Fuel Ratio*) yang lebih optimal. Pemasukan bahan bakar diatur oleh hasil input pada ECU (*Electronic Control Unit*) dari sensor-sensor yang terdapat didalamnya dengan aktuator berupa injektor dan FID (*Fast Idle Solenoid*), sehingga dapat memaksimalkan efisiensi konsumsi bahan bakar dan menyempurnakan proses pembakaran.

Seperti kontrol sistem digital yang lain teknologi sistem EFI dapat dibedakan menjadi “*Open Loop*” dan “*Closed loop*”. Kedua istilah ini mengacu pada kemampuan sistem untuk mendapatkan feedback berdasarkan pada pengukuran dari hasil kerja sistem dan merubah kerja sistem berdasarkan feedback tersebut. Perbedaan yang jelas dari sistem *Open Loop* dan sistem *Closed Loop* pada EFI adalah pada sistem *Open Loop* tidak ada sistem koreksi yang berdasarkan pada feedback dari emisi gas buang kendaraan yang didapat oleh O₂ sensor atau nilai lambda sensor seperti pada sistem close loop sehingga pada sistem *Open Loop*, nilai lambda dan kadar emisi gas buang tidak terkontrol. Bisa dikatakan pada sistem

Open Loop hanya diterapkan penanggulangan emisi gas buang yang dilakukan sebelum pembakaran, karena kondisi nilai lambda dan kadar emisi gas buang tidak mempengaruhi sistem pemasukan bahan bakar.

Di Indonesia sepeda motor yang menggunakan EFI bertipe *Open Loop* salah satunya Yamaha V-ixion rakitan tahun 2009, karena pada sistem FI (“*Fuel Injection*” nama resmi sistem injeksi sepeda motor YAMAHA) sepeda motor tersebut belum memiliki sistem penginderaan gas buang pada hasil pembakaran atau O₂ sensor, sehingga tidak ada feedback terhadap hasil pembakaran kepada ECU dan tidak ada evaluasi dari semprotan bahan bakar yang diinjeksikan, mengakibatkan kontrol hasil emisi gas buang kurang sempurna.

Kurang sempurnanya kontrol emisi gas buang pada sistem EFI tipe *Open Loop* diakibatkan karena dengan bertambahnya waktu operasional mesin maka setiap komponen dalam mesin tersebut akan mengalami perubahan performa karena keausan material yang diakibatkan gesekan antar komponen ataupun pemuaihan yang diakibatkan oleh suhu yang dihasilkan selama mesin bekerja. Perubahan performa pada komponen mesin dapat mengakibatkan perubahan pada *air fuel ratio*. Perubahan pada *air fuel ratio* akan menghasilkan pembakaran yang kurang sempurna dan pemanfaatan energi yang dihasilkan mesin berkurang, sehingga emisi gas buang yang dihasilkan mesin akan bertambah. Untuk menanggulangi kelemahan kontrol gas emisi buang pada sepeda motor EFI bertipe *Open Loop* ini, produsen menyediakan opsi pengaturan CO. Pengaturan CO pada ECU bertujuan mengatur kembali *air fuel ratio* pada sistem EFI menyesuaikan adanya faktor keausan material dan keadaan sekitar ketika mesin kendaraan beroperasi sehingga

menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna (Nilai lambda yang mendekati ideal).

Pengertian pengaturan CO pada ECU sistem EFI bertipe *Open Loop* adalah menambah atau mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke ruang bakar melalui injektor, sesuai dengan spesifikasi level penyetelan yang diterapkan produsen. Pada brand Yamaha CO dapat diatur menggunakan FIDT (*Fuel Injection Diagnostic Tool*). *Range* pengaturan CO yang disediakan antara -30 s/d +30, setiap level kenaikan atau penurunan mengakibatkan perubahan volume pengeluaran bahan bakar sebesar 0,05 cc.

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Sepeda motor bermesin EFI tipe *Open Loop* tidak memiliki sensor untuk gas buang atau sensor O₂ sehingga pembakaran semakin kurang sempurna seiring bertambahnya waktu operasional mesin karena perubahan *air fuel ratio* yang mengakibatkan kadar emisi gas buang mesin tersebut tidak terkontrol. Penanggulangan masalah *air fuel ratio* yang disediakan oleh produsen adalah dengan pengaturan CO. Pengaturan CO adalah pengaturan volume semprotan bahan bakar secara manual dengan range antara -30 sampai dengan 30, dimana pengaturan standar produsen adalah 0. Setiap kenaikan atau penurunan pengaturan akan menambah atau mengurangi volume semprotan bahan bakar sebesar 0,05 cc. Perubahan pada volume semprotan bahan bakar dapat berpengaruh terhadap nilai lambda dan kadar emisi gas buang.

C. PEMBATASAN MASALAH

Kajian masalah pada penelitian dibatasi sehingga tidak membuat masalah yang dikaji meluas maka masalah yang akan dikaji dibatasi pada:

1. Sepeda motor yang digunakan dalam pengujian adalah Yamaha V-ixion tahun perakitan 2009.
2. Level pengaturan CO pada ECU yang akan digunakan untuk penelitian adalah 0, -30, -20, -10, +10, +20 dan +30.
3. Peneliti menggunakan putaran mesin 1500 rpm sampai 2500 rpm dengan range 500 rpm.
4. Alat ukur emisi yang digunakan adalah alat uji emisi STARGAS 898.
5. Komponen yang dianalisis dalam uji emisi adalah CO, CO₂, HC, O₂, dan nilai lambda.

D. RUMUSAN MASALAH

Agar permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini lebih jelas maka dapat dirumuskan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh pengaturan CO terhadap nilai lambda sepeda motor bermesin EFI?
2. Bagaimanakah pengaruh pengaturan CO terhadap kadar emisi gas buang sepeda motor bermesin EFI?

E. TUJUAN PENELITIAN

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah disebutkan maka tujuan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Melakukan kajian eksperimental untuk mendeskripsikan pengaruh pengaturan CO terhadap nilai lambda sepeda motor bermesin EFI.
2. Melakukan kajian eksperimental untuk mendeskripsikan pengaruh pengaturan CO terhadap kadar emisi gas buang sepeda motor bermesin EFI.

F. MANFAAT PENELITIAN

Dengan tercapainya tujuan penelitian yang telah dipaparkan diatas maka diharapkan penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Mendapatkan pengetahuan tentang pengaruh antara pengaturan CO dengan nilai lambda pada sepeda motor bermesin EFI.
2. Mendapatkan pengetahuan tentang pengaruh antara pengaturan CO dengan kadar emisi gas buang pada sepeda motor bermesin EFI.
3. Mendapatkan pengetahuan variasi kadar emisi gas buang yang dihasilkan sepeda motor bermesin EFI berdasarkan pengaturan CO.

G. PENEGASAN ISTILAH

Penegasan istilah dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas terhadap elemen-elemen yang terdapat dalam masalah yang akan diteliti sehingga tidak menimbulkan kesalahan penafsiran

1. Sistem EFI

EFI (*Electronic Fuel Injection*) EFI adalah sebuah sistem penyemprotan bahan bakar yang dalam kerjanya dikontrol secara elektronik agar didapatkan nilai campuran udara dan bahan bakar selalu sesuai dengan kebutuhan motor bakar, sehingga didapatkan daya motor yang optimal dengan pemakaian bahan bakar yang minimal serta mempunyai gas buang yang ramah lingkungan. FI (*Fuel Injection*) adalah nama resmi sistem injeksi bahan bakar elektronik pada sepeda motor yamaha Vixion yang pada generasi pertama sistem FI belum menggunakan sensor nilai lambda atau O₂ sensor sehingga masih masuk dalam kategori EFI bertipe *Open Loop*. Sistem EFI yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sistem EFI bertipe *Open Loop*.

2. Pengaturan CO

Pengaturan CO adalah pengaturan jumlah pemasukan bahan bakar secara manual yang terdapat pada sistem EFI dengan tipe *Open Loop* karena belum memiliki sensor O₂ untuk mengevaluasi hasil gas buang, sehingga volume semprotan bahan bakar awal harus dilakukan pengaturan secara manual. Pada pengaturan CO pada sepeda motor yamaha V-ixion yang akan digunakan standar pengaturan produsen adalah 0 dan setiap perubahan pengaturann CO akan menambah atau mengurangi volume semprotan bahan bakar sebesar 0,05 cc. Pengaturan CO yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah -30, -20, -10, 10, 20, 30, dari pengaturan CO standar.

3. Emisi gas buang

Emisi gas buang adalah zat pencemar yang terkandung dalam gas buang sebagai sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Emisi gas buang yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah CO, CO₂, HC dan O₂.

4. Nilai lambda

Nilai lambda adalah nilai perbandingan antara udara yang masuk ke ruang bakar dengan campuran udara dan bahan bakar ideal/stoikiometri. Nilai lambda yang ideal bernilai 1 bila nilai lambda >1 maka campuran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dalam kondisi rich dan sebaliknya bila nilai lambda <1 maka campuran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dalam kondisi lean.

5. Sepeda Motor Bermesin EFI

Sepeda motor bermesin EFI yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sepeda motor dengan brand Yamaha V-ixion yang merupakan motor sport

roduksi yamaha, pertama kali diluncurkan pada 2007 sebagai motor sport injeksi pertama yang dipasarkan yamaha di indonesia. Menggunakan mesin 150 cc dengan sistem EFI tipe Close Loop yang menyediakan opsi pengaturan CO pada angka -30 sampai dengan +30.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

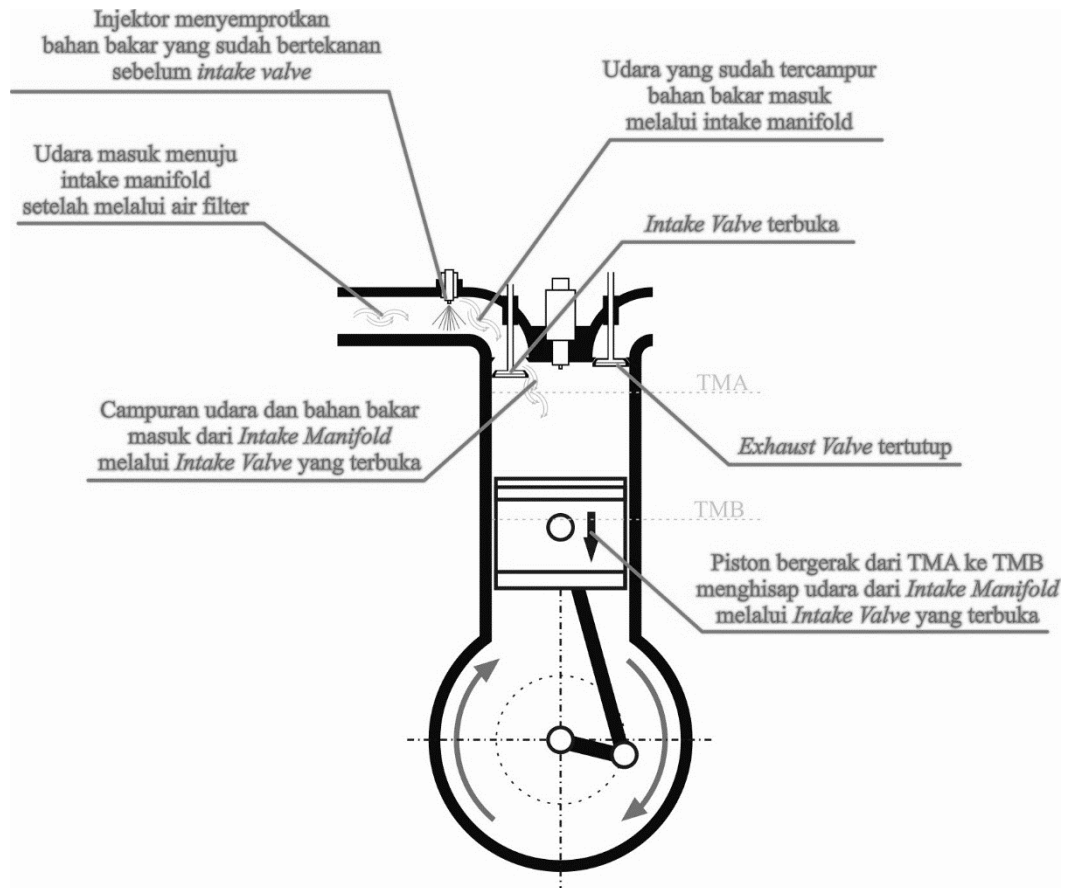
A. KAJIAN PUSTAKA

1. Prinsip Kerja Mesin bensin 4 Langkah

Mesin bensin 4 langkah termasuk sebagai motor bakar. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin konversi energi yang banyak dipakai sebagai penggerak kendaraan (otomotif) atau sebagai penggerak peralatan industri. Dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. (Rizal, 2013:28). Prinsip kerja mesin bensin 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut.

a. Langkah hisap

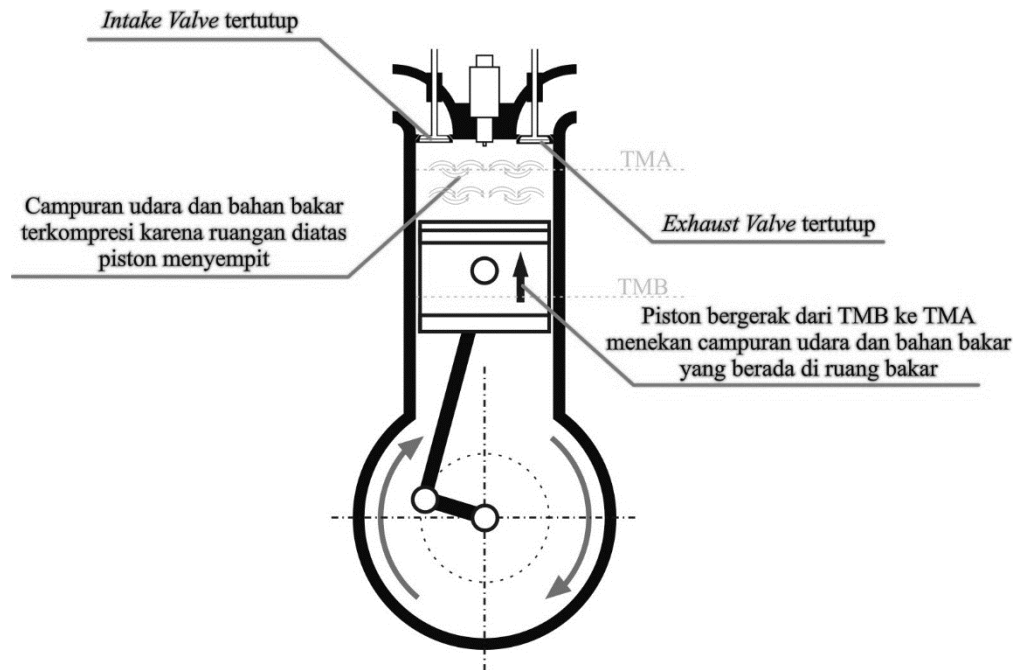
Pada sepeda motor bermesin EFI saat langkah hisap, injektor menyemprotkan bahan bakar yang sudah bertekanan sebelum intake valve dengan volume semprotan bervariasi tergantung dari data kondisi mesin yang didapatkan oleh sensor-sensor dan dihitung oleh ECU. Semprotan bahan bakar yang dikeluarkan injektor menyebabkan udara yang masuk langsung tercampur oleh bahan bakar menjadi campuran udara dan bahan bakar. Pada langkah ini, piston bergerak dari TMA menuju TMB, katup hisap terbuka sedangkan katup buang masih tertutup. Setelah campuran bahan-bakar udara masuk silinder kemudian dikompresi dengan langkah kompresi (Rizal, 2013:39).



Gambar 1. Langkah hisap

b. Langkah kompresi

Ketika langkah ini piston bergerak dari TMB menuju TMA, kedua katup hisap dan buang tertutup. Karena dikompresi volume campuran menjadi kecil dengan tekanan dan temperatur naik, dalam kondisi tersebut campuran bahan-bakar udara sangat mudah terbakar (Rizal, 2013:39).



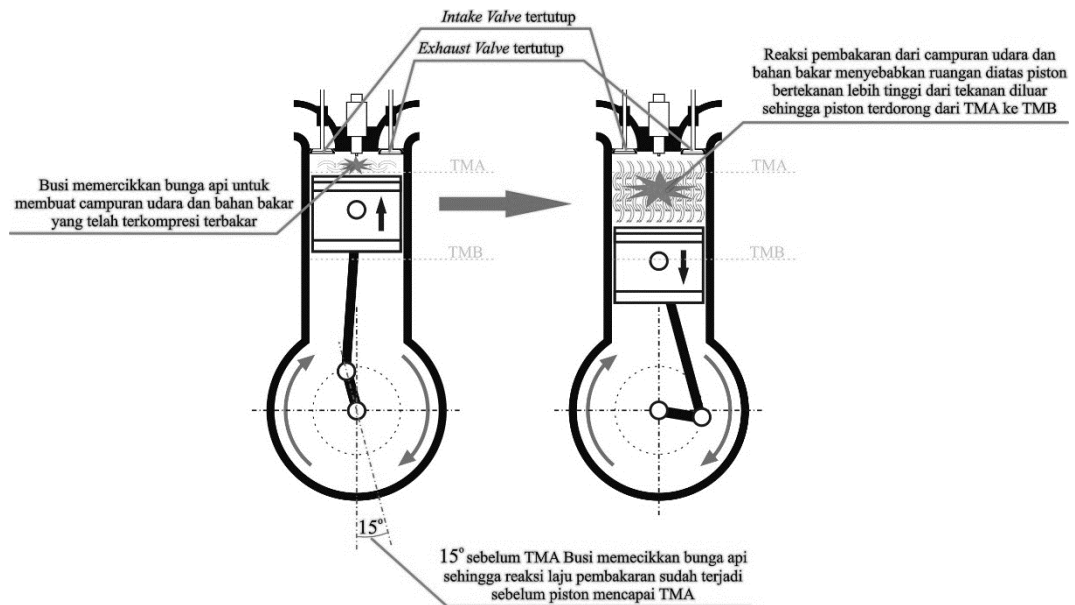
Gambar 2. Langkah Kompresi

c. Langkah kerja

Langkah kerja disebut juga dengan langkah ekspansi, karena campuran udara dan bahan bakar yang terdapat di ruang bakar berekspansi setelah pembakaran, penjelasan tentang langkah kerja dijelaskan oleh Rizal (2013:40) sebagai berikut:

sebelum piston mencapai TMA campuran dinyalakan dan terjadilah proses pembakaran menjadikan tekanan dan temperatur naik, dan piston masih naik terus sampai TMA sehingga tekanan dan temperatur semakin tinggi. Setelah sampai TMA kemudian torak didorong menuju TMB dengan tekanan yang tinggi, katup hisap dan buang masih tertutup. Selama piston bergerak menuju dari TMA ke TMB yang merupakan langkah kerja.

Pada langkah kerja piston menerima energi hasil pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang terjadi di ruang bakar dan merubahnya merubahnya dari gerak *reciprocal* menjadi gerak rotasi dengan poros engkol.



