

**PERBEDAAN PENGGUNAAN O_2 SENSOR TERHADAP KANDUNGAN
EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Menyelesaikan Pendidikan Strata Satu*



Oleh

**Elvan Vandiwani
NIM. 13846 / 2009**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PERBEDAAN PENGGUNAAN O_2 SENSOR TERHADAP KANDUNGAN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH

Nama : Elvan Vandiwani
NIM : 13846
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Pembimbing I



Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd
NIP. 19600303 198503 1 001

Pembimbing II



Donny Fernandez, S.Pd, M. Sc
NIP. 19790118 200312 1 003

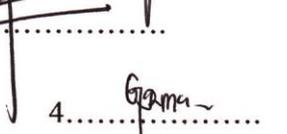
PENGESAHAN SKRIPSI

*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*

**Judul : Perbedaan Penggunaan O_2 Sensor Terhadap Kandungan Emisi
Gas Buang Pada Sepeda Motor 4 Langkah**

Nama : Elvan Vandiwani
NIM/BP : 13846/2009
Jenjang Program : Strata Satu
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, Mei 2014

Tim Penguji	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd	1..... 
Sekretaris	: Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc	2..... 
Anggota	: Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd	3..... 
	: Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng	4..... 

ABSTRAK

Elvan Vandiwana : Perbedaan Penggunaan O_2 Sensor Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 4 Langkah

O_2 Sensor merupakan suatu sensor pada sistem komputer otomotif yang dipasang pada *Exhaust manifold* untuk mengukur kandungan oksigen hasil pembakaran kemudian mengirimkan informasi/sinyal dalam bentuk tegangan ke ECU, sehingga ECU bisa mengatur campuran bahan bakar dan udara yang ideal dan mengakibatkan emisi gas buang jadi lebih rendah atau ramah lingkungan. Beberapa sepeda motor belum dilengkapi dengan alat atau sistem yang berfungsi untuk mereduksi emisi gas buang, sehingga gas-gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) masih tinggi. Hal tersebut dapat terjadi juga karena campuran bahan bakar dan udara tidak ideal sehingga dapat mengakibatkan pembakaran tidak sempurna. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perbedaan penggunaan O_2 Sensor terhadap kandungan emisi gas buang sepeda motor 4 langkah.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 4 Januari 2014 dengan menggunakan sepeda motor Yamaha New V-Ixion 150 cc tahun 2013 dan menggunakan bahan bakar pertamax. Untuk pengujian emisi gas buang dilakukan pada putaran mesin 1500 rpm, 1750 rpm, 2000 rpm, 2250 rpm dan 2500 rpm. Adapun variabel bebas dari penelitian ini adalah menggunakan O_2 Sensor dan tidak menggunakan O_2 Sensor dan variabel terikatnya adalah emisi gas buang CO dan HC. Pengambilan data dilakukan 3 kali pada setiap putaran.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penggunaan O_2 Sensor dapat menurunkan emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) dibandingkan dengan pada saat tidak menggunakan O_2 Sensor. CO pada Rpm 1500 penurunannya 15,4 %, CO Rpm 1750 penurunannya 5,9 %, CO Rpm 2000 penurunannya 16,1 %, CO Rpm 2250 penurunannya 35,9 % dan CO Rpm 2500 penurunannya 57,8 %. HC Rpm 1500 penurunannya 17,02 %, HC Rpm 1750 penurunannya 36,8 %, HC Rpm 2000 penurunannya 28,9 %, HC Rpm 2250 penurunannya 28,7 % dan HC Rpm 2500 penurunannya 27 %. Semakin tinggi putaran mesin maka emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) semakin rendah, hal ini berlaku pada saat menggunakan O_2 Sensor atau tidak. Kemudian menggunakan uji t yang menunjukkan hasil t_{hitung} lebih besar daripada t_{tabel} . Hasil uji t emisi gas buang CO didapatkan t_{hitung} (6,78) > lebih besar dari t_{tabel} (2,920) dan hasil uji t emisi gas buang HC didapatkan t_{hitung} (6,426) > lebih besar dari t_{tabel} (2,920), yang menunjukkan hasil perbedaan yang ditimbulkan dari data signifikan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang positif dan signifikan penggunaan O_2 Sensor terhadap kandungan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah, sesuai dengan hipotesis penelitian.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wr.wb