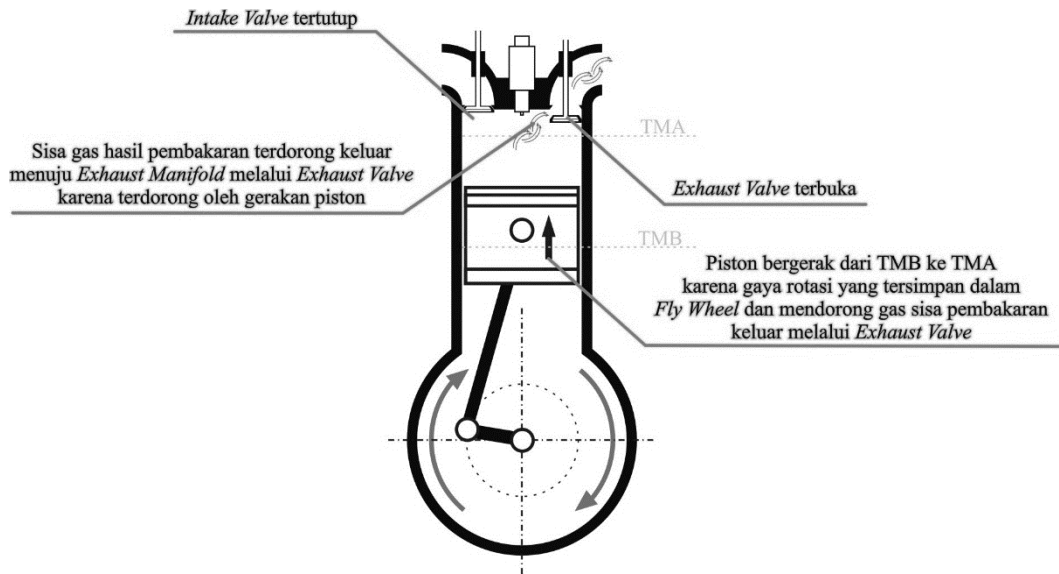
Gambar 3. Langkah Kerja

d. Langkah buang

Langkah buang adalah langkah pembuangan sisa-sisa hasil pembakaran di ruang bakar, Penjelasan mengenai langkah buang dijelaskan oleh Rizal (2013:40) sebagai berikut:

Sebelum piston mencapai TMB katup buang dibuka, katup masuk masih tertutup. Kemudian piston bergerak lagi menuju ke TMA mendesak gas pembakaran ke luar melalui katup buang. Proses pengeluaran gas pembakaran disebut dengan langkah buang. Setelah langkah buang selesai siklus dimulai lagi dari langkah hisap dan seterusnya (Rizal, 2013:40).

Setelah langkah buang, mesin akan kembali melakukan urutan langkah dari mulai langkah hisap dan seterusnya dengan menggunakan sebagian energi dari langkah kerja yang tersimpan dalam *flywheel*.



Gambar 4. Langkah Buang

2. Sistem EFI

a. Pengertian sistem EFI

Fungsi utama dari sistem suplai bahan bakar, adalah mensuplai sejumlah bahan bakar ke ruang bakar sesuai perbandingan udara dan bahan bakar yang optimal, berdasarkan kondisi pengendaraan dan temperatur atmosfer (Yamaha, 2007:1-2). Dengan campuran udara dan bahan bakar yang optimal diharapkan pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar akan semakin sempurna.

Penggantian sistem bahan bakar konvensional yang menggunakan karburator menjadi sistem bahan bakar injeksi atau EFI memiliki tujuan sebagai berikut:

Secara umum penggantian sistem bahan bakar konvensional ke sistem EFI dimaksudkan agar meningkatkan unjuk kerja dan tenaga mesin (*power*) yang lebih baik, akselerasi yang lebih stabil pada setiap putaran mesin, pemakaian bahan bakar yang ekonomis (irit) dan menghasilkan kandungan racun (emisi) gas buang yang lebih sedikit sehingga bisa lebih ramah lingkungan (Hidayatullah dan Salamulloh, 2012:36).

Dengan demikian sistem bahan bakar EFI digunakan karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan sistem bahan bakar konvensional.

Prinsip sistem EFI yang sebenarnya adalah mengatur volume bahan bakar yang dicampur dengan udara di dalam *throttle body*, perubahan volume bahan bakar tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Meskipun udara yang masuk volumenya sama, tetapi jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar bervariasi tergantung dari kondisi pengendalian, misalnya pada akselerasi, deselerasi, atau pengendalian dengan beban berat. Sistem bahan bakar, mampu memenuhi kebutuhan bahan bakar yang bervariasi itu melalui ukuran jetnya, sehingga akan diperoleh perbandingan udara-bahan bakar yang optimum disegala kondisi pengendalian (Yamaha, 2007:1-2).

Penjelasan diatas menggambarkan sistem EFI merubah rasio udara dan bahan bakar hanya dengan menambah atau mengurangi volume bahan bakar yang dicampur dalam *throttle body* bukan dengan mengatur jumlah udara yang masuk.

Sepeda motor yang digunakan sebagai sampel yaitu Yamaha V-ixion tahun perakitan 2009 sudah menggunakan sistem EFI, seperti dijelaskan sebagai berikut:

Model ini sengaja dilengkapi kontrol Fuel Injection (FI) secara electronic, untuk menggantikan sistem karburator. Pada sistem ini, mampu menghasilkan perbandingan udara dan bahan bakar yang lebih optimum disetiap saat. Dengan menggunakan "*microprocessor*" yang mengatur volume injeksi bahan bakar sesuai kondisi pengendalian yang dideteksi oleh bermacam-macam sensor, penggunaan sistem FI telah mampu menghasilkan suplai bahan bakar dengan keakurasian yang lebih (Yamaha, 2007:1-2).

Dengan demikian kendaraan yang digunakan sebagai sampel memenuhi kriteria untuk dilakukan eksperimen.

b. Komponen-komponen sistem EFI

Sistem EFI atau FI (istilah pada Yamaha) dirancang agar bisa melakukan penyemprotan bahan bakar yang jumlah dan waktunya ditentukan oleh hasil pengolahan data dari sensor-sensor oleh ECU. Pengaturan koreksi perbandingan bahan bakar dan udara sangat penting dilakukan agar mesin bisa tetap beroperasi/bekerja dengan sempurna pada berbagai kondisi. Oleh karena itu,

keberadaan sensor-sensor yang memberikan informasi tentang kondisi mesin saat itu sangat menentukan unjuk kerja (*performance*) suatu mesin EFI.

Untuk dapat menyalurkan bahan bakar secara presisi ke ruang bakar, sistem EFI pada sepeda motor memanfaatkan komponen-komponen EFI berupa sensor dan aktuator yang di dalamnya, antara lain terdapat:

1) ECU (*Electronic Control Unit*)

Electronic Control Unit, dikenal juga dengan ECM (*Engine Control Module*) atau EMS (*Engine Management System*), adalah system elektronik yang mengontrol beberapa aspek pada mesin. *The ECU microprocessor receives input signals from various sensors from the engine and generates specific outputs to maintain optimum engine performance* (Holley, 2004:7). ECU menentukan jumlah semprotan bahan bakar, waktu pengapian dan beberapa parameter lain. Untuk menghasilkan performa mesin yang optimal ECU bekerja berdasarkan *feedback* berupa tegangan bervariasi dari sensor-sensor yang ada di dalam mesin.

2) *Coolant temperature sensor*

Coolant Temperature Sensor bertugas untuk mendeteksi suhu air pendingin pada mesin dan mengirimkan datanya ke ECU. *Coolant temperature sensor is threaded into the engine block and is in direct contact with the coolant. The function of this sensor is to generate a signal that the ECU uses to adjust the fueling levels required for the operation of the engine* (Holley, 2004:10). Selain itu sensor ini bertugas menyalakan kipas radiator. Sensor ini hanya ada dimotor yang sudah menggunakan radiator. Sensor ini terpasang diblok mesin. Jika suhu air pendingin melebihi dari spesifikasi normal maka sensor ECT akan mengirim sinyal ke lampu

indikator temperatur yang terdapat di speedometer, sehingga lampu indikator temperatur menyala.

3) FID (*Fast Idle Solenoid*)

Fast Idle Solenoid (FID) berfungsi sebagai aktuator untuk menambah jumlah udara yang masuk ke *intake manifold* saat *throttle valve* tertutup dan temperatur masih dingin. Dengan bertambahnya jumlah udara masuk maka ECU akan mendeteksi dan akan menambah bahan bakar yang disemprotkan ke *injector* sehingga putaran mesin menjadi lebih tinggi dari putaran idle (*Fast idle*).

4) Unit *throttle body*

Fungsi *throttle body* adalah sebagai saluran utama yang dilalui oleh udara sebelum masuk ke *intake manifold*. Dalam *throttle body* terdapat *throttle valve* yang berfungsi untuk membuka dan menutup saluran utama yang dilalui udara pada *throttle body*, digerakan oleh acceleration handel gas.

5) *Throttle position sensor*

Throttle Position Sensor (TPS) adalah sensor pada sistem EFI yang berfungsi mendeteksi bukaan *throttle valve*. *The TPS is basically a variable resistor (potentiometer) that sends a voltage signal to the ECU that is proportional to the throttle shaft rotation* (Holley, 2004:9). TPS terletak menempel pada *throttle body*, berupa variable resistor yang dihubungkan dengan poros *throttle valve*, untuk mendeteksi posisi bukaan katup gas (*throttle valve*). TPS memberikan *feedback* berupa variasi tegangan yang dihasilkan dari tahanan yang berubah-ubah ketika *throttle valve* dalam posisi terbuka atau tertutup.

6) Intake air pressure sensor

Intake Air Pressure (IAP) dikenal juga dengan *Manifold Absolute Pressure (MAP)* merupakan sensor untuk mendeteksi tekanan udara yang akan masuk ke *intake manifold* dari *throttle body*. *The Manifold absolute Pressure sensor is located on or attached to the intake manifold. The function of this sensor is to measure the changes in the intake manifold air pressure and generates an electric signal that is proportional to the change of pressure* (Holley, 2004:9). Perubahan tekanan yang telah dideteksi akan dikirim ke ECU dalam bentuk variasi tegangan dari tahanan yang berubah-ubah sesuai dengan tekanan udara. Data yang didapatkan dari IAP diolah oleh ECU untuk mendeteksi jumlah udara yang masuk melalui *intake manifold*.

7) Intake air temperature sensor

Intake air temperature (IAT) merupakan sensor yang terpasang pada *throttle body* untuk mendeteksi suhu udara yang akan masuk ke *intake manifold* dari *throttle body*. *The manifold air temperature sensor consists of a thermistor, which generates a voltage signal, that is proportional to the air temperature* (Holley, 2004:10). Sensor ini berupa thermistor dengan bahan semikonduktor yang dapat menghasilkan tahanan berubah-ubah berdasarkan suhu udara masuk di *intake manifold*. Variasi tahanan yang dihasilkan sensor akan memberikan *feedback* berupa tegangan yang bervariasi juga kepada ECU, tegangan inilah yang dijadikan dasar bagi ECM untuk menentukan temperature udara masuk yang tepat sebagai input untuk menentukan koreksi jumlah bahan bakar yang disemprotkan oleh *injector*.

8) Crankshaft position sensor

Crankshaft Position Sensor (CPS) bertugas untuk mendeteksi posisi crankshaft (poros engkol), mendeteksi posisi TMA saat mesin baru menyala dan mengirimkan data tersebut ke ECU untuk mengatur saat pengapian dan waktu penyemprotan bahan bakar ke ruang bakar oleh injektor.

9) Lean angle sensor

Sensor ini bertugas mendeteksi kemiringan motor, atau yang lebih tepatnya berfungsi ketika terjadi kecelakaan jika motor dalam keadaan ambruk, otomatis sudut kemiringan motor anda kurang dari 65° , maka sensor ini akan mengirimkan sinyal ke ECU untuk menonaktifkan semua sistem mesin kemudian mesin mati secara otomatis.

10) Lambda sensor

Lambda sensor dikenal juga dengan O^2 sensor. *The oxygen sensor (also known as a Lambda sensor) is located in the exhaust manifold and its function is to measure the oxygen content in the exhaust gases* (Holley, 2004:10). Sensor lambda hanya terdapat pada motor injeksi yang menggunakan sistem *Open loop*. Pada dasarnya merupakan sensor oksigen untuk mengetahui kandungan oksigen hasil pembakaran di lubang *exhaust*. Data hasil pendeteksian ini akan dikirim ke ECU berupa tegangan yang bervariasi akibat perubahan tahanan pada sensor yang menyesuaikan dengan kadar oksigen pada gas buang. *Feedback* yang diberikan akan digunakan oleh ECU untuk mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor sehingga pencampuran udara dan bahan bakar menjadi lebih ideal.

c. Sistem kerja FI Yamaha Vixion

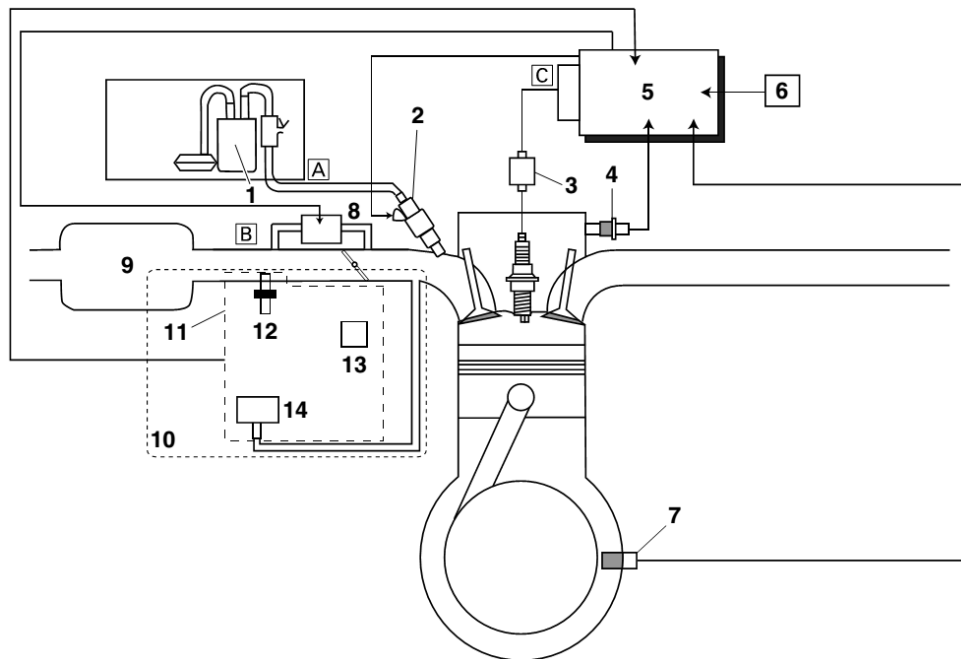
Sistem kerja EFI pada sepeda motor yang digunakan dalam penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

Fuel Pump mensuplai bahan bakar ke *injector* melalui *fuel filter*. *Pressure regulator* berfungsi menjaga supaya tekanan bahan bakar yang ke *injector* tetap konstan hanya 250 kPa (2.50 kg/cm², 35.6 psi). Ketika ECU memberikan sinyal kepada *injector*, fuel passage terbuka, sehingga sejumlah bahan-bakar terinjeksi kedalam *intake manifold*. Semakin lama *injector* diberikan sinyal (durasi injeksi), semakin banyak bahan bakar yang disuplai. Semakin pendek waktu injektor diberikan sinyal, semakin sedikit bahan bakar yang disuplai.

Durasi injeksi dan timing injeksi semuanya dikontrol oleh ECU, berdasarkan masukan dari sinyal-sinyal yang diperoleh dari *throttle position sensor*, *crankshaft position sensor*, *intake air pressure sensor*, *intake air temperatur sensor*, *lean angle sensor* dan *coolant temperatur sensor*. Timing injeksi ditentukan berdasarkan sinyal dari *crankshaft position sensor*. Sehingga volume bahan bakar yang dibutuhkan mesin dapat disuplai setiap saat, sesuai dengan kondisi jalan dan pengendaraan (Yamaha, 2007:1-3).

Inti dari penjelasan diatas adalah, semua kontrol dari sistem EFI diberikan oleh ECU berdasarkan data yang didapatkan dari sensor-sensor yang terdapat dalam sistem EFI.

Sistem EFI yang akan digunakan dalam penelitian memiliki komponen-komponen yang dikelompokkan kedalam dua kategori yaitu komponen utama dan komponen tambahan. Komponen utama pada sistem EFI berupa sensor-sensor seperti *throttle position sensor*, *crankshaft position sensor*, *intake air pressure sensor*, *intake air temperatur sensor*, *lean angle sensor*, *coolant temperatur sensor*, pengolah data yaitu ECU, dan aktuator berupa injektor yang dilengkapi dengan *solenoid* didalamnya sehingga hanya terbuka saat diberikan sinyal oleh ECU. Selain itu didalam sistem EFI terdapat juga komponen tambahan yaitu berupa *fast idle solenoid* yang berfungsi mempercepat putaran mesin saat kondisi idle.



Gambar 5. Sistem kerja FI sepeda motor Vixion

(Sumber Yamaha, 2007:1-3)

- | | |
|--|---|
| 1 = Pompa bahan bakar/ <i>Fuel pump</i> | 10 = <i>Throttle body</i> |
| 2 = <i>Fuel injector</i> | 11 = <i>Unit throttle sody sensor</i> |
| 3 = <i>Ignition coil</i> | 12 = <i>Intake air temperature sensor</i> |
| 4 = <i>Coolant temperature sensor</i> | 13 = <i>Throttle position sensor</i> |
| 5 = <i>ECU (Electronic Control Unit)</i> | 14 = <i>Intake air pressure sensor</i> |
| 6 = <i>Lean angle sensor</i> | |
| 7 = <i>Crankshaft position sensor</i> | A = <i>Fuel system</i> |
| 8 = <i>FID (Fast Idle Solenoid)</i> | B = <i>Air system</i> |
| 9 = <i>Air filter case</i> | C = <i>Control system</i> |

d. EFI tipe *Open loop* dan *Closed loop*

Pada perkembangannya sistem EFI seperti kontrol digital lainnya dapat dibedakan menjadi 2, yaitu sistem *Closed loop* dan *Open loop*, perbedaannya adalah:

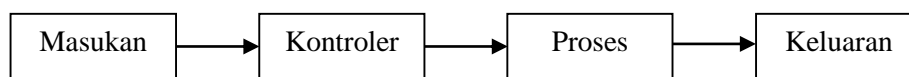
1) *Open loop*

Open loop berarti tidak ada *feedback* dari hasil kerja sistem pada ECU, dalam hal ini analisa gas buang dari mesin yang menggunakan sistem EFI tidak

diikuti sertakan dalam perhitungan injeksi pada ECU. Sistem kerja EFI bertipe *Open Loop* dapat dijelaskan sebagai berikut:

Open loop defines the engine operation where the fueling level is calculated by the ECU with only the input signals from the throttle position sensor (TPS), from the coolant and/or air charge temperature, and from the manifold absolute pressure (MAP). Feedback from the oxygen sensor is not used in calculating fueling amounts (Holley, 2004:12).

Berarti tidak ada pengindraan dari gas buang untuk mengetahui bagaimana mesin kendaraan bekerja. Injeksi bahan bakar hanya ditentukan dari RPM dan posisi throttle, Berawal pada lebar *fuel injector pulse* yang tersimpan dalam *fuel maps*, dan dikoreksi berdasarkan keadaan lingkungan seperti temperatur udara, tekanan udara, dan suhu mesin, sehingga pengaturan untuk mendapatkan lambda yang ideal harus dilakukan manual dengan penyetelan CO pada ECU.