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur Peneliti ucapkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga akhirnya Peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Perbedaan Penggunaan O_2 Sensor Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 4 Langkah”** yang mana merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S-1) pada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan skripsi ini, Peneliti menyadari bahwa tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, Peneliti belumlah tentu dapat menyelesaikannya. Untuk itu ucapan terima kasih Peneliti haturkan kepada:

1. Bapak Prof. H. Ganefri, M.Pd, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
3. Bapak Drs. M. Nasir, M.Pd selaku Penasehat Akademik.
4. Bapak Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd selaku Pembimbing I.
5. Bapak Donny Fernandez S.Pd, M.Sc selaku Pembimbing II.
6. Teristimewa untuk kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat, dorongan dan motivasi sehingga Peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang.
8. Seterusnya kepada semua pihak yang telah membantu demi kelancaran skripsi ini.

Peneliti sangat menyadari bahwa dalam skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga Peneliti sangat mengharapkan saran serta kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya Peneliti berharap agar skripsi ini dapat memberikan sumbangan, pemikiran dan informasi yang bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa serta para pembaca pada umumnya.

Wassalam....

Padang, April 2014

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Asumsi Penelitian	7
G. Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Landasan Teori.....	9
B. Penelitian Yang Relevan	25
C. Kerangka Konseptual	26
D. Hipotesis Penelitian.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Desain Penelitian.....	28
B. Defenisi Operasional dan Variable Penelitian	29
C. Objek Penelitian	31
D. Jenis dan Sumber Data	32
E. Instrument Pengumpulan Data.....	32

F. Prosedur Penelitian.....	33
G. Teknik dan Alat Pengumpul Data	33
H. Teknik Analisis Data.....	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
A. Hasil Penelitian	37
B. Pembahasan	44
BAB V PENUTUP	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kosentrasi CO di perkotaan tahun 2011-2012	2
2. Kosentrasi HC di perkotaan tahun 2011-2012	2
3. Grafik Air Fuel Ratio dan Emisi Gas Buang	12
4. Bentuk Pembakaran dan Perambatan Api.....	14
5. Pembakaran Sempurna.....	15
6. Pembakaran dengan Detonasi	17
7. FI Sistem Yamaha New V-Ixion.....	19
8. Posisi pemasangan Oksigen sensor	21
9. Konstruksi Oksigen sensor	21
10. <i>O₂ Sensor</i> Yamaha New V-Ixion	22
11. Prinsip Kerja <i>O₂ Sensor</i>	23
12. Tegangan yang Dihasilkan <i>O₂ Sensor</i> dan A/F sensor	24
13. Alur Proses penelitian	29
14. Grafik Penggunaan <i>O₂ Sensor</i> Terhadap Hasil Emisi Gas Buang CO	39
15. Grafik Penggunaan <i>O₂ Sensor</i> Terhadap Hasil Emisi Gas Buang HC.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pertumbuhan Jumlah Kendaraan Bermotor Di Indonesia Tahun 2008-2012	3
2. Pertumbuhan Jumlah Kendaraan Bermotor Di Sumatera Barat Tahun 2010-2012	4
3. Spesifikasi <i>O₂ Sensor</i> Yamaha New V-Ixion	25
4. Pola Penelitian	29
5. Spesifikasi Dari Sepeda Motor Yamaha New V-Ixion	31
6. Data Hasil Pengujian Kandungan Kadar Emisi Gas Buang CO dan HC Yamaha New V-Ixion tanpa <i>O₂ Sensor</i>	34
7. Data Hasil Pengujian Kandungan Kadar Emisi Gas Buang CO dan HC Yamaha New V-Ixion yang dilengkapi <i>O₂ Sensor</i>	34
8. Rata-rata hasil pengujian emisi gas buang	35
9. Data Hasil Penelitian Uji Kandungan Emisi Gas Buang HC dan CO Pada Sepeda Motor Yamaha New V-Ixion Menggunakan <i>O₂ Sensor</i>	37
10. Data Hasil Penelitian Uji Kandungan Emisi Gas Buang CO dan HC Pada Sepeda Motor Yamaha New V-Ixion Tidak Menggunakan <i>O₂ Sensor</i>	38
11. Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO	39
12. Analisis Data Hasil Pengujian Kadar CO Dengan Menggunakan Uji t	40
13. Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC	41
14. Analisis Data Hasil Pengujian Kadar HC Dengan Menggunakan Uji t	43