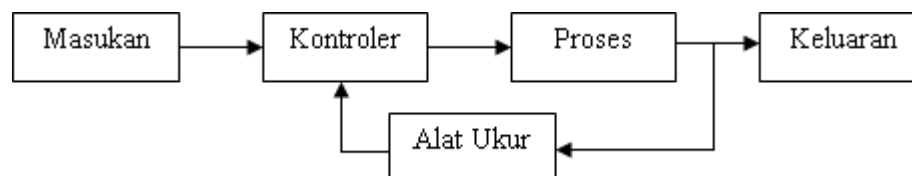


Gambar 6. Diagram alir kontrol digital *open loop*

2) *Closed loop*

Closed loop berarti ada *feedback* dari hasil kerja sistem pada ECU. Dalam hal ini ada pengindraan dan pengaturan yang dilakukan oleh sistem EFI terhadap gas buang untuk mengetahui bagaimana kendaraan bekerja. *Closed loop defines the engine operation where the fueling level is calculated and corrected by the ECU based on the signal from the O₂ sensor (lambda sensor) (Holley, 2004:12).* Pengindraan ini dilakukan oleh sensor (*galvanic cell*) yang menghasilkan tegangan berdasarkan komposisi gas disekitarnya. Sensor ini disebut sensor oksigen, sensor O₂, sensor gas buang atau sensor lambda. Disebut lambda sensor karena sensor

tersebut mengukur bila ada kelebihan bahan bakar pada gas buang maka Lambdanya >1 dan bila ada sisa oksigen pada gas buang maka lambdanya <1 , sehingga sistem dapat menyesuaikan penyemprotan bahan bakar pada pembakaran selanjutnya agar dapat mendekati lambda yang ideal.



Gambar 7. Diagram alir kontrol digital *closed loop*

e. Pengaturan CO

Produsen mengatur CO pada kendaraan dengan sistem EFI tipe open loop dalam batas aman untuk regulasi emisi di angka 0. Pada kendaraan produksi yamaha opsi pengaturan CO dapat dilakukan dengan alat FIDT, alat ini berfungsi melakukan adjusting atau pengaturan dengan range (jarak) antara -30 sampai +30. Bila angka dinaikkan atau (+) bertambah dari nol, bensin lebih kaya. Sebaliknya, jika diturunkan (-), bensin lebih sedikit (Anonim, 2009). Penambahan ini dilakukan untuk menyesuaikan umur komponen mesin dan lingkungan sekitar.

Pada sepeda motor yang sudah lama dipakai umumnya terjadi penurunan u njuk kerja mesin terutama pada tenaga atau daya mesin yang dihasilkan. Hal itu disebabkan karena terjadi keausan pada komponen mesin misalnya keausan pada torak ,cincin torak dan silinder sehingga akan menurunkan tekanan kompresi dalam ruang bakar (Harjono dan Sukartono 2012:E-109).

Tiap kenaikan satu angka ada penambahan suplai bensin sebesar 0,05 cc (Anonim, 2009).

3. Emisi Gas Buang

Zat-zat pencemar udara terdapat dalam bentuk gas atau partikel (biasanya sebagai bahan-bahan partikulat). Kedua zat pencemar tersebut berada di atmosfer secara simultan, tetapi zat pencemar udara 90% berbentuk gas (Achmad, 2004:121).

Emisi gas buang adalah zat pencemar yang terkandung dalam gas buang sebagai sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam motor bakar yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Zat-zat berbahaya yang terkandung dalam gas buang dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Hidrokarbon (HC)

Senyawa Hidrokarbon (HC) adalah bahan bakar bensin itu sendiri, dikategorikan sebagai emisi karena ikatan hidrokarbon yang terdapat dalam bahan bakar bensin berbahaya bagi kesehatan. Senyawa Hidrokarbon (HC) dibedakan menjadi dua yaitu bahan bakar yang tidak terbakar sehingga keluar menjadi gas mentah, serta bahan bakar yang terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang (Nugraha, 2007:694).

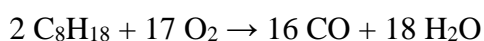
Timbulnya HC secara umum disebabkan oleh :

- 1) Api yang dihasilkan busi pada ruang pembakaran bergerak sangat cepat tetapi temperatur di sekitar dinding ruang bakar rendah. Hal ini mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara di daerah yang bertemperatur rendah tersebut gagal terbakar (*quenching zone*). Campuran bahan bakar yang tidak terbakar tersebut kemudian terdorong keluar oleh torak menuju ke saluran buang.
- 2) Pada saat deselerasi, katup gas (*throttle valve/skep*) menutup sehingga serta terjadi *engine brake* padahal putaran mesin masih tinggi. Hal ini akan menyebabkan adanya hisapan bahan bakar secara besar-besaran, campuran menjadi sangat kaya dan banyak bahan bakar yang tidak terbakar terbuang. (pada sistem bahan bakar karburator)
- 3) Langkah *overlapping* (katup masuk dan buang bersama-sama terbuka) terlalu panjang sehingga HC berfungsi sebagai gas pembilas/pembersih (terjadi khususnya pada putaran rendah, sistem bahan bakar karburator) (Nugraha, 2007:694).

Senyawa HC berbahaya bagi kesehatan karena dapat menyebabkan sakit paru-paru dan kanker.

b. Karbon monoksida (CO)

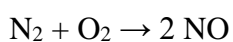
Karbon monoksida (CO) tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara) (Nugraha, 2007:694). Terbentuknya karbon monoksida dalam pembakaran dapat dijelaskan dengan rumus sebagai berikut :



Kadar CO yang terkandung dalam gas buang CO dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang terbakar dalam ruang bakar. Salah satu cara untuk menanggulangi volume CO dalam gas buang adalah dengan mengatur AFR menjadi kurus atau *lean*, tetapi cara ini mempunyai efek samping yang yaitu NO_x akan lebih mudah timbul jika suhu mesin tinggi dan tenaga yang dihasilkan mesin akan berkurang.

c. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen Oksida (NO_x), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen 80% (Nugraha, 2007:694). Pada temperatur tinggi, nitrogen dapat bereaksi dengan oksigen yang tidak terbakar sehingga menghasilkan senyawa NO seperti dibawah ini :



Laju reaksi pembentukan NO_x baik NO₂ maupun NO₃ dipengaruhi oleh suhu mesin. Sebagai gambaran sebuah mobil menghasilkan 500 ppm/vol NO_x dalam waktu 30 menit pada suhu 1315 °C dan menghasilkan volume yang sama hanya dalam waktu 0,117 detik pada suhu 1980 °C (Achmad, 2004:128).

Senyawa HC, CO, dan NO_x merupakan gas beracun yang merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna, sedangkan gas buang kendaraan sendiri pada pembakaran sempurna umumnya terdiri dari CO₂ dan H₂O.

Polusi yang disebabkan oleh gas buang kendaraan selain mengotori udara juga menyebabkan peningkatan suhu udara yang dapat menyebabkan pemanasan global atau efek rumah kaca (*greenhouse effect*) (Nugraha, 2007:696). Efek rumah kaca adalah proses terserapnya pancaran radiasi panas dari matahari oleh gas-gas rumah kaca seperti uap air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂) sehingga tidak terlepas ke luar angkasa sehingga menyebabkan kenaikan suhu di permukaan bumi.

4. Bahan bakar bensin

Bahan bakar adalah bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembakaran. Dalam proses pembakaran senyawa yang terkandung dalam bahan bakar akan bereaksi dengan oksigen yang terkandung diudara sehingga tanpa adanya bahan bakar pembakaran tidak akan mungkin dapat berlangsung. Bahan bakar yang paling sering dipakai adalah bahan bakar mineral cair. Hal ini dilakukan karena banyaknya keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan bahan bakar dengan jenis mineral tersebut (Suprpto, 2004:6). Salah satu bahan bakar yang banyak digunakan sehari-hari adalah bensin atau gasoline.

Penjelasan mengenai bensin sebagai bahan bakar mineral cair dijelaskan oleh Suprpto (2004:13) sebagai berikut:

Bensin Bersal dari kata benzana, lazim sebenarnya zat ini berasal dari gas tambang yang mempunyai sifat beracun dan merupakan persenyawaan dari hidrokarbon tak jenuh, artinya dapat bereaksi degan mudah terhadap unsur – unsur lain. Bahan bakar jenis ini disebut dengan kata lain *gasoline*. Kualitas bensin dinyatakan dengan angka oktan, atau *Octane Number*. Angka oktan adalah prosentase volume *isooctane* di dalam campuran antara *isooctane* dengan normal heptana yang menghasilkan intensitas

knocking atau daya ketukan dalam proses pembakaran ledakan dari bahan bakar yang sama dengan bensin yang bersangkutan.

Bahan bakar bensin adalah bahan bakar ideal yang digunakan untuk mesin 4 langkah dengan menyesuaikan octane number sesuai kebutuhan mesin.

Tabel 1. Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan		Metode pemeriksaan
			PSW0	Bensin	
1	Specific Gravity at 60/60 of		0,7463	0,715 – 0,780	ASTM D 1298
2	RVP (Reid Vapour Pressure) 100°F	kPa	61,22	62	ASTM D 323
3	Distilasi ASTM				ASTM D 86
	IBP	°C	40,5		
	10 % vol. evap	°C	53	Maks. 74	
	50 % vol. evap	°C	82	Maks. 125	
	90 % vol. evap	°C	154	Maks. 180	
	FBP	°C	159	Maks. 215	
	Loss	%vol.	0,8		
	Recovery	%vol.	98,2		
	Residue	%vol.	1,0	Maks.2,0	
	Total Recovery	%vol.	99,2		

(Sumber: Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor:3674

K/24/DJM/2006)

5. Stoikiometri dan Reaksi Pembakaran

Stoikiometri pada mesin pembakaran dalam menyatakan perbandingan ideal antara udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Stoikiometri adalah angka teoritis yang menyatakan perbandingan ideal antara udara dan bahan bakar sehingga ketika terjadi pembakaran maka hidrokarbon yang terdapat pada bahan bakar akan menjadi H₂O dan semua atom zat arang diubah menjadi CO₂. Pembakaran stoikiometrik adalah pembakaran dimana semua atom-atom hidrogen diubah menjadi H₂O dan semua atom zat arang diubah menjadi CO₂ (Supraptono, 2004:51).

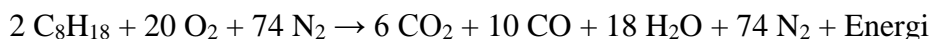
Bahan bakar bensin memiliki stoikiometri 14,7 sehingga menurut teori bila perbandingan antara bahan bakar dan udara 1:14,7 maka semua atom hidrogen pada bensin akan berubah menjadi H₂O.

Kandungan Udara terdiri dari 21% Oksigen, 78% Nitrogen, 1% argon, karbondioksida dan partikulat gas. Jika dijadikan rumus kimia dengan tanpa mengindahkan 1% komponen udara yang terdiri dari argon, karbondioksida dan partikulat gas, maka udara dapat dinyatakan dengan rumus persamaan reaksi O₂ + 3,7 N₂.

Pembakaran akan terjadi dengan sempurna bila campuran bahan bakar dan udara pada kondisi ideal, sehingga setelah terjadi pembakaran semua atom C pada bahan bakar akan berubah menjadi CO₂ dan semua atom H pada bahan bakar akan berubah menjadi H₂O seperti persamaan reaksi berikut.

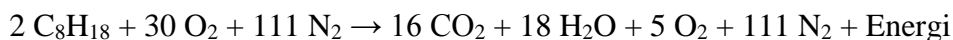


Bila campuran udara bahan bakar pada kondisi *rich* atau kekurangan bahan udara, maka persamaan reaksi yang dihasilkan menjadi sebagai berikut.

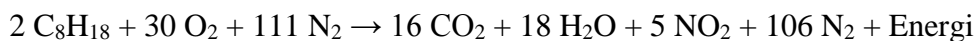


Pembakaran tidak hanya menghasilkan CO₂ tetapi juga menghasilkan CO yang merupakan emisi gas buang yang berbahaya.

Bila campuran udara dan bahan bakar pada kondisi *lean* atau kekurangan bahan bakar, maka persamaan reaksi yang dihasilkan menjadi sebagai berikut.



Pada suhu tinggi akan terjadi reaksi pembentukan NO_x pada emisi gas buang sebagai berikut.



Laju reaksi pembentukan NO_x baik NO₂ maupun NO₃ dipengaruhi oleh suhu mesin. Sebagai gambaran sebuah mobil menghasilkan 500 ppm/vol NO_x dalam waktu 30 menit pada suhu 1315 °C dan menghasilkan volume yang sama hanya dalam waktu 0,117 detik pada suhu 1980 °C (Achmad, 2004:128).

6. AFR dan Lambda

Air Fuel Ratio adalah perbandingan udara dan bahan bakar (bensin) yang masuk ke dalam ruang bakar mesin. Secara teoritis, teori stoikiometri menyatakan AFR yang ideal adalah 14,7:1. Dengan pengertian untuk membakar 1 gram bensin dibutuhkan 14,7 gram udara untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna. Namun pada kenyataannya di lapangan, AFR yang terbentuk tidak selalu secara teoritis, karena mesin bekerja pada kondisi yang fluktuatif tergantung beban yang dibawa oleh mesin.

Untuk membandingkan kondisi perbandingan campuran secara teoritis dengan kondisi yang terjadi secara nyata pada mesin, dirumuskan suatu perhitungan yang disebut dengan istilah lambda. Secara sederhana, dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda = (\text{Jumlah udara sesungguhnya}) / (\text{Teori Stoikiometri})$$

Jika udara sesungguhnya 14,7, maka:

$$\begin{aligned} \lambda &= 14,7/14,7 \\ &= 14,7/14,7 = 1,0 \end{aligned}$$

Artinya $\lambda = 1$ berarti campuran ideal, karena yang terjadi pada kondisi nyata tersebut sesuai dengan teori stoikiometri. $\lambda > 1$, berarti campuran kurus, karena udara lebih banyak. $\lambda < 1$, berarti campuran gemuk, karena udara lebih sedikit.

7. Parameter uji emisi

Parameter dalam uji emisi adalah komponen dalam emisi kendaraan yang dijadikan acuan dari tinggi rendahnya emisi gas buang kendaraan bermotor. Parameter yang akan dianalisis dalam uji emisi pada penelitian ini adalah kadar CO, CO₂, HC, O₂ dan lambda (λ).

B. KERANGKA BERFIKIR

Berbagai cara dilakukan untuk mengatasi permasalahan emisi gas buang kendaraan dengan tidak mengesampingkan kebutuhan mesin kendaraan diantaranya lambda yang sesuai untuk menghasilkan pembakaran yang optimal. Salah satu solusi yang telah diciptakan adalah sistem pemasukan bahan bakar dengan EFI (*Electronic Fuel Injection*), yaitu sistem pemasukan bahan bakar yang dikontrol secara elektronik dengan mempertimbangkan keadaan lingkungan dimana mesin bekerja, sehingga pemasukan bahan bakar dapat lebih menyesuaikan kebutuhan mesin agar tidak ada bahan bakar yang terbuang sia-sia yang mengakibatkan banyaknya emisi gas buang atau mesin yang kekurangan bahan bakar (campuran lean).

Pada perkembangannya yang pertama sistem EFI menggunakan tipe *Open loop* dimana hasil dari kerja mesin, yaitu gas buang tidak dianalisis lebih lanjut untuk memperbaiki pemasukan bahan bakar untuk mencapai lambda yang ideal, sehingga untuk menutupi kekurangan tersebut pada EFI dengan tipe *Open loop* disediakan opsi pengaturan CO yang berfungsi untuk mengatur pemasukan bahan bakar agar lebih mendekati lambda yang ideal secara manual dengan alat khusus, pada Brand yamaha alat yang berfungsi untuk mengatur CO yang terdapat pada

ECU disebut FIDT. Kendaraan yang menggunakan EFI tipe *Open loop* pada brand yamaha diantaranya adalah Yamaha V-ixion.

Pengaturan CO yang dimaksud adalah pengaturan secara manual jumlah pemasukan bahan bakar ke ruang bakar, dengan mengurangi atau menambahkan pengaturan CO berarti mengurangi atau menambahkan pemasukan bahan bakar yang akan mempengaruhi tinggi rendahnya kadar emisi gas buang. Pengaturan CO standar yang ditetapkan produsen pada sepeda motor yamaha V-ixion adalah 0. Angka 0 yang dimaksud bukan berarti tidak ada emisi gas buang, melainkan gas buang sesuai dengan regulasi pemerintah indonesia, akan tetapi untuk menutupi kelemahan sistem EFI yang bertipe *Open loop* produsen menyediakan opsi pengaturan CO pada *range* +30 sampai dengan -30 dimana setiap level pengurangan atau penambahan CO akan berpengaruh sebesar 0,05 cc pada pemasukan bahan bakar.

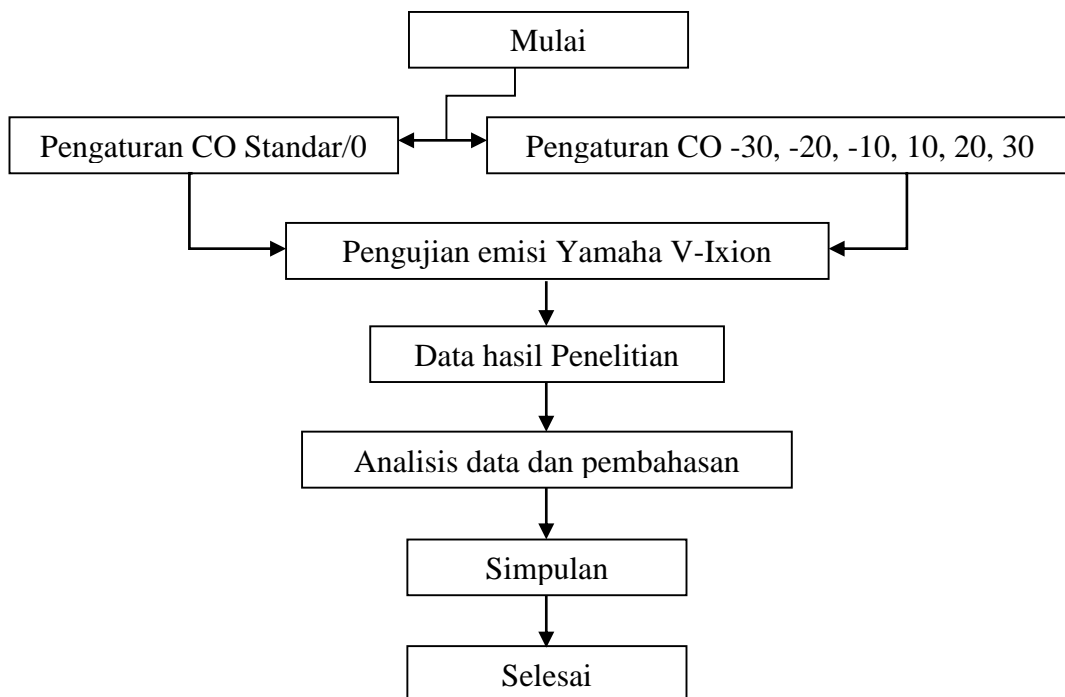
Pengaturan semprotan bahan bakar yang dilakukan secara manual pada sistem EFI bertipe *Open loop* menyebabkan kurangnya kemampuan mesin untuk beradaptasi dengan keadaan saat mesin itu bekerja sehingga campuran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar masih kurang ideal. Dengan demikian perlu adanya penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaturan CO berpengaruh terhadap lambda dan kadar emisi gas buang.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. MODEL PENELITIAN

Model penelitian yang digunakan adalah model penelitian eksperimen. Model ini digunakan untuk memberikan gambaran terhadap perubahan yang terjadi terhadap variabel setelah dilakukan perlakuan tertentu. Data yang diperoleh dari variabel setelah dilakukan perlakuan tertentu kemudian dimasukkan kedalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang untuk dideskripsikan menjadi kalimat yang mudah dibaca, dipahami dan ditarik kesimpulannya.