DAFTAR LAMPIRAN

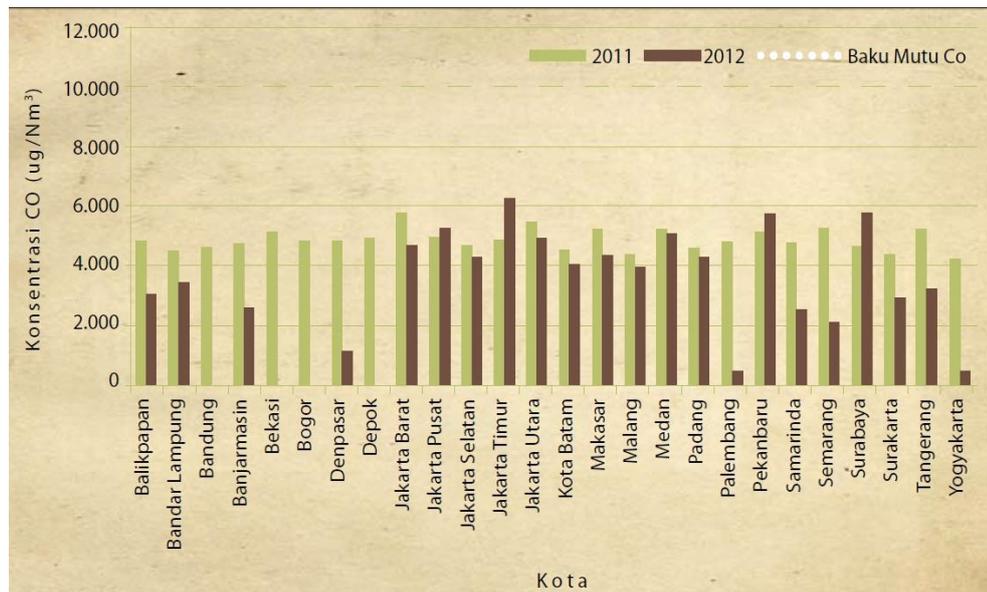
Lampiran	Halaman
1. Data Pendukung	54
2. Surat Izin Penelitian	57
3. Surat Pernyataan Penelitian	58
4. Data Hasil Penelitian	59
5. Menghitung Standar Deviasi	60
6. Mencari t Hitung	63
7. Tabel Distribusi	67
8. Analisis Persentase Peningkatan dan Penurunan Emisi Gas Buang	68
9. Dokumentasi Penelitian	72