Gambar 8. Diagram alir model penelitian

B. VARIABEL DALAM PENELITIAN

Variabel penelitian adalah objek penelitian atau sesuatu yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Dalam penelitian ini terdapat 3 variabel yang digunakan sebagai berikut.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel dalam penelitian yang menjadi penyebab atau mempengaruhi objek atau variabel lain. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah pengaturan CO pada ECU sepeda motor bermesin EFI bertipe open loop 150cc. Pengaturan CO standar yaitu 0 dan pada angka +30, +20, +10, -10, -20, -30.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang menerima pengaruh dari suatu perlakuan (treatment) dari objek atau variabel lain. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah lambda dan hasil uji emisi yang didapatkan dengan melakukan uji emisi kendaraan bermotor.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah pengendali hasil dari penelitian yang dilakukan. Variabel kontrol dalam penelitian ini ialah sepeda motor yamaha Vixion dengan spesifikasi sebagai berikut.

Model mesin	:	3C11
Tipe Mesin	:	Liquid Cooled, 4T, SOHC
Diameter x Langkah	:	57 x 58,7 (mm)
Volume Silinder	:	150 cc
Perbandingan Kompresi	:	10.4 : 1
Putaran Langsam	:	1300 - 1500 rpm
Power	:	11.10 kw (14.88 HP) / 8,500 rpm
Torsi	:	13.10 nm (1.34 Kgf.m) / 7,500 rpm
Bahan bakar	:	Unleaded Gasoline

Oli	:	SAE 20W40 / SAE 20W50
Tipe throttle body	:	AC 28/1
Celah Katup	:	Masuk
		10 ~ 0.14 mm
		Buang
		20 ~ 0.24 mm
Tipe filter udara	:	Tipe Kering
Tipe busi/ Buatan	:	CR 8 E (NGK) / U 24 ESR-N (DENSO)
Gap Busi	:	0.7 ~0.8 mm
Timing pengapian	:	100 / 1,400 rpm
Tahanan pick up coil	:	248 ~ 372 ohm
Tahanan primary coil	:	2.16 ~ 2.64 ohm
Tahanan secondary coil	:	8.64 ~ 12.96 ohm
Fuse (Sekring)	:	20 Ampere
Tipe battery	:	YTZ5S MF BATTERY
Kapasitas battery	:	12V 3.5 Ampere

C. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

1. Referensi

Kajian teori dalam buku sebagai penunjang dalam melaksanakan penelitian. Literatur yang digunakan adalah yang berhubungan dengan mesin otto, Sistem EFI meliputi sensor-sensor dan fungsinya, pengaturan CO pada ECU tipe *Open Loop* dan Emisi gas buang kendaraan.

2. Pengujian Lab Emisi

Data yang diperoleh dari hasil pengujian lab emisi adalah CO, CO₂, HC, O₂, dan lambda (λ) yang kemudian akan dimasukkan kedalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik.

D. TEKNIK ANALISIS DATA

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif. Metode ini digunakan untuk memberikan gambaran terhadap perubahan yang terjadi setelah dilakukan perlakuan tertentu dengan variabel bebas terhadap variabel terikat. Data yang diperoleh dari reaksi yang ditimbulkan variabel terikat kemudian dimasukkan kedalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang kemudian akan dideskripsikan menjadi kalimat yang mudah dibaca, dipahami dan ditarik kesimpulannya. Kesimpulan yang ditarik dari tabel berupa sejauh mana reaksi yang ditimbulkan oleh variabel bebas terhadap variabel terikat, kecenderungan reaksi yang ditimbulkan oleh variabel bebas terhadap variabel terikat, frekuensi reaksi yang ditimbulkan oleh variabel bebas terhadap variabel terikat dan penyebab dari terjadinya reaksi, kecenderungan dan frekuensi reaksi yang terjadi.

E. PROSEDUR PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

a. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) FIDT
- 2) Alat uji emisi STARGAS 838
- 3) Blower

- 4) Tachometer

b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Sepeda motor Yamaha V-ixion
- 2) ECU Yamaha V-ixion tipe Open Loop

2. Langkah Penelitian

a. Persiapan

Prosedur yang harus dilakukan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan tune up mesin pada objek penelitian.
- 2) Mempersiapkan ECU yang akan di atur CO
- 3) Mempersiapkan alat FIDT
- 4) Memeriksa perlengkapan pada alat uji emisi
- 5) Mempersiapkan perlengkapan alat dan instrumen pengujian yang akan digunakan.
- 6) Memastikan semua instrumen bisa bekerja dengan baik untuk mendapatkan hasil yang optimal dan menghindari terjadinya kecelakaan kerja.

b. Pengujian

Yang dilakukan pada saat pengujian adalah

- 1) Menyiapkan instrument penelitian.
- 2) Memasang sepeda motor dengan mesin EFI tipe Open Loop, empat langkah 150 cc merk Yamaha V-ixion pada alat uji emisi. Mesin tersebut diset sesuai dengan spesifikasi dari pabrik dan dikondisikan layak untuk penelitian.
- 3) Menghidupkan blower agar mesin tidak overheat ketika diuji.

- 4) Memanaskan mesin motor sehingga mendekati suhu kerja mesin selama (2-3 menit).
- 5) Mengatur putaran mesin dengan membuka throttle valve secara perlahan hingga terbuka penuh, pengamatan mulai dilakukan pada alat uji emisi sampai mesin menunjukkan putaran yang diinginkan.
- 6) Menyimpan data pengukuran emisi gas buang berupa adalah CO, CO₂, HC, O₂, dan lambda (λ).
- 7) Pengujian tersebut dilakukan sebanyak 2 kali (hasilnya dibuat rata-rata).
- 8) Setelah data tercatat, lakukan pengamatan juga pada putaran mesin 1500 rpm sampai 3000 rpm dengan range 500 rpm. Setelah pencatatan data selesai dilakukan, kurangi putaran mesin sedikit demi sedikit hingga mencapai putaran stasioner, dan kemudian matikan mesin selama \pm 15 menit untuk pendinginan mesin.
- 9) Pengujian akan diulangi lagi pada kondisi volume semprotan bahan bakar dikurangi 1,5 cc pada pengaturan CO -30, dikurangi 1 cc pada pengaturan CO -20, dikurangi 0,5 cc pada pengaturan CO -10, ditambah 0,5 cc pada pengaturan CO +10, ditambah 1 cc pada pengaturan CO+20 dan ditambah 1,5 cc pada pengaturan CO +30.

c. Akhir pengujian

Prosedur yang harus dilakukan pada tahap akhir adalah sebagai berikut:

- 1) Menurunkan putaran mesin secara perlahan sampai *idle*.
- 2) Mematikan mesin dan blower.
- 3) Melepaskan kendaraan dari alat uji emisi gas buang.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PELITIAN

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah mendapatkan hasil pengujian emisi kadar emisis gas buang pada sepeda motor EFI 150 cc berbahan bakar premium. Dengan variasi pengaturan CO pada ECU nya 10 pada range -30 sampai dengan +30.

Pengambilan data dilakukan 2 kali yang masing – masing diambil saat suhu kerja mesin antara 70° - 80° dan putaran mesin yang digunakan adalah 1500 rpm (*idle*), 2000 rpm dan 2500 rpm. Pengujian menggunakan alat uji emisi yaitu Stargas 898.

Keputusan Menteri Lingkungan hidup Nomor 05 Tahun 2006 mengenai ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor sesuai dengan pasal 1 ayat 1 yang berbunyi “ Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa gas buang kendaraan bermotor lama”.

Tabel 2. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe L

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

(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006)

Sesuai dengan keputusan Menteri Lingkungan Hidup Tentang batas emisi gas buang kendaraan bermotor dapat disimpulkan bahwa sepeda motor 2 langkah < 2010 kadar emisinya tidak lebih dari 4,5 % CO dan 12000 ppm HC pada kondisi *idle*, sepeda motor 4 langkah < 2010 emisinya tidak lebih dari 5,5 % CO dan 2400 ppm HC pada kondisi *idle* dan sepeda motor 2 langkah dan 4 langkah \geq 2010 emisinya tidak lebih dari 4,5 % CO dan 2000 ppm HC pada pada kondisi *idle*.

1. Analisis Nilai Lambda

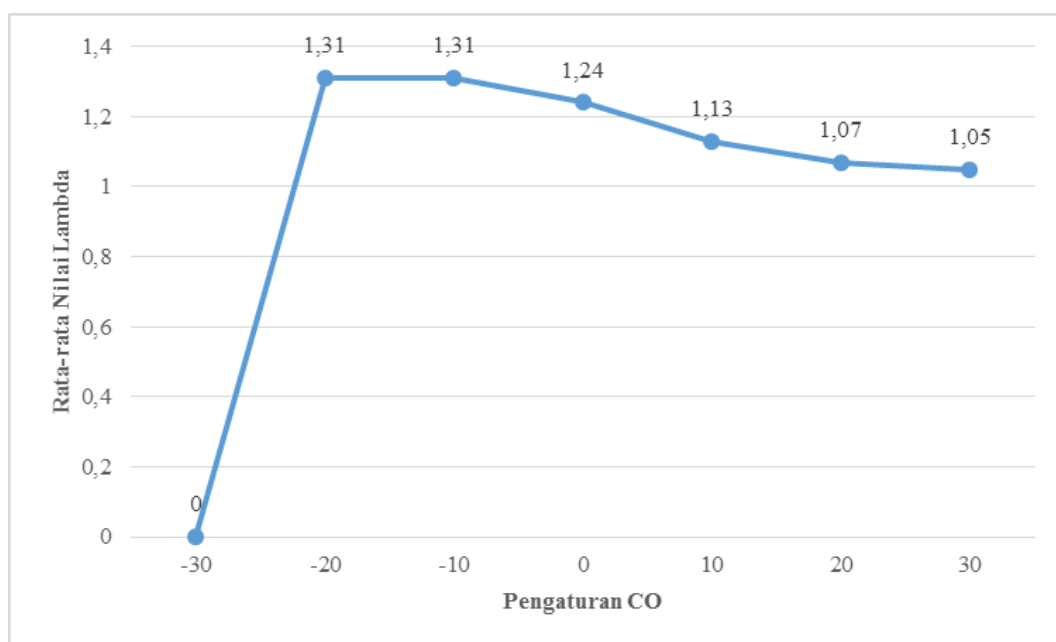
Nilai lambda adalah suatu nilai hasil perhitungan untuk mengetahui kondisi perbandingan campuran secara nyata pada mesin dengan kondisi yang terjadi secara teoritis sesuai AFR atau Air fuel Ratio. Udara dan bahan bakar (bensin) yang masuk ke dalam ruang bakar dalam teori stoikiometri secara teoritis menyatakan AFR yang ideal adalah 14,7:1. Dengan pengertian untuk membakar 1 gram bensin dibutuhkan 14,7 gram udara untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna. Namun pada kenyataannya di lapangan, AFR yang terbentuk tidak selalu secara teoritis, karena mesin bekerja pada kondisi yang fluktuatif tergantung beban yang dibawa oleh mesin. nilai lambda menjadi suatu indikator apakah bahan campuran bahan bakar yang masuk kedalam mesin sudah ideal atau belum.

Berikut ini adalah analisis nilai lambda dari hasil penelitian mengenai pengaruh pengaturan CO pada ECU terhadap lambda dan hasil uji emisi gas buang pada sepeda motor vixion.

Tabel 3. Variasi nilai lambda berdasarkan pengaturan CO

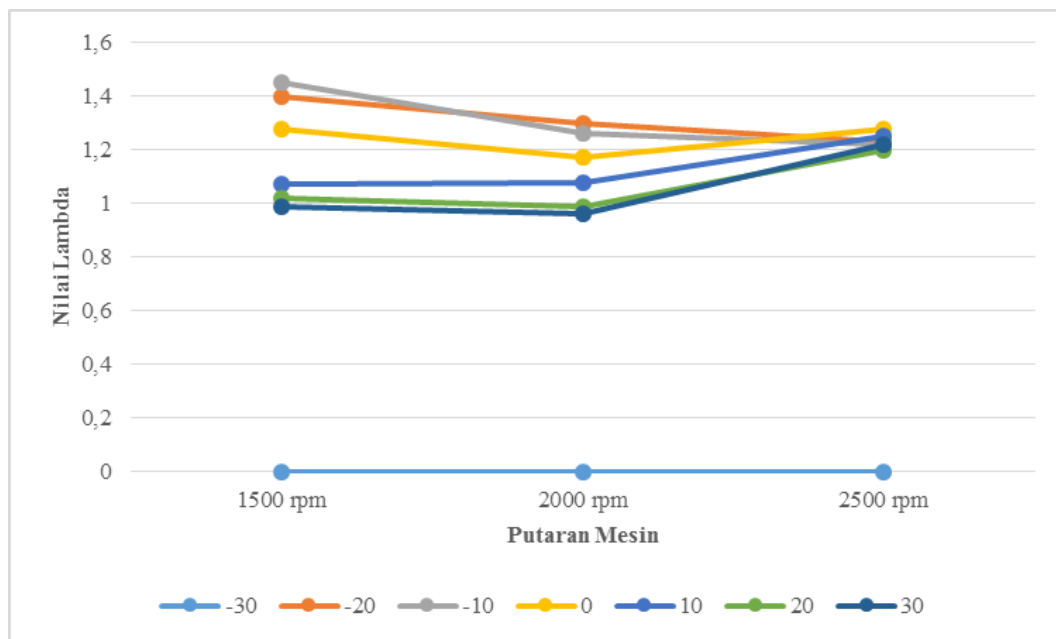
		pengaturan CO						
		-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
Lambda	λ 1500 rpm	0	1,40	1,45	1,28	1,07	1,02	0,99
	λ 2000 rpm	0	1,30	1,26	1,17	1,08	0,99	0,96
	λ 2500 rpm	0	1,23	1,22	1,28	1,25	1,20	1,22

Untuk mengetahui rata-rata nilai lambda yang dihasilkan maka tabel 3 dibuat menjadi grafik yang menunjukkan rata-rata nilai lambda yang dihasilkan berdasarkan pengaturan CO, dengan sumbu X menunjukkan rata-rata nilai lambda yang didapat pada semua putaran mesin dari 1500 rpm sampai dengan 2500 rpm dan sumbu Y menunjukkan masing-masing pengaturan COnya.



Gambar 10. Grafik rata-rata nilai lambda berdasarkan pengaturan CO

Untuk memudahkan analisis nilai lambda yang didapatkan berdasarkan pengaturan CO, maka tabel 3 dirubah lagi menjadi grafik dengan sumbu X menunjukkan nilai lambda yang didapatkan, sumbu Y menunjukkan putaran mesin dan garis-garis kordinat menunjukkan masing-masing pengaturan CO yang dibedakan dengan warna.



Gambar 9. Grafik nilai lambda pada pengaturan CO berdasarkan putaran mesin

Berdasarkan tabel 3 pada pengaturan CO -30 nilai lambda tidak bisa diteliti karena putaran mesin tidak stabil, naik turun dan tidak bisa *idle*, jika handle gas tidak ditarik mesin akan langsung mati. Demikian juga terjadi pada putaran mesin 2000 rpm dan 2500 rpm, dimana putaran mesin tidak stabil dan naik turun. Karena performa mesin dianggap tidak layak jalan dan sulit untuk diteliti maka nilai lambda pada pengaturan CO -30 dianggap nol dan tidak dimasukkan dalam penelitian.

Pada putaran mesin 1500 rpm nilai lambda pada pengaturan CO -20 sebesar 1,40, pada pengaturan CO -10 nilai lambda mengalami peningkatan sebesar 0,05 menjadi 1,45, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen nilai lambda mengalami penurunan sebesar 0,17 menjadi 1,28, pada pengaturan CO +10 nilai lambda mengalami penurunan lagi sebesar 0,21 menjadi 1,07, pada pengaturan CO +20 nilai lambda mengalami penurunan sebesar 0,05 menjadi 1,02, pada pengaturan CO +30 nilai lambda mengalami penurunan lagi sebesar 0,03 menjadi 0,99 sehingga lambda yang paling ideal pada putaran 1500 rpm didapatkan pada pengaturan CO

+20 dan +30. Rata-rata nilai lambda yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 1500 rpm adalah 1,20. Bisa disimpulkan pada putaran mesin 1500 rpm campuran bahan bakar yang dihasilkan berdasarkan pengaturan CO cenderung pada kondisi lean.

Pada putaran mesin 2000 rpm nilai lambda di pengaturan CO -20 lambda yang dihasilkan sebesar 1,30. pada pengaturan CO -10 lambda yang dihasilkan mengalami penurunan sebesar 0,04 menjadi 1,26, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen nilai lambda mengalami penurunan lagi sebesar 0,09 menjadi 1,17, pada pengaturan CO +10 nilai lambda mengalami penurunan sebesar 0,09 menjadi 1,08, pada pengaturan CO +20 nilai lambda mengalami penurunan sebesar 0,09 menjadi 0,99 yaitu hampir mendekati lambda yang ideal, pada pengaturan CO +30 nilai lambda mengalami penurunan lagi sebesar 0,03 menjadi 0,96, sehingga lambda yang paling ideal pada putaran 2000 rpm didapatkan pada pengaturan CO +20. Rata-rata nilai lambda yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 1500 rpm adalah 1,12. Bisa disimpulkan pada putaran mesin 1500 rpm campuran bahan bakar yang dihasilkan berdasarkan pengaturan CO masih cenderung pada kondisi lean.

Pada putaran mesin 2500 rpm nilai lambda pada pengaturan CO -20 sebesar 1,23, pada pengaturan CO -10 nilai lambda mengalami penurunan sebesar 0,01 menjadi 1,22, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen nilai lambda mengalami peningkatan sebesar 0,06 menjadi 1,28, pada pengaturan CO +10 nilai lambda mengalami penurunan sebesar 0,03 menjadi 1,25, pada pengaturan CO +20 nilai lambda mengalami penurunan sebesar 0,05 menjadi 1,20, pada pengaturan CO +30 nilai lambda mengalami peningkatan lagi sebesar 0,02 menjadi 1,22 sehingga

lambda yang paling mendekati ideal pada putaran 2500 rpm tidak bisa didapatkan. Rata-rata nilai lambda yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2500 rpm adalah 1,25. Bisa disimpulkan pada putaran mesin 1500 rpm campuran bahan bakar yang dihasilkan berdasarkan pengaturan CO cenderung pada kondisi lean.

Rata-rata nilai lambda yang dihasilkan pada putaran 1500 rpm adalah 1,20, rata-rata nilai lambda pada putaran 2000 rpm adalah 1,12 dan rata-rata nilai lambda pada putaran 2500 adalah 1,25. Analisis diatas memberikan gambaran kecenderungan perubahan nilai lambda paling tinggi pada putaran mesin 2500 kemudian sangat menurun pada putaran mesin 2000. Hal ini diakibatkan karena untuk mencapai putaran 2000 rpm handle gas hanya ditarik sedikit sekali, sehingga TPS mengirimkan *feedback* bahwa mesin sedang melakukan akselerasi dari putaran mesin 1500 rpm. ECU meneruskan *feedback* tersebut dengan mengatur semprotan bahan bakar lebih banyak dan nilai lambda menjadi lebih tinggi. Sedangkan pada putaran mesin 2500 dianggap sebagai putaran mesin menengah oleh ECU berdasarkan *feedback* yang diberikan oleh TPS karena throttle sudah hampir terbuka setengah.

Selain itu sebaran nilai lambda berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas yaitu 0,32 pada putaran 1500 rpm dan pada putaran 2000 sebesar 0,32 dan range dari sebaran nilai lambda yang paling kecil didapatkan pada putaran 2500 sebesar 0,05, dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa pengaturan CO lebih banyak berpengaruh pada putaran mesin dari mulai 1500 rpm sampai dengan 2000 rpm.

2. Analisis kadar Karbon Monoksida (CO)

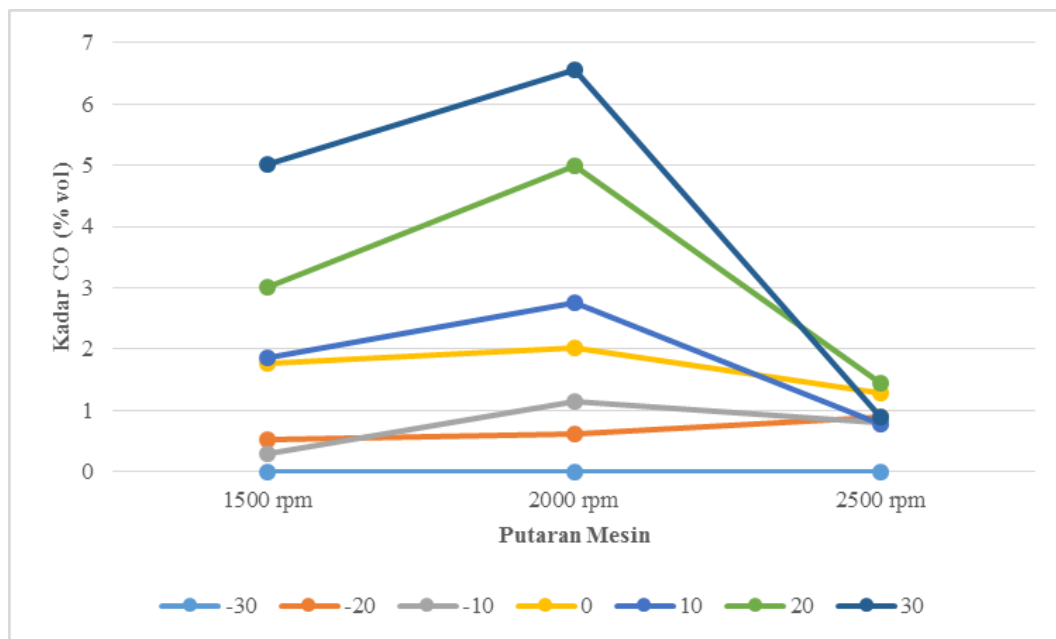
Karbon monoksida (CO) tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna. Bisa jadi karena campuran bahan bakar yang rich atau pengapian yang kurang memadai sehingga dapat menghasilkan karbon monoksida sebagai emisi gas buang. Sesuai dengan keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang batas emisi gas buang kendaraan bermotor, sepeda motor Vixion yang digunakan pada penelitian adalah rakitan tahun 2009 maka kadar CO pada gas buang yang terkandung dalam gas buang tidak boleh melebihi 5,5 % vol pada putaran mesin 1500 rpm.

Berikut ini adalah analisis kadar CO gas buang dari hasil penelitian mengenai pengaruh pengaturan CO pada ECU terhadap lambda dan hasil uji emisi gas buang pada sepeda motor vixion.

Tabel 4. Variasi kadar CO berdasarkan pengaturan CO

		pengaturan CO						
		-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
kadar CO (% vol)	1500 rpm	0	0,53	0,29	1,76	1,85	3,00	5,01
	2000 rpm	0	0,62	1,14	2,01	2,76	4,99	6,55
	2500 rpm	0	0,90	0,81	1,28	0,78	1,45	0,89

Untuk memudahkan analisis kadar CO yang didapatkan berdasarkan pengaturan CO, maka tabel 4 dirubah menjadi grafik dengan sumbu X menunjukkan kadar CO yang didapatkan, sumbu Y menunjukkan putaran mesin dan garis-garis kordinat menunjukkan masing-masing pengaturan CO yang dibedakan dengan warna.



Gambar 11. Grafik kadar CO (% vol) berdasarkan pengaturan CO

Berdasarkan tabel 4 pada pengaturan CO -30 kadar CO yang terkandung dalam gas buang tidak bisa diteliti karena putaran mesin tidak stabil, naik turun dan tidak bisa *idle*, jika handle gas tidak ditarik mesin akan langsung mati. Demikian juga terjadi pada putaran mesin 2000 rpm dan 2500 rpm, dimana putaran mesin tidak stabil dan naik turun. Karena performa mesin dianggap tidak layak jalan dan sulit untuk diteliti maka kadar CO yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -30 dianggap nol dan tidak dimasukkan dalam penelitian.

Pada putaran mesin 1500 rpm kadar CO yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -20 sebesar 0,53 % vol, pada pengaturan CO -10 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,24 % vol menjadi 0,29 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 1,47 % vol menjadi 1,76 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,09 % vol menjadi 0,85 % vol, pada pengaturan

CO +20 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 1,15 % vol menjadi 3,00 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan lagi sebesar 2,01 % vol menjadi 5,01 % vol sehingga kadar CO dalam gas buang yang paling tinggi pada putaran 1500 rpm didapatkan pada pengaturan CO +30. Rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 1500 rpm adalah 2,07 % vol.

Pada putaran mesin 2000 rpm kadar CO yang terkandung dalam gas buang sebesar 0,62 % vol. pada pengaturan CO -10 kadar CO yang terkandung dalam gas buang sebesar mengalami peningkatan sebesar 0,52 % vol menjadi 1,14 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,92 % vol menjadi 2,01 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,75 % vol menjadi 2,76 % vol, pada pengaturan CO +20 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 2,23 % vol menjadi 4,99 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan lagi sebesar 1,56 % vol menjadi 6,55 % vol, sehingga kadar CO yang paling tinggi pada putaran 2000 rpm didapatkan pada pengaturan CO +20. Rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2000 rpm adalah 3,49 % vol.

Pada putaran mesin 2500 rpm kadar CO yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -20 sebesar 0,90 % vol, pada pengaturan CO -10 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,09 % vol

menjadi 0,81 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,47 % vol menjadi 1,28 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,50 % vol menjadi 0,78 % vol, pada pengaturan CO +20 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,67 % vol menjadi 1,45 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar CO yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 0,56 % vol menjadi 0,89 % vol. Rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2500 rpm adalah 1,02 % vol.

Rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang yang dihasilkan pada putaran 1500 rpm adalah 2,07 % vol, rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang pada putaran 2000 rpm adalah 3,01 % vol dan rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang pada putaran 2500 adalah 1,02 % vol. Analisis diatas memberikan gambaran kecenderungan perubahan kadar CO yang terkandung dalam gas buang paling tinggi pada putaran mesin 2000 kemudian sangat menurun pada putaran mesin 2500. Hal ini diakibatkan karena untuk mencapai putaran 2000 rpm handle gas hanya ditarik sedikit sekali, sehingga TPS mengirimkan *feedback* bahwa mesin sedang melakukan akselerasi dari putaran mesin 1500 rpm. ECU meneruskan *feedback* tersebut dengan mengatur semprotan bahan bakar lebih banyak dan kadar CO yang terkandung dalam gas buang menjadi lebih tinggi. Sedangkan pada putaran mesin 2500 dianggap sebagai putaran mesin menengah oleh ECU berdasarkan *feedback* yang diberikan oleh TPS karena throttle sudah hampir terbuka setengah.

Selain itu pada putaran mesin 2000, sebaran kadar CO yang terkandung dalam gas buang berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas yaitu 5,93 % vol kemudian semakin kecil pada putaran 1500 sebesar 4,72 % vol dan range dari sebaran kadar CO yang terkandung dalam gas buang yang paling kecil didapatkan pada putaran 2500 sebesar 0,64 % vol, dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa pengaturan CO lebih banyak berpengaruh pada kadar CO yang terkandung dalam gas buang di putaran mesin dari mulai 1500 rpm sampai dengan 2000 rpm.

3. Analisis kadar Karbon Dioksida (CO₂)

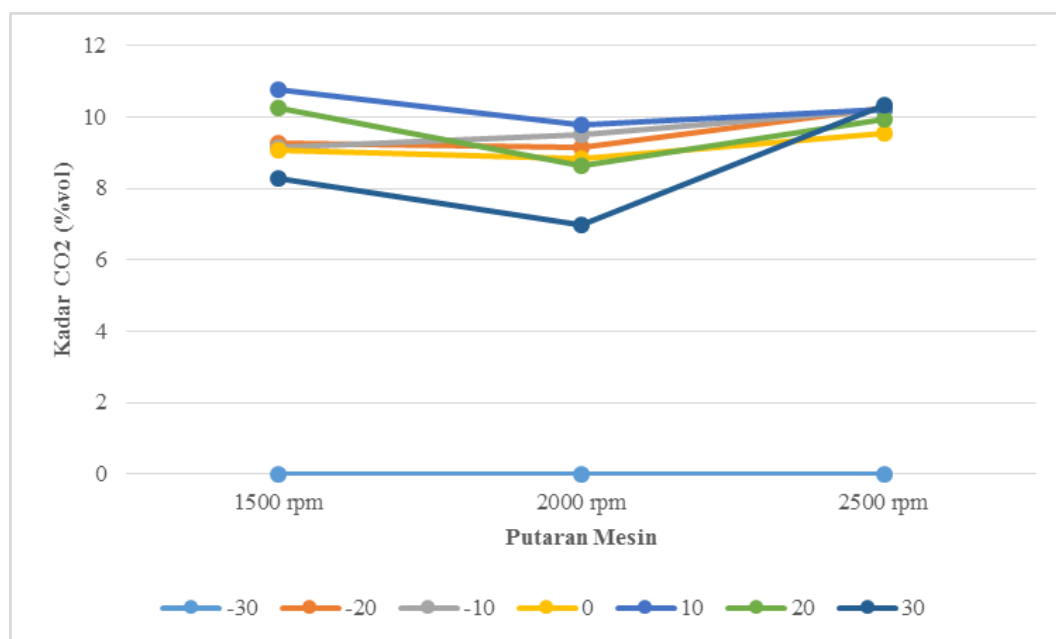
Karbon dioksida (CO₂) terbentuk dari proses pembakaran campuran bahan bakar. Kadar karbon dioksida dalam gas buang dapat menunjukkan secara langsung keadaan proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi kadar karbon dioksida dalam gas buang maka semakin baik proses pembakaran yang terjadi. pada pembakaran yang baik kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang berkisar antara 12 % vol sampai dengan 15 % vol apabila AFR pada kondisi lean atau rich, maka emisi CO₂ akan turun secara drastis. Kadar CO₂ akan berbanding terbalik dengan kadar CO dan HC dalam gas buang karena semakin baik proses pembakaran maka CO₂ yang terkandung akan semakin tinggi sedangkan bila campuran bahan bakar terlalu rich atau terlalu lean maka HC atau CO yang terkandung akan semakin banyak dan CO₂ semakin sedikit.

Berikut ini adalah analisis kadar CO₂ gas buang dari hasil penelitian mengenai pengaruh pengaturan CO pada ECU terhadap lambda dan hasil uji emisi gas buang pada sepeda motor vixion.

Tabel. 5 Variasi kadar CO₂ berdasarkan pengaturan CO

		pengaturan CO						
		-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
kadar CO ₂ (% vol)	1500 rpm	0	9,28	9,13	9,06	10,77	10,27	8,29
	2000 rpm	0	9,16	9,50	8,83	9,78	8,65	6,97
	2500 rpm	0	10,24	10,20	9,53	10,22	9,92	10,34

Untuk memudahkan analisis kadar CO₂ yang didapatkan berdasarkan pengaturan CO, maka tabel 5 dirubah menjadi grafik dengan sumbu X menunjukkan kadar CO₂ yang didapatkan, sumbu Y menunjukkan putaran mesin dan garis-garis kordinat menunjukkan masing-masing pengaturan CO yang dibedakan dengan warna.

Gambar 12. Grafik variasi kadar CO₂ (% vol) berdasarkan pengaturan CO

Berdasarkan tabel 5 pada pengaturan CO -30 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang tidak bisa diteliti karena putaran mesin tidak stabil, naik turun dan tidak bisa *idle*, jika handle gas tidak ditarik mesin akan langsung mati. Demikian juga terjadi pada putaran mesin 2000 rpm dan 2500 rpm, dimana putaran mesin tidak stabil dan naik turun. Karena performa mesin dianggap tidak layak jalan dan

sulit untuk diteliti maka kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -30 dianggap nol dan tidak dimasukkan dalam penelitian.

Pada putaran mesin 1500 rpm kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -20 sebesar 9,28 % vol, pada pengaturan CO -10 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,15 % vol menjadi 9,13 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,07 % vol menjadi 9,06 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 1,71 % vol menjadi 10,77 % vol, pada pengaturan CO +20 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,50 % vol menjadi 10,27 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 1,98 % vol menjadi 8,29 % vol sehingga kadar CO₂ dalam gas buang yang paling tinggi pada putaran 1500 rpm didapatkan pada pengaturan CO +10. Rata-rata kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 1500 rpm adalah 9,42 % vol.

Pada putaran mesin 2000 rpm kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang di pengaturan CO -20 sebesar 9,16 % vol. pada pengaturan CO -10 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,34% vol menjadi 9,50 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,67 % vol menjadi 8,83 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,95 % vol menjadi 9,78 % vol, pada pengaturan CO +20 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan

sebesar 1,13 % vol menjadi 8,65 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 0,12 % vol menjadi 6,97 % vol, sehingga kadar CO₂ yang paling tinggi pada putaran 2000 rpm didapatkan pada pengaturan CO +10. Rata-rata kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2000 rpm adalah 8,88 % vol.

Pada putaran mesin 2500 rpm kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -20 sebesar 10,24 % vol, pada pengaturan CO -10 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,04 % vol menjadi 10,20 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,67 % vol menjadi 9,53 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,69 % vol menjadi 10,22 % vol, pada pengaturan CO +20 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,30 % vol menjadi 9,92 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan lagi sebesar 0,42 % vol menjadi 10,34 % vol, sehingga kadar CO₂ yang paling tinggi pada putaran 2000 rpm didapatkan pada pengaturan CO +30. Rata-rata kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2500 rpm adalah 9,99 % vol.

Rata-rata kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang yang dihasilkan pada putaran 1500 rpm adalah 9,42 % vol, rata-rata kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang pada putaran 2000 rpm adalah 8,92 % vol dan rata-rata kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang pada putaran 2500 adalah 9,99 % vol. Analisis

diatas memberikan gambaran kecenderungan perubahan kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang paling tinggi pada putaran mesin 2500 rpm kemudian sangat menurun di putaran mesin 1500 rpm. Hal ini diakibatkan karena pada putaran mesin 2500 rpm pembakaran menjadi lebih baik dan kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang menjadi lebih tinggi.

Selain itu sebaran kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas pada putaran mesin 2000 rpm yaitu 2,81 % vol kemudian semakin kecil pada putaran 1500 sebesar 2,48 % vol dan range dari sebaran kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang yang paling kecil didapatkan pada putaran 2500 sebesar 0,42 % vol, dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa pengaturan CO lebih banyak berpengaruh pada kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang di putaran mesin dari mulai 1500 rpm sampai dengan 2000 rpm.

Besarnya kadar CO₂ berbanding terbalik dengan kadar CO. Besarnya kadar CO menandakan banyaknya campuran bahan bakar yang tidak terbakar sedangkan besarnya CO₂ menandakan pembakaran yang sempurna. Semakin banyak kadar CO yang terkandung berarti kadar CO₂ yang terkandung akan semakin berkurang.

4. Analisis kadar Hidrokarbon (HC)

Bahan bakar bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O). Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin (AFR= Air Fuel Ratio) sudah tepat dan didukung oleh

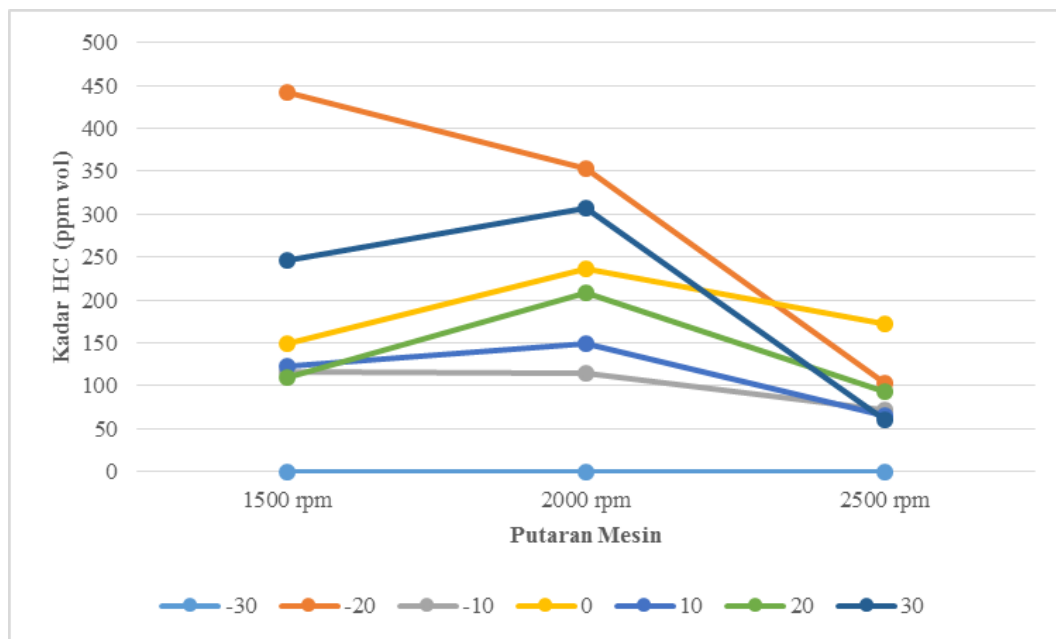
desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetap saja sebagian dari bahan bakar yang tidak terbakar dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi. Sesuai dengan keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang batas emisi gas buang kendaraan bermotor, sepeda motor Vixion yang digunakan pada penelitian adalah rakitan tahun 2009 maka kadar CO pada gas buang yang terkandung dalam gas buang tidak boleh melebihi 2400 ppm vol pada putaran mesin 1500 rpm.

Berikut ini adalah analisis kadar HC gas buang dari hasil penelitian mengenai pengaruh pengaturan CO pada ECU terhadap lambda dan hasil uji emisi gas buang pada sepeda motor vixion.

Tabel. 6 Variasi kadar HC berdasarkan pengaturan CO

		pengaturan CO						
		-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
kadar HC (ppm vol)	1500 rpm	0	442,5	117	150	122,5	109,5	246,5
	2000 rpm	0	353	114	236	148,5	208,5	306,5
	2500 rpm	0	103,5	71,5	171,5	66	93	60

Untuk memudahkan analisis kadar HC yang didapatkan berdasarkan pengaturan CO, maka tabel 6 dirubah menjadi grafik dengan sumbu X menunjukkan kadar HC yang didapatkan, sumbu Y menunjukkan putaran mesin dan garis-garis kordinat menunjukkan masing-masing pengaturan CO yang dibedakan dengan warna.



Gambar 13. Grafik variasi kadar HC (ppm vol) berdasarkan pengaturan CO

Berdasarkan tabel 6 pada pengaturan CO -30 kadar HC yang terkandung dalam gas buang tidak bisa diteliti karena putaran mesin tidak stabil, naik turun dan tidak bisa *idle*, jika handle gas tidak ditarik mesin akan langsung mati. Demikian juga terjadi pada putaran mesin 2000 rpm dan 2500 rpm, dimana putaran mesin tidak stabil dan naik turun. Karena performa mesin dianggap tidak layak jalan dan sulit untuk diteliti maka kadar HC yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -30 dianggap nol dan tidak dimasukkan dalam penelitian.

Pada putaran mesin 1500 rpm kadar HC yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -20 sebesar 442,5 ppm vol, pada pengaturan CO -10 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 325,5 ppm vol menjadi 117 ppm vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 33 ppm vol menjadi 150 ppm vol, pada pengaturan CO +10 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 27,5 ppm vol menjadi 122,5 ppm vol, pada

pengaturan CO +20 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 13 ppm vol menjadi 109,5 ppm vol, pada pengaturan CO +30 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan lagi sebesar 56 ppm vol menjadi 246,5 ppm vol sehingga kadar HC dalam gas buang yang paling tinggi pada putaran 1500 rpm didapatkan pada pengaturan CO -20. Rata-rata kadar HC yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 1500 rpm adalah 198 ppm vol.

Pada putaran mesin 2000 rpm kadar HC yang terkandung dalam gas buang di pengaturan CO -20 sebesar 353 ppm vol, pada pengaturan CO -10 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 239 ppm vol menjadi 114 ppm vol, hal ini disebabkan karena untuk mencapai putaran 2000 rpm handle gas hanya ditarik sedikit sekali, sehingga TPS mengirimkan *feedback* bahwa mesin sedang melakukan akselerasi dari putaran mesin 1500 rpm. ECU meneruskan *feedback* tersebut dengan mengatur semprotan bahan bakar lebih banyak. Karena pada pengaturan CO -20 berarti bahan bakar yang seharusnya disemprotkan akan dikurangi sebesar 1 cc mengakibatkan mesin yang berakselerasi kekurangan bahan bakar sehingga putaran mesin naik turun dan tidak stabil sehingga banyak bahan bakar yang tidak terbakar, menyebabkan kadar HC pada pengaturan CO -20 lebih besar daripada -10, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 122 ppm vol menjadi 236 ppm vol, pada pengaturan CO +10 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 88 ppm vol menjadi 148 ppm vol, pada pengaturan CO +20 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 60,5 ppm vol menjadi 208,5 ppm vol, pada pengaturan CO +30 kadar HC

yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan lagi sebesar 98 ppm vol menjadi 306,5 ppm vol, sehingga kadar HC yang paling tinggi pada putaran 2000 rpm didapatkan pada pengaturan CO +30. Rata-rata kadar HC yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2000 rpm adalah 202,7 ppm vol.

Pada putaran mesin 2500 rpm kadar HC yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -20 sebesar 103,5 ppm vol, pada pengaturan CO -10 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 32 ppm vol menjadi 71,5 ppm vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 100 ppm vol menjadi 171,5 ppm vol, pada pengaturan CO +10 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 105,5 ppm vol menjadi 66 ppm vol, pada pengaturan CO +20 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 27 ppm vol menjadi 93 ppm vol, pada pengaturan CO +30 kadar HC yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 33 ppm vol menjadi 60 ppm vol. Rata-rata kadar HC yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2500 rpm adalah 94,2 ppm vol.

Rata-rata kadar HC yang terkandung dalam gas buang yang dihasilkan pada putaran 1500 rpm adalah 198 ppm vol, rata-rata kadar HC yang terkandung dalam gas buang pada putaran 2000 rpm adalah 227,7 ppm vol dan rata-rata kadar HC yang terkandung dalam gas buang pada putaran 2500 adalah 94 ppm vol. Analisis diatas memberikan gambaran kecenderungan perubahan kadar HC yang terkandung dalam gas buang paling tinggi pada putaran mesin 2000 kemudian sangat menurun

pada putaran mesin 2500 rpm. Hal ini diakibatkan karena untuk mencapai putaran 2000 rpm handle gas hanya ditarik sedikit sekali, sehingga TPS mengirimkan *feedback* bahwa mesin sedang melakukan akselerasi dari putaran mesin 1500 rpm. ECU meneruskan *feedback* tersebut dengan mengatur semprotan bahan bakar lebih banyak dan kadar HC yang terkandung dalam gas buang menjadi lebih tinggi karena laju reaksi pembakaran tidak dapat mengubah seluruh bahan bakar yang masuk ke ruang bakar menjadi karbon dan bahan bakar yang tidak terbakar bertambah banyak. Sedangkan pada putaran mesin 2500 dianggap sebagai putaran mesin menengah oleh ECU berdasarkan *feedback* yang diberikan oleh TPS karena throttle sudah hampir terbuka setengah.

Selain itu pada putaran mesin 1500, sebaran kadar HC yang terkandung dalam gas buang berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas yaitu sebesar 325,5 ppm vol, kemudian semakin kecil pada putaran 2000 sebesar 239 ppm vol dan range dari sebaran kadar HC yang terkandung dalam gas buang yang paling kecil didapatkan pada putaran 2500 sebesar 176 ppm vol, dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa pengaturan CO lebih banyak berpengaruh pada kadar HC yang terkandung dalam gas buang di putaran mesin dari mulai 1500 rpm sampai dengan 2000 rpm.

Kadar HC juga berbanding terbalik dengan kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang. Ini karena kandungan CO₂ mengindikasikan pembakaran yang sempurna dimana semua molekul bahan bakar bereaksi dengan semua molekul udara dalam pembakaran sehingga tidak ada yang tersisa, sedangkan HC menandakan bahan bakar yang terkandung dalam campuran terlalu banyak atau rich sehingga banyak sisa bahan bakar yang tidak terbakar. Sisa bahan bakar yang tidak

terbakar akan berubah menjadi 2 senyawa yang terkandung dalam gas buang, yaitu HC dan CO ketika molekul karbon dalam bahan bakar tersebut beroksidasi dengan molekul oksigen pada udara sehingga HC akan berbanding lurus dengan CO.

5. Analisis kadar Oksigen (O₂)

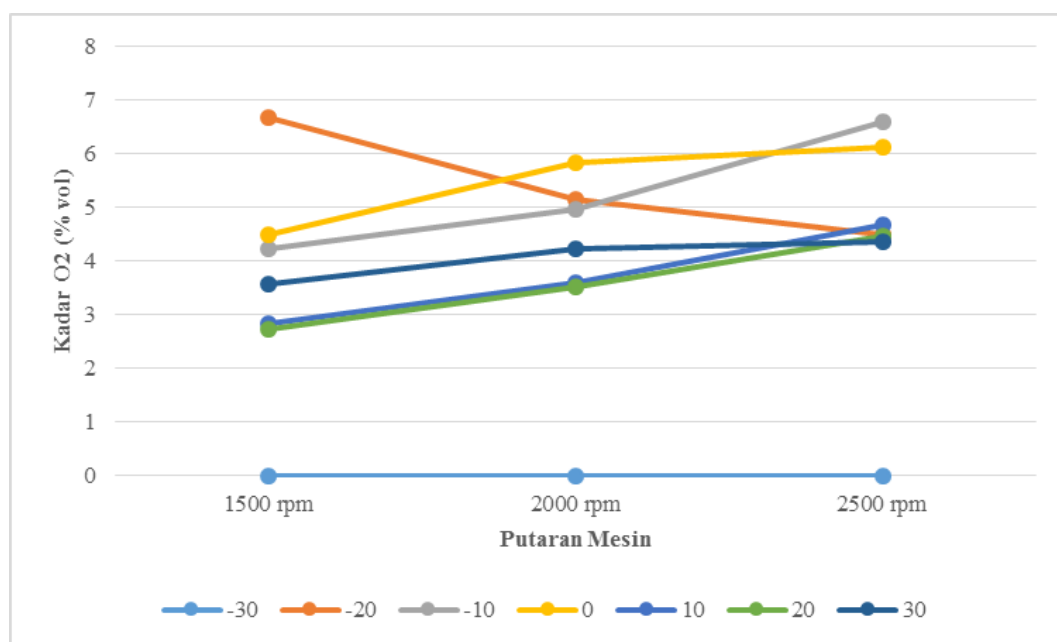
Konsentrasi dari O₂ dalam gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO₂. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon. Dalam pembakaran yang baik memungkinkan molekul bahan bakar dan molekul udara dapat dengan mudah bertemu untuk bereaksi dengan sempurna pada proses pembakaran. Tapi sayangnya, hampir semua proses pembakaran tidak dapat berlangsung sempurna dalam mesin sehingga memungkinkan beberapa molekul bahan bakar tidak dapat bereaksi dengan molekul oksigen dan menyebabkan tersisanya molekul bahan bakar maupun molekul udara yang terbuang melalui saluran buang. Untuk mengurangi emisi HC, maka dibutuhkan sedikit tambahan udara untuk memastikan bahwa semua molekul bahan bakar dapat bereaksi dengan molekul oksigen untuk menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Inilah yang menyebabkan oksigen yang terkandung dalam udara tetap akan tersisa dalam gas buang.

Berikut ini adalah analisis kadar O₂ gas buang dari hasil penelitian mengenai pengaruh pengaturan CO pada ECU terhadap lambda dan hasil uji emisi gas buang pada sepeda motor vixion.

Tabel. 7 Variasi kadar O₂ berdasarkan pengaturan CO

		pengaturan CO						
		-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
kadar O ₂ (% vol)	1500 rpm	0	6,67	4,22	4,49	2,84	2,72	3,57
	2000 rpm	0	5,14	4,97	5,84	3,59	3,52	4,22
	2500 rpm	0	4,49	6,59	6,12	4,69	4,46	4,37

Untuk memudahkan analisis kadar O₂ yang didapatkan berdasarkan pengaturan CO, maka tabel 7 dirubah menjadi grafik dengan sumbu X menunjukkan kadar O₂ yang didapatkan, sumbu Y menunjukkan putaran mesin dan garis-garis kordinat menunjukkan masing-masing pengaturan CO yang dibedakan dengan warna.

Gambar 14. Grafik variasi kadar O₂ (% vol) berdasarkan pengaturan CO

Berdasarkan tabel 7 pada pengaturan CO -30 kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang tidak bisa diteliti karena putaran mesin tidak stabil, naik turun dan tidak bisa *idle*, jika handle gas tidak ditarik mesin akan langsung mati. Demikian juga terjadi pada putaran mesin 2000 rpm dan 2500 rpm, dimana putaran mesin

tidak stabil dan naik turun. Karena performa mesin dianggap tidak layak jalan dan sulit untuk diteliti maka kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -30 dianggap nol dan tidak dimasukkan dalam penelitian.

Pada putaran mesin 1500 rpm kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -20 sebesar 6,67 % vol, pada pengaturan CO -10 kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 2,45 % vol menjadi 4,22 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,27 % vol menjadi 4,49 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 1,65 % vol menjadi 2,84 % vol, pada pengaturan CO +20 kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,12 % vol menjadi 2,72 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan lagi sebesar 0,85 % vol menjadi 3,57 % vol sehingga kadar O_2 dalam gas buang yang paling tinggi pada putaran 1500 rpm didapatkan pada pengaturan CO 0. Rata-rata kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 1500 rpm adalah 4,08 % vol.

Pada putaran mesin 2000 rpm kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang di pengaturan CO -20 sebesar 5,14 % vol. pada pengaturan CO -10 kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,17 menjadi 4,97 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,87 % vol menjadi 5,84 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,90 % vol menjadi 3,59 % vol, pada pengaturan CO +20 kadar

O₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,07 % vol menjadi 3,52 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan lagi sebesar 0,70 % vol menjadi 4,22 % vol, sehingga kadar O₂ yang paling tinggi pada putaran 2000 rpm didapatkan pada pengaturan CO 0. Rata-rata kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2000 rpm adalah 4,42 % vol.

Pada putaran mesin 2500 rpm kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang pada pengaturan CO -20 sebesar 4,49 % vol, pada pengaturan CO -10 kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 2,10 % vol menjadi 6,59 % vol, pada pengaturan CO 0 atau standar produsen kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,47 % vol menjadi 6,12 % vol, pada pengaturan CO +10 kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 1,43 % vol menjadi 4,69 % vol, pada pengaturan CO +20 kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,23 % vol menjadi 4,46 % vol, pada pengaturan CO +30 kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 0,09 % vol menjadi 4,37 % vol. Rata-rata kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang yang dapat diteliti berdasarkan pengaturan CO pada putaran mesin 2500 rpm adalah 4,72 % vol.

Rata-rata kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang yang dihasilkan pada putaran 1500 rpm adalah 4,54 % vol, rata-rata kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang pada putaran 2000 rpm adalah 4,42 % vol dan rata-rata kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang pada putaran 2500 adalah 4,72 % vol. Analisis diatas memberikan gambaran kecenderungan perubahan kadar O₂ yang terkandung dalam

gas buang paling tinggi pada putaran mesin 2500 kemudian sangat menurun pada putaran mesin 2000. Hal ini diakibatkan karena untuk mencapai putaran pada putaran tinggi campuran bahan bakar dan udara tidak dapat terbakar sempurna karena itu semakin tinggi putaran mesin kandungan O_2 dalam gas buang juga akan meningkat.

Selain itu pada putaran mesin 1500, sebaran kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas yaitu sebesar 3,95 % vol, kemudian semakin kecil pada putaran 2000 sebesar 2,32 % vol dan range dari sebaran kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang yang paling kecil didapatkan pada putaran 2500 sebesar 2,22 % vol, dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa pengaturan CO lebih banyak berpengaruh pada kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang di putaran mesin dari mulai 1500 rpm sampai dengan 2000 rpm.

Besarnya kadar O_2 berbanding terbalik dengan kadar CO_2 . Besarnya kadar O_2 menandakan banyaknya udara dalam campuran bahan bakar yang tidak terbakar sedangkan besarnya CO_2 menandakan pembakaran yang sempurna. Semakin banyak kadar O_2 yang terkandung berarti campuran bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar dalam kondisi lean. Artinya bahan bakar yang terdapat dalam campuran kurang sehingga molekul O_2 yang terdapat dalam udara tidak dapat bereaksi semua dengan molekul bahan bakar dalam pembakaran dan keluar lagi melalui saluran gas buang. Dengan bertambahnya kadar O_2 kadar CO_2 yang terkandung akan semakin berkurang.

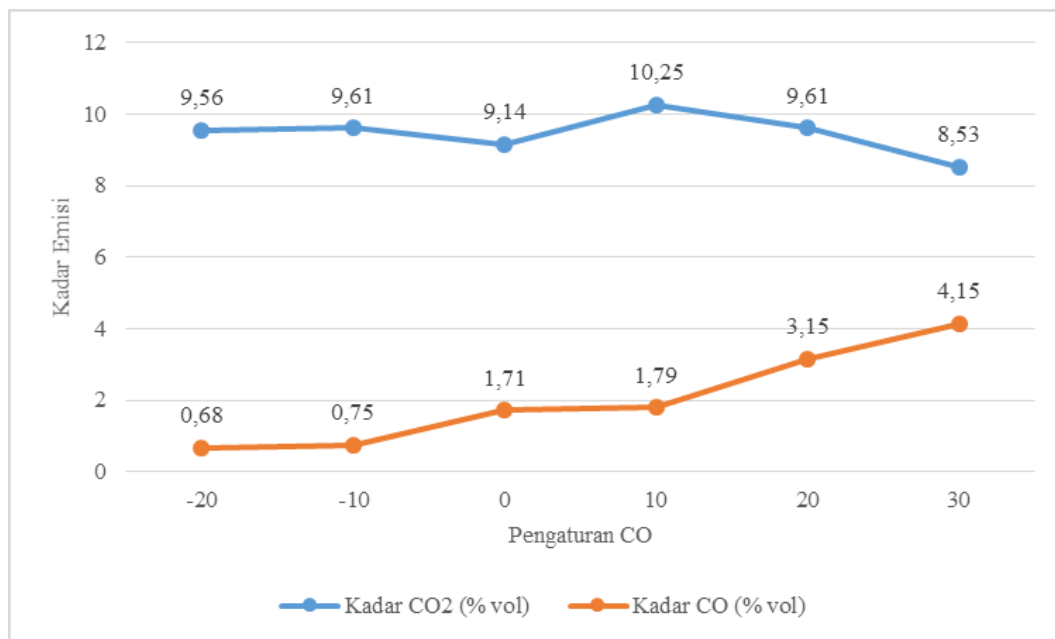
6. Hubungan kadar CO₂ dengan CO

Besarnya kadar CO₂ berbanding terbalik dengan kadar CO. Besarnya kadar CO menandakan banyaknya campuran bahan bakar yang tidak terbakar sedangkan besarnya CO₂ menandakan pembakaran yang sempurna. Semakin banyak kadar CO yang terkandung berarti kadar CO₂ yang terkandung akan semakin berkurang. Berikut tabel yang menggambarkan hubungan tersebut.

Tabel 8. Hubungan CO₂ dengan CO

	Pengaturan CO					
	-20	-10	0	+10	+20	+30
Kadar CO ₂ (% vol)	9,56	9,61	9,14	10,25	9,61	8,53
Kadar CO (% vol)	0,68	0,75	1,71	1,79	3,15	4,15

Untuk memudahkan analisis hubungan kadar CO₂ dan kadar CO yang didapatkan berdasarkan pengaturan CO, maka tabel 8 dirubah menjadi grafik dengan sumbu X menunjukkan kadar emisi dengan ukuran % vol, sumbu Y menunjukkan pengaturan CO dan garis-garis kordinat menunjukkan masing-masing pengaturan kadar CO₂ dan CO yang dibedakan berdasarkan warna.



Gambar 15. Grafik hubungan kadar CO₂ dan CO

Dari grafik tersebut dapat dilihat perbandingan keduanya rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang cenderung stabil pada rentangan sebesar 1,72 % vol dari 10,25 % vol sampai dengan 8,53 % vol, karena faktor timbulnya besaran kadar CO₂ hanya pembakaran yang sempurna sehingga jika pembakaran yang dihasilkan mesin stabil maka rentangan sebaran data dari kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang akan semakin kecil.

Rata-rata kadar CO dalam gas buang cenderung naik karena faktor timbulnya besaran kadar CO tidak hanya dipengaruhi oleh pembakaran yang tidak sempurna tetapi juga kadar HC yang terdapat dalam gas buang. Saat pembakaran terjadi tidak sempurna maka bahan bakar yang terdapat dalam campuran sebagian akan langsung keluar membentuk emisi HC dan sebagian lainnya akan beroksidasi menjadi emisi CO. Kecenderungan naiknya rata-rata kadar CO dalam gas buang berarti bahan bakar yang teroksidasi dan membentuk emisi CO dalam campuran bahan bakar dan udara yang tidak terbakar semakin banyak.

Meskipun kecenderungan kedua grafik berbeda tetapi hubungan saling mempengaruhi keduanya masih dapat terlihat dari pola yang tergambar. Poin dalam grafik yang saling menjauh dan mendekat dapat dijabarkan dengan penjelasan yang mendasarinya secara teoritis.

Pada pengaturan CO -20 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang sebesar 9,56 % vol dan rata-rata kadar CO dalam gas buang sebesar 0,68 % vol. Hal ini diakibatkan karena semprotan bahan bakar yang dikurangi sebesar 1 cc pada pengaturan CO -20, menjadikan campuran bahan bakar pada kondisi lean dan bahan bakar yang terkandung dalam campuran hampir terbakar semua sehingga rata-rata kadar CO₂ yang dihasilkan lebih banyak dan rata-rata kadar CO yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.

Pada pengaturan CO -10 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,15 % vol menjadi 9,61 % vol dan rata-rata kadar CO dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,04 % vol menjadi 0,75 % vol. Pola ini diakibatkan karena pada pengaturan CO -10 bahan bakar yang disemprotkan bertambah sebesar 0,5 cc dari volume semprotan bahan bakar pada pengaturan CO -20. Karena bahan bakar yang disemprotkan bertambah banyak dan proses pembakaran campuran bahan bakar yang kurang sempurna rata-rata kadar CO dalam gas buang meningkat.

Pada pengaturan CO 0 atau standar produsen rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 0,47 % vol menjadi 9,14 % vol dan rata-rata kadar CO dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,96 % vol menjadi 1,71 % vol. Pola ini diakibatkan karena pada pengaturan CO 0 bahan bakar yang disemprotkan bertambah sebesar 0,5 cc dari volume semprotan bahan bakar pada

pengaturan CO -20. Karena bahan bakar yang disemprotkan bertambah banyak dan proses pembakaran campuran bahan bakar yang kurang sempurna rata-rata kadar CO dalam gas buang meningkat.

Pada pengaturan CO +10 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 1,11 % vol menjadi 10,25 % vol dan rata-rata kadar CO dalam gas buang juga mengalami peningkatan sebesar 0,08 % vol menjadi 1,79 % vol. Pola ini diakibatkan karena semprotan bahan bakar yang semakin banyak melebihi standar pengaturan produsen dan kualitas pengapian yang standar dapat menghasilkan pengapian yang cukup baik tetapi jumlah bahan bakar dalam campuran bahan bakar dengan udara juga cukup banyak sehingga kadar CO₂ dan CO yang terkandung dalam gas buang sama-sama meningkat.

Pada pengaturan CO +20 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 1,09 % vol menjadi 9,16 % vol dan rata-rata kadar CO dalam gas buang juga mengalami peningkatan yang signifikan dari sebelumnya sebesar 1,36 % vol menjadi 3,15 % vol. Pola ini diakibatkan karena pada pengaturan CO +20 volume bahan bakar yang seharusnya disemprotkan ditambah sebesar 1 cc. Penambahan volume semprotan bahan bakar ini menyebabkan pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar semakin tidak sempurna dan sisa bahan bakar dalam campuran bahan bakar dan udara yang tidak terbakar semakin banyak. Semakin banyaknya sisa bahan bakar yang tidak terbakar beroksidasi dengan O₂ menjadi CO, sehingga rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang meningkat dan kadar CO₂ dalam gas buang menurun.

Pada pengaturan CO tertinggi yaitu +30 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 1,08 % vol menjadi 8,53 % vol dan rata-

rata kadar CO dalam gas buang juga mengalami peningkatan sebesar 1,00 % vol menjadi 4,15 % vol. Pola ini diakibatkan karena pada pengaturan CO +30 volume bahan bakar yang seharusnya disemprotkan ditambah sebesar 1,5 cc. Penambahan volume semprotan bahan bakar yang cukup banyak menjadikan campuran bahan bakar menjadi rich melebihi kebutuhan mesin dan menyebabkan pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar semakin tidak sempurna. Sisa bahan bakar dalam campuran bahan bakar dan udara yang tidak terbakar semakin banyak. Semakin banyaknya sisa bahan bakar yang tidak terbakar beroksidasi dengan O₂ menjadi CO, sehingga rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang meningkat dan kadar CO₂ dalam gas buang mengalami penurunan lagi.

Analisis diatas dapat disimpulkan kadar CO dalam gas buang yang cenderung meningkat dan kadar CO₂ yang cenderung menurun setiap kenaikan pengaturan CO karena pengapian yang standar dan campuran bahan bakar yang terus bertambah mengakibatkan pembakaran semakin tidak sempurna. Tidak sempurnanya pembakaran menjadikan kadar CO dalam gas buang semakin meningkat dan CO₂ semakin menurun.

7. Hubungan O₂ dengan CO₂

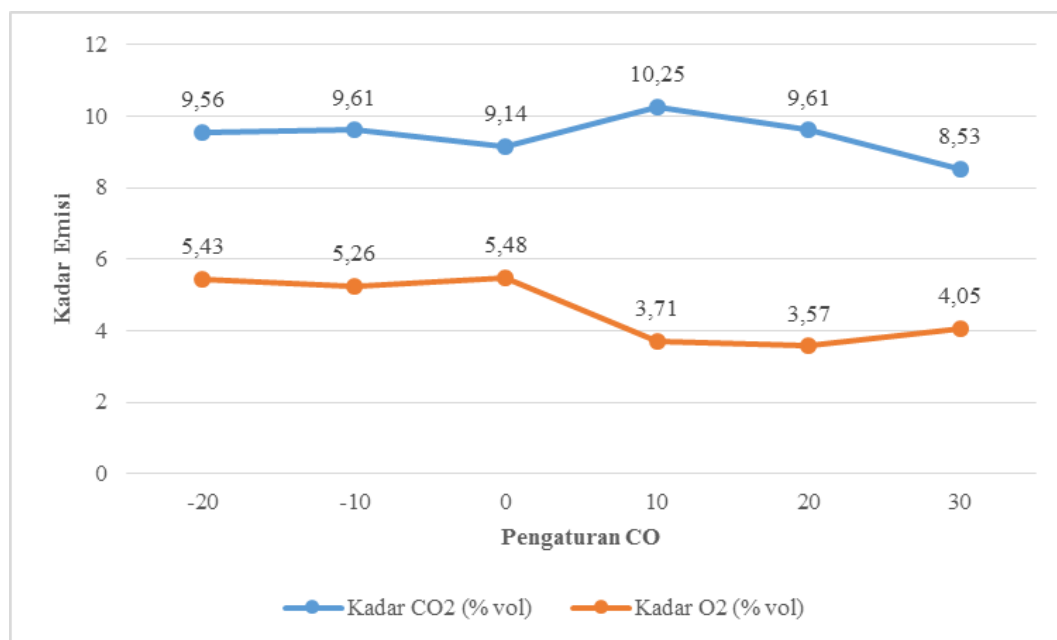
Besarnya kadar O₂ berbanding terbalik dengan kadar CO₂. Besarnya kadar O₂ menandakan banyaknya udara dalam campuran bahan bakar yang tidak terbakar sedangkan besarnya CO₂ menandakan pembakaran yang sempurna. Semakin banyak kadar O₂ yang terkandung berarti campuran bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar dalam kondisi lean. Artinya bahan bakar yang terdapat dalam campuran kurang sehingga molekul O₂ yang terdapat dalam udara tidak dapat bereaksi semua dengan molekul bahan bakar dalam pembakaran dan keluar lagi

melalui saluran gas buang. Dengan bertambahnya kadar O₂ kadar CO₂ yang terkandung akan semakin berkurang. Berikut tabel yang menggambarkan hubungan tersebut.

Tabel 9. Hubungan O₂ dengan CO₂

	Pengaturan CO					
	-20	-10	0	+10	+20	+30
Kadar O ₂ % vol	5,43	5,26	5,48	3,71	3,57	4,05
Kadar CO ₂ % vol	9,56	9,61	9,14	10,25	9,61	8,53

Untuk memudahkan analisis hubungan kadar O₂ dan kadar CO₂ yang didapatkan berdasarkan pengaturan CO, maka tabel 9 dirubah menjadi grafik dengan sumbu X menunjukkan kadar emisi dengan ukuran % vol, sumbu Y menunjukkan pengaturan CO dan garis-garis kordinat menunjukkan masing-masing pengaturan kadar O₂ dan CO₂ yang dibedakan berdasarkan warna.



Gambar 16. Grafik hubungan kadar CO₂ dengan O₂.

Grafik tersebut dapat dilihat perbandingan keduanya rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang cenderung stabil pada rentangan sebesar 1,72 % vol dari 10,25 %

vol sampai dengan 8,53 % vol. Besarnya kadar O₂ juga cukup stabil pada rentangan sebaran data sebesar 2,01 % vol dari 5,58 % vol sampai dengan 3,57 % vol. Kestabilan kedua sebaran data diakibatkan karena faktor timbulnya besaran kadar CO₂ hanya pembakaran yang sempurna sehingga jika pembakaran yang dihasilkan mesin stabil maka rentangan sebaran data dari kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang akan semakin kecil. Faktor penyebab timbulnya O₂ juga demikian yaitu udara dalam campuran udara dan bahan bakar yang tidak terbakar dan tidak beroksidasi dengan karbon dalam bahan bakar sehingga masih berbentuk udara saat dibuang melalui saluran buang pada mesin. Poin dalam grafik yang saling menjauh dan mendekat dapat dijabarkan dengan penjelasan yang mendasarinya secara teoritis.

Pada pengaturan CO -20 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang sebesar 9,56 % vol dan rata-rata kadar O₂ dalam gas buang sebesar 5,43 % vol. Hal ini diakibatkan karena semprotan bahan bakar yang dikurangi sebesar 1 cc pada pengaturan CO -20, menjadikan campuran bahan bakar pada kondisi lean dan bahan bakar yang terkandung dalam campuran hampir terbakar semua dan menyisakan udara yang tidak dapat terbakar karena kurangnya bahan bakar sehingga rata-rata kadar CO₂ yang dihasilkan lebih banyak dan rata-rata kadar O₂ yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.

Pada pengaturan CO -10 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 0,15 % vol menjadi 9,61 % vol dan rata-rata kadar O₂ dalam gas buang juga mengalami penurunan sebesar 0,32 % vol menjadi 5,26 % vol. Pola ini diakibatkan karena pada pengaturan CO -10 bahan bakar yang disemprotkan bertambah sebesar 0,5 cc dari volume semprotan bahan bakar pada pengaturan CO

-20. Penambahan volume sebesar 0,5 cc menjadikan kadar O₂ yang terdapat dalam campuran bahan bakar dan udara yang tidak terbakar semakin sedikit sehingga terjadi penurunan kadar O₂ dalam emisi gas buang.

Pada pengaturan CO 0 atau standar produsen rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 0,47 % vol menjadi 9,14 % vol dan rata-rata kadar O₂ dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,22 % vol menjadi 5,48 % vol. Pola ini diakibatkan karena bahan bakar yang disemprotkan bertambah banyak dan proses pembakaran campuran bahan bakar yang kurang sempurna sehingga rata-rata kadar O₂ dalam gas buang meningkat.

Pada pengaturan CO +10 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 1,11 % vol menjadi 10,25 % vol dan rata-rata kadar O₂ dalam gas buang mengalami penurunan yang signifikan sebesar 1,77 % vol menjadi 3,71 % vol. Pola ini diakibatkan karena semprotan bahan bakar yang semakin banyak melebihi standar pengaturan produsen menghasilkan pengapian yang cukup baik tetapi jumlah bahan bakar dalam campuran bahan bakar dengan udara juga cukup banyak sehingga kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang meningkat dan kandungan O₂ dalam gas buang menurun.

Pada pengaturan CO +20 rata-rata kadar CO₂ dalam gas buang mengalami penurunan sebesar 1,09 % vol menjadi 9,16 % vol dan rata-rata kadar O₂ dalam gas buang juga mengalami penurunan sebesar 0,14 % vol menjadi 3,57 % vol. Pola ini diakibatkan karena pada pengaturan CO +20 volume bahan bakar standar yang seharusnya disemprotkan ditambah sebesar 1 cc. Penambahan volume semprotan bahan bakar ini menyebabkan pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar semakin tidak sempurna dan sisa bahan bakar dalam campuran bahan bakar dan udara yang

tidak terbakar semakin banyak. Semakin banyaknya sisa bahan bakar yang tidak terbakar beroksidasi dengan O_2 menjadi CO, sehingga rata-rata kadar CO yang terkandung dalam gas buang meningkat dan kadar CO_2 dalam gas buang menurun. Meningkatnya kadar CO menjadikan kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang menurun.

Pada pengaturan CO tertinggi yaitu +30 rata-rata kadar CO_2 dalam gas buang mengalami penurunan lagi sebesar 1,08 % vol menjadi 8,53 % vol dan rata-rata kadar CO dalam gas buang mengalami peningkatan sebesar 0,48 % vol menjadi 4,05 % vol. Pola ini diakibatkan karena pada pengaturan CO +30 volume bahan bakar yang seharusnya disemprotkan ditambah sebesar 1,5 cc. Penambahan volume semprotan bahan bakar yang cukup banyak menjadikan campuran bahan bakar menjadi rich melebihi kebutuhan mesin dan menyebabkan pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar semakin tidak sempurna. Sisa bahan bakar dalam campuran bahan bakar dan udara yang tidak terbakar semakin banyak. Tetapi sisa bahan bakar yang cukup banyak tidak beroksidasi dengan O_2 , sehingga rata-rata kadar O_2 yang terkandung dalam gas buang meningkat dan kadar CO_2 dalam gas buang mengalami penurunan lagi.

Analisis diatas dapat disimpulkan kadar O_2 dalam gas buang yang cenderung menurun setiap kenaikan pengaturan CO karena pengapian yang standar dan campuran bahan bakar yang terus bertambah mengakibatkan pembakaran semakin tidak sempurna. Tidak sempurnanya pembakaran menjadikan kadar CO dalam gas buang semakin meningkat. Meningkatnya kadar CO berarti sisa bahan bakar dalam campuran bahan bakar yang tidak terbakar banyak yang beroksidasi

dengan O_2 menjadika kadar O_2 semakin menurun dengan bertambahnya pengaturan CO pada ECU.

B. PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang telah dilakukan mengindikasi terjadi penurunan dan peningkatan lambda dan kadar emisi gas buang dengan pengaturan CO pada ECU sepeda motor EFI bertipe *Open Loop*. Emisi gas buang dari suatu kendaraan dipengaruhi beberapa faktor diantaranya kualitas bahan bakar, tekanan kompresi, waktu pengapian dan campuran bahan bakar dengan udara. Pengaturan CO mengatur volume semprotan bahan bakar untuk menyesuaikan keadaan mesin baik itu perubahan komponen karena waktu pemakaian ataupun lingkungan sekitar tempat mesin tersebut bekerja, yang diharapkan dapat menyempurnakan pembakaran.

Dari semua komponen gas buang yang diteliti, sebaran data terbesar cenderung terdapat pada putaran 1500 rpm dan 2000 rpm. Hal ini diakibatkan pada putaran rendah *throttle position sensor* pada throttle body memberikan *feedback* pada ECU jika throttle terbuka sedikit menandakan mesin sedang melakukan akselerasi dari putaran mesin 1500 rpm sehingga bahan bakar yang disemprotkan akan lebih banyak dan lebih bervariasi, sehingga menghasilkan sebaran data yang cenderung lebih luas daripada putaran mesin tinggi.

Sebaran data yang cenderung mengecil dan menuju pada satu titik pada putaran 2500 rpm menandakan pengaturan CO lebih besar pengaruhnya terhadap putaran mesin rendah. sedangkan pada putaran mesin tinggi sistem EFI cenderung lebih stabil dan pengaruh pengaturan CO cenderung lebih kecil.

Uraian pembahasan diatas menunjukkan bahwa hipotesis pengaturan CO berpengaruh terhadap lambda dan hasil uji emisi gas buang diterima. Pengaruh yang dihasilkan pengaturan CO cenderung lebih besar pada putaran mesin rendah dan berpengaruh sedikit pada putaran mesin tinggi.

C. KETERBATASAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengaturan CO pada ECU terhadap lambda dan kadar emisi gas buang sepeda motor bermesin EFI bertipe Open Loop. Dalam penelitian ini terdapat beberapa keterbatasan sehingga kemungkinan hasil yang didapat kurang sempurna. Keterbatasan tersebut diantaranya adalah :

1. Volume bahan bakar standar yang disemprotkan injektor tidak diketahui, sehingga tidak dapat menghitung konsumsi bahan bakar yang digunakan berdasarkan pengaturan CO.
2. Alat uji emisi gas buang yaitu Stargas 898 tidak bisa mengukur emisi gas buang diatas 2500 rpm dikarenakan untuk keterbatasan alat uji.
3. Tempat pengaturan CO yang cukup jauh membuat pengujian harus dilaksanakan 2 hari sehingga memungkinkan terjadinya sedikit perubahan data akibat cuaca yang berbeda.

BAB V

PENUTUP

A. SIMPULAN

Hasil pengujian tentang pengaruh pengaturan CO terhadap lambda dan hasil uji emisi gas buang pada sepeda motor bermesin EFI menunjukkan terjadinya pengaruh pada lambda dan kadar emisi gas buang. Dari data hasil pengujian yang didapatkan dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk mendeskripsikan pengaruh pengaturan CO terhadap lambda dan emisi gas buang sebagai berikut :

1. Nilai Lambda

Nilai lambda yang ideal yaitu 1 didapatkan pada pengaturan CO +20 di putaran mesin 2000 rpm dan pada pengaturan CO +20 dan +30 di putaran mesin 1500 rpm. Nilai lambda yang paling kecil didapatkan pada pengaturan CO +30 di putaran mesin 2000 rpm yaitu 0,96 dan nilai lambda terbesar didapatkan pada pengaturan CO -10 pada putaran 1500 rpm yaitu 1,45. Sebaran nilai lambda berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas pada putaran mesin 1500 rpm yaitu 0,32 kemudian semakin menyempit pada putaran 2000 sebesar 0,24 dan range dari sebaran nilai lambda yang paling sempit didapatkan pada putaran 2500 sebesar 0,05.

2. Kadar CO

Kadar CO yang paling kecil didapatkan pada pengaturan CO -10 di putaran mesin 1500 rpm yaitu sebesar 0,29 % vol dan kadar CO yang terbesar didapatkan pada pengaturan CO +30 di putaran 2000 rpm yaitu sebesar 5,41 % vol. Sebaran kadar CO yang terkandung dalam gas buang berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas pada putaran 1500 rpm yaitu 5,41 % vol kemudian semakin

sempit pada putaran 1500 sebesar 4,72 % vol dan range dari sebaran kadar CO yang terkandung dalam gas buang yang paling sempit didapatkan pada putaran 2500 sebesar 0,64 % vol.

3. Kadar CO₂

Kadar CO₂ yang paling kecil didapatkan pada pengaturan CO +30 di putaran mesin 2000 rpm yaitu sebesar 6,97 % vol dan kadar CO₂ yang terbesar didapatkan pada pengaturan CO +10 di putaran 1500 rpm yaitu sebesar 10,77 % vol. Kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas pada putaran mesin 2000 rpm yaitu 2,81 % vol kemudian semakin sempit pada putaran 1500 sebesar 2,48 % vol dan range dari sebaran kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang yang paling sempit didapatkan pada putaran 2500 sebesar 0,42 % vol.

4. Kadar HC

Kadar HC yang paling kecil didapatkan pada pengaturan CO +30 di putaran mesin 2500 rpm yaitu sebesar 66 ppm vol dan kadar HC yang terbesar didapatkan pada pengaturan CO -20 di putaran 1500 rpm yaitu sebesar 442,5 ppm vol. Sebaran darta kadar HC yang terkandung dalam gas buang berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas pada putaran mesin 1500 rpm yaitu sebesar 325,5 ppm vol, kemudian semakin sempit pada putaran 2000 sebesar 239 ppm vol dan range dari sebaran kadar HC yang terkandung dalam gas buang yang paling sempit didapatkan pada putaran 2500 sebesar 176 ppm vol.

5. Kadar O₂

Kadar O₂ yang paling kecil didapatkan pada pengaturan CO +20 di putaran mesin 1500 rpm yaitu sebesar 2,72 % vol dan kadar O₂ yang terbesar didapatkan

pada pengaturan CO +10 di putaran 2500 rpm yaitu sebesar 4,69 % vol. Sebaran kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang berdasarkan pengaturan CO memiliki range yang paling luas pada putaran mesin 1500 rpm yaitu sebesar 3,95 % vol, kemudian semakin sempit pada putaran 2000 sebesar 2,32 % vol dan range dari sebaran kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang yang paling sempit didapatkan pada putaran 2500 sebesar 2,22 % vol.

6. Kesimpulan Umum

Kesimpulan umum yang dapat ditarik dari kesimpulan tentang sebaran data pada poin 1 sampai dengan 5 adalah, pengaturan CO berpengaruh besar pada lambda dan hasil uji emisi gas buang di putaran mesin rendah yaitu pada putaran 1500 rpm dan 2000 rpm.

B. SARAN

Kesimpulan yang ditarik dari penelitian ini menghasilkan saran-saran yang diharapkan dapat membantu dalam mengembangkan dan mengaplikasikan hasil penelitian yang sudah dilakukan, sebagai berikut:

1. Pengaturan CO disarankan untuk dilakukan sesuai dengan anjuran dari bengkel resmi, karena pengaturan CO berpengaruh besar pada putaran mesin rendah sehingga jika pengaturan CO dilakukan secara sembarangan dapat berpengaruh besar pada jumlah emisi yang dikeluarkan pada saat idle yaitu pada putaran mesin 1500 rpm dan saat akselerasi dari idle.
2. Pengaturan CO yang disarankan untuk menghemat bahan bakar maksimal dikurangi sampai dengan -10 karena pada -20 dan -30 putaran mesin tidak stabil sehingga dapat berpengaruh pada tenaga mesin.

3. Pengaturan CO yang disarankan untuk menaikkan tenaga mesin maksimal +10 karena jika penambahan dilakukan sampai dengan +20 atau +30 bahan bakar akan banyak yang terbuang percuma karena campuran terlalu *rich*.
4. Penelitian ini disarankan untuk dilanjutkan dengan penambahan variabel performa mesin, sehingga dapat diketahui juga pengaruh pengaturan CO terhadap performa mesin.
5. Penelitian lanjutan dari penelitian ini disarankan untuk mengetahui jumlah volume bahan bakar awal yang disemprotkan kedalam ruang bakar pada pengaturan CO standar sehingga konsumsi bahan bakar juga dapat diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Jogjakarta: Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Anonim. 2009. Ganti Knalpot Yamaha V-Ixion Harus Setting CO. <http://tekno.kompas.com/read/2009/05/11/09585268/ganti.knalpot.yamaha.v-ixion.harus.setting.co>. Diunduh pada (27 April 2015).
- Harjono dan Greg. Sukartono. 2012. Pengaruh Penambahan Tabung Udara pada Intake Manifold Sepeda Motor 4 Langkah terhadap Daya Mesin. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*. Yogyakarta: E-109 - E-113.
- Hidayatullah, Arif dan Alaika Salamulloh. 2012. *Servis Sistem Bahan Bakar Sepeda Motor*. Yogyakarta: Insania.
- Holley Inc. 2004. *Commander 950 Pro Total Engine Management System Electronic and Fuel Injection Manual*. USA: Holley Inc.
- Nugraha, Beni Setya. 2007. Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor. *Profesional Jurnal Ilmiah Populer Dan Teknologi Terapan*. Volume 5 Nomor 2: 692-706.
- Rizal, Masagus. 2013. *Konversi Energi*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia
- Suprptono. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumasan*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- Yamaha Indonesia Motor Manufacturing. 2007. *Manual Book Yamaha V-ixion*. Jakarta: PT. Yamaha Manufacturing.

Lampiran 1. Hasil penelitian divalidasi

DATA HASIL KEGIATAN PENELITIAN / TUGAS AKHIR MAHASISWA

Lampiran 2. Data hasil kegiatan penelitian divalidasi

NAMA : Panji Rohman Aziz
 NIM : 5201410066
 PRODI : Pendidikan Teknik Mesin S1
 PEMBIMBING : Drs. Ramelan M.T
 JUDUL PENELITIAN / TA : Pengaruh Pengaturan CO Pada ECU (Electronic Control Unit) Dengan Sistem Open Loop Terhadap Lambda dan Hasil Uji Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bermesin EFI (Electronic Fuel Injection) 1 Silinder 150 cc
 JANGKA WAKTU : 2 Hari / 20 - 21 November 2014
 TEMPAT PENELITIAN : Bengkel Teknik Mesin dan Bengkel Yamaha Dewi Sartika
 PLP AHLI PERTAMA : Wahyu Ady PK, ST

No	PEMERIKSAAN / PENELITIAN	HASIL			STANDART / KET
		RPM	% CO	λ	
1	Uji emisi pada pengaturan CO di ECU sebesar -30	1500	-	-	Mesin Tidak bisa langsam
		2000	-	-	Putaran mesin tidak stabil
		2500	-	-	Putaran mesin tidak stabil
2	Uji emisi pada pengaturan CO di ECU sebesar -20	1500	0,532	0,711	
		2000	-	-	Putaran mesin tidak stabil
		2500	0,904	0,810	
3	Uji emisi pada pengaturan CO di ECU sebesar -10	1500	0,290	0,686	
		2000	1,142	0,791	
		2500	0,819	0,816	
4	Uji emisi pada pengaturan CO di ECU sebesar 0 (Standart)	1500	1,765	0,775	
		2000	2,016	0,849	
		2500	1,287	0,777	
5	Uji emisi pada pengaturan CO di ECU sebesar +10	1500	1,852	0,924	
		2000	2,763	0,919	
		2500	0,784	0,795	
6	Uji emisi pada pengaturan CO di ECU sebesar +20	1500	3,002	0,969	
		2000	4,999	1,006	
		2500	1,453	0,827	
7	Uji emisi pada pengaturan CO di ECU sebesar +30	1500	5,010	1,007	
		2000	6,558	1,039	
		2500	0,898	0,813	

Semarang, 25 November 2014

Mengetahui:

PEMBIMBING

KA. LAB

MAHASISWA

Drs. Ramelan M.T

NIP. 195009151976031002

Rusvanto S.Pd., M.T.

NIP. 197403211999031002

Panji Rohman Aziz

NIM. 5201410066

Lampiran 3. Hasil uji emisi pada pengaturan CO -10

EXHAUST GAS ANALYSIS	EXHAUST GAS ANALYSIS	EXHAUST GAS ANALYSIS	EXHAUST GAS ANALYSIS	EXHAUST GAS ANALYSIS	EXHAUST GAS ANALYSIS
Serial no. 1711744	Serial no. 1711744	Serial no. 1711744	Serial no. 1711744	Serial no. 1711744	Serial no. 1711744
TECHNOST TYPE STRADA 898 DIRI 11955 8 REPORT N 545.0101.04.00 10/07/2004	TECHNOST TYPE STRADA 898 DIRI 11955 8 REPORT N 545.0101.04.00 10/07/2004	TECHNOST TYPE STRADA 898 DIRI 11955 8 REPORT N 545.0101.04.00 10/07/2004	TECHNOST TYPE STRADA 898 DIRI 11955 8 REPORT N 545.0101.04.00 10/07/2004	TECHNOST TYPE STRADA 898 DIRI 11955 8 REPORT N 545.0101.04.00 10/07/2004	TECHNOST TYPE STRADA 898 DIRI 11955 8 REPORT N 545.0101.04.00 10/07/2004
R P M 0 [1/min]	R P M 0 [1/min]	R P M 0 [1/min]	R P M 0 [1/min]	R P M 0 [1/min]	R P M 0 [1/min]
C O 1.031 [1 vol]	C O 0.865 [1 vol]	C O 0.774 [1 vol]	C O 0.384 [1 vol]	C O 0.276 [1 vol]	C O 1.253 [1 vol]
C O 2 9.53 [1 vol]	C O 2 10.16 [1 vol]	C O 2 10.24 [1 vol]	C O 2 9.25 [1 vol]	C O 2 9.01 [1 vol]	C O 2 9.47 [1 vol]
H C 107 [ppm vol]	H C 79 [ppm vol]	H C 64 [ppm vol]	H C 93 [ppm vol]	H C 141 [ppm vol]	H C 121 [ppm vol]
O 2 4.99 [1 vol]	O 2 4.27 [1 vol]	O 2 4.18 [1 vol]	O 2 6.29 [1 vol]	O 2 6.09 [1 vol]	O 2 4.96 [1 vol]
N O ---- [ppm vol]	N O ---- [ppm vol]	N O ---- [ppm vol]	N O ---- [ppm vol]	N O ---- [ppm vol]	N O ---- [ppm vol]
CO cor 1.464 [1 vol]	CO cor 1.176 [1 vol]	CO cor 1.054 [1 vol]	CO cor 0.477 [1 vol]	CO cor 0.445 [1 vol]	CO cor 1.752 [1 vol]
λ 1.272 (-)	λ 1.225 (-)	λ 1.224 (-)	λ 1.430 (-)	λ 1.483 (-)	λ 1.256 (-)
TEMP 74 (°C)	TEMP 74 (°C)	TEMP 74 (°C)	TEMP 74 (°C)	TEMP 72 (°C)	TEMP 73 (°C)
ENVIRONMENT CONDITIONS	ENVIRONMENT CONDITIONS	ENVIRONMENT CONDITIONS	ENVIRONMENT CONDITIONS	ENVIRONMENT CONDITIONS	ENVIRONMENT CONDITIONS
Temperature 32 (°C)	Temperature 33 (°C)	Temperature 33 (°C)	Temperature 31 (°C)	Temperature 32 (°C)	Temperature 32 (°C)
Pressure 983 (hPa)	Pressure 987 (hPa)	Pressure 982 (hPa)	Pressure 984 (hPa)	Pressure 983 (hPa)	Pressure 983 (hPa)
Rel. Humidity 58 (rHP)	Rel. Humidity 49 (rHP)	Rel. Humidity 49 (rHP)	Rel. Humidity 54 (rHP)	Rel. Humidity 57 (rHP)	Rel. Humidity 57 (rHP)
DATE: 20/11/2014	DATE: 20/11/2014	DATE: 20/11/2014	DATE: 20/11/2014	DATE: 20/11/2014	DATE: 20/11/2014
TIME: 11:35	TIME: 11:39	TIME: 11:42	TIME: 11	TIME: 11:30	TIME: 11:33
CAR DATA	CAR DATA	CAR DATA	CAR DATA	CAR DATA	CAR DATA
FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE
BRAND: VARRA VIXION	BRAND: VARRA VIXION	BRAND: VARRA VIXION	BRAND: VARRA VIXION	BRAND: VARRA VIXION	BRAND: VARRA VIXION
MODEL: -10/2500/2	MODEL: -10/2500/1	MODEL: -10/2500/2	MODEL: -10/2500/1	MODEL: -10/2500/1	MODEL: -10/2500/1
LIC. PLATE: 2010	LIC. PLATE: 2010	LIC. PLATE: 2010	LIC. PLATE: 2010	LIC. PLATE: 2010	LIC. PLATE: 2010
CHASSIS:	CHASSIS:	CHASSIS:	CHASSIS:	CHASSIS:	CHASSIS:
Ko:	Ko:	Ko:	Ko:	Ko:	Ko:
WORKSHOP	WORKSHOP	WORKSHOP	WORKSHOP	WORKSHOP	WORKSHOP
TOTOROTIF	TOTOROTIF	TOTOROTIF	TOTOROTIF	TOTOROTIF	TOTOROTIF
TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN
UNNES	UNNES	UNNES	UNNES	UNNES	UNNES
Gd. ES. KAMPUS DANES	Gd. ES. KAMPUS DANES	Gd. ES. KAMPUS DANES	Gd. ES. KAMPUS DANES	Gd. ES. KAMPUS DANES	Gd. ES. KAMPUS DANES
SEKARAN SURABAYA	SEKARAN SURABAYA	SEKARAN SURABAYA	SEKARAN SURABAYA	SEKARAN SURABAYA	SEKARAN SURABAYA
SEKARAN	SEKARAN	SEKARAN	SEKARAN	SEKARAN	SEKARAN
E. KAPITULAN R. 1	E. KAPITULAN R. 1	E. KAPITULAN R. 1	E. KAPITULAN R. 1	E. KAPITULAN R. 1	E. KAPITULAN R. 1
UNNES	UNNES	UNNES	UNNES	UNNES	UNNES

Lampiran 7. Hasil uji emisi pada pengaturan CO +30

Serial no	Serial no	Serial no	Serial no	Serial no	Serial no
<p>TECHNO TEST TYPE STARGAS 890 DIR: CL 155 8 PCFOP: N 545 (1711) 04 PM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 4.858 [1 vol] CO 2 8.56 [1 vol] HC 231 [ppm vol] O 2 3.30 [1 vol] NO ---- [ppm vol] CO cor 5.439 [1 vol] X 1.008 (-) TEMP. 75 (°C)</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS Temperature 34 (°C) Pressure 983 (hPa) Rel. Humidity 47 (HR) DATE: 21/11/2014 TIME: 11:05</p> <p>CAR DATA FUEL: GASOLINE BRAND: YARAH VIXION MODEL: +30/2000/2 LIC. PLATE: 1045 CHASSIS: No:</p> <p>WORKSHOP TOTOROTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KHUSUS UNNES SEKARAN, SURABAYA E-MAIL: TIF@UNNES WWW: WWW.TIFUNNES</p>	<p>TECHNO TEST TYPE STARGAS 890 DIR: CL 155 8 PCFOP: N 545 (1711) 04 PM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 4.162 [1 vol] CO 2 8.03 [1 vol] HC 262 [ppm vol] O 2 3.05 [1 vol] NO ---- [ppm vol] CO cor 7.338 [1 vol] X 1.008 (-) TEMP. 75 (°C)</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS Temperature 34 (°C) Pressure 983 (hPa) Rel. Humidity 48 (HR) DATE: 21/11/2014 TIME: 11:10</p> <p>CAR DATA FUEL: GASOLINE BRAND: YARAH VIXION MODEL: +30/2000/2 LIC. PLATE: 1045 CHASSIS: No:</p> <p>WORKSHOP TOTOROTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KHUSUS UNNES SEKARAN, SURABAYA E-MAIL: TIF@UNNES WWW: WWW.TIFUNNES</p>	<p>TECHNO TEST TYPE STARGAS 890 DIR: CL 155 8 PCFOP: N 545 (1711) 04 PM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 6.528 [1 vol] CO 2 6.63 [1 vol] HC 326 [ppm vol] O 2 4.40 [1 vol] NO ---- [ppm vol] CO cor 7.338 [1 vol] X 0.970 (-) TEMP. 76 (°C)</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS Temperature 34 (°C) Pressure 983 (hPa) Rel. Humidity 48 (HR) DATE: 21/11/2014 TIME: 11:13</p> <p>CAR DATA FUEL: GASOLINE BRAND: YARAH VIXION MODEL: +30/2000/2 LIC. PLATE: 1045 CHASSIS: No:</p> <p>WORKSHOP TOTOROTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KHUSUS UNNES SEKARAN, SURABAYA E-MAIL: TIF@UNNES WWW: WWW.TIFUNNES</p>	<p>TECHNO TEST TYPE STARGAS 890 DIR: CL 155 8 PCFOP: N 545 (1711) 04 PM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 6.589 [1 vol] CO 2 7.12 [1 vol] HC 287 [ppm vol] O 2 4.05 [1 vol] NO ---- [ppm vol] CO cor 7.289 [1 vol] X 0.953 (-) TEMP. 75 (°C)</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS Temperature 34 (°C) Pressure 983 (hPa) Rel. Humidity 48 (HR) DATE: 21/11/2014 TIME: 11:15</p> <p>CAR DATA FUEL: GASOLINE BRAND: YARAH VIXION MODEL: +30/2000/2 LIC. PLATE: 1045 CHASSIS: No:</p> <p>WORKSHOP TOTOROTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KHUSUS UNNES SEKARAN, SURABAYA E-MAIL: TIF@UNNES WWW: WWW.TIFUNNES</p>	<p>TECHNO TEST TYPE STARGAS 890 DIR: CL 155 8 PCFOP: N 545 (1711) 04 PM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 0.933 [1 vol] CO 2 18.49 [1 vol] HC 65 [ppm vol] O 2 4.03 [1 vol] NO ---- [ppm vol] CO cor 1.225 [1 vol] X 1.204 (-) TEMP. 76 (°C)</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS Temperature 34 (°C) Pressure 983 (hPa) Rel. Humidity 47 (HR) DATE: 21/11/2014 TIME: 11:18</p> <p>CAR DATA FUEL: GASOLINE BRAND: YARAH VIXION MODEL: +30/2000/2 LIC. PLATE: 1045 CHASSIS: No:</p> <p>WORKSHOP TOTOROTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KHUSUS UNNES SEKARAN, SURABAYA E-MAIL: TIF@UNNES WWW: WWW.TIFUNNES</p>	<p>TECHNO TEST TYPE STARGAS 890 DIR: CL 155 8 PCFOP: N 545 (1711) 04 PM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 0.864 [1 vol] CO 2 18.19 [1 vol] HC 55 [ppm vol] O 2 4.67 [1 vol] NO ---- [ppm vol] CO cor 1.173 [1 vol] X 1.201 (-) TEMP. 76 (°C)</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS Temperature 34 (°C) Pressure 983 (hPa) Rel. Humidity 47 (HR) DATE: 21/11/2014 TIME: 11:21</p> <p>CAR DATA FUEL: GASOLINE BRAND: YARAH VIXION MODEL: +30/2000/2 LIC. PLATE: 1045 CHASSIS: No:</p> <p>WORKSHOP TOTOROTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KHUSUS UNNES SEKARAN, SURABAYA E-MAIL: TIF@UNNES WWW: WWW.TIFUNNES</p>