BAB I PENDAHULUAN

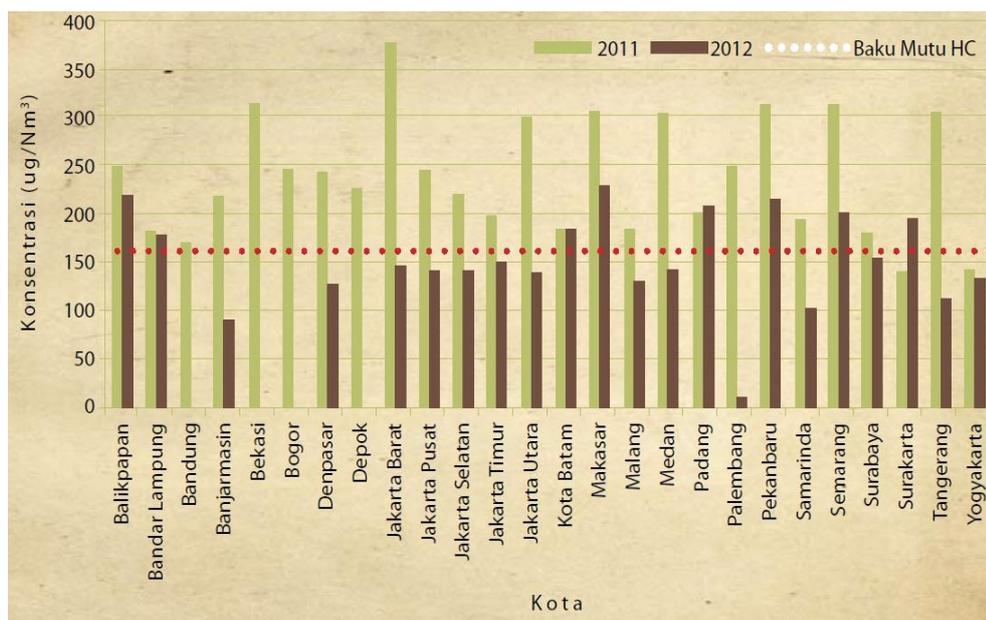
A. Latar Belakang

Peningkatan polusi udara saat ini semakin meningkat. Polusi udara tersebut dihasilkan dari beberapa sektor, salah satunya sektor transportasi dan merupakan sumber polusi yang utama. Polusi udara dari sektor transportasi atau yang biasa disebut emisi gas buang, sebagian besar merupakan gas yang berbahaya bagi kesehatan manusia apabila masuk ke dalam tubuh melebihi batas normal yang ditetapkan. Srikandi (1992: 93) “Sumber polusi yang utama berasal dari sektor transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari Karbon Monoksida (CO) dan sekitar 15% terdiri dari Hidrokarbon (HC)”. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menyebabkan emisi gas buang yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Perlu adanya tindakan nyata untuk mencegah pencemaran udara semakin memburuk.

Pencemaran udara yang umum dihasilkan dari proses pembakaran mesin dengan bahan bakar bensin adalah Karbon Monoksida (CO) dan Hidro karbon (HC). Menurut data dari Kementerian Lingkungan hidup dalam buku Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012 (2012: 9) di bawah ini dapat dilihat konsentrasi CO dan HC dari beberapa kota di Indonesia.



Gambar 1. Kosentrasi CO di perkotaan tahun 2011-2012
(Kementerian Lingkungan Hidup,2012: 15)



Gambar 2. Kosentrasi HC di perkotaan tahun 2011-2012
(Kementerian Lingkungan Hidup,2012: 17)

Peningkatan emisi gas tersebut dikarenakan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor setiap tahunnya yang cukup pesat. Walaupun demikian hal tersebut merupakan salah satu indikasi bahwa sektor transportasi di

Indonesia memegang peranan penting yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Pertumbuhan jumlah ini juga sekaligus mencerminkan tingkat pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk yang selama ini terus berlangsung. Jelas moda transportasi juga ikut bertambah setiap tahunnya seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Pesatnya perkembangan sektor transportasi membawa dampak meningkatnya tingkat polusi di udara, kemacetan lalu lintas, meningkatnya jumlah penggunaan bahan bakar minyak.

Di sektor transportasi jumlah kendaraan baik kendaraan roda dua maupun roda empat terus mengalami pertumbuhan setiap tahunnya. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kementerian Perhubungan menjelaskan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2008 sampai 2012.

Tabel 1. Pertumbuhan Jumlah Kendaraan Bermotor Di Indonesia Tahun 2008-2012

Tahun	Mobil Penumpang (Unit)	Truk (Unit)	Bus (Unit)	Sepeda Motor (Unit)
2008	10.779.687	6.025.023	3.870.741	51.697.879
2009	11.828.229	6.225.588	4.223.677	59.447.626
2010	12.135.131	6.170.205	3.270.847	59.415.450
2011	13.329.615	6.658.055	3.683.304	65.724.861
2012	10.166.817	5.062.424	2.460.420	74.613.566
Rata-rata Pertumbuhan	8.91%	7.63%	8.69%	9.52%

Sumber: Kementerian Perhubungan (2012: 9)

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Sumatera Barat juga mengalami peningkatan. Berdasarkan data yang diperoleh dari BPS Sumatera Barat menjelaskan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2010 sampai 2012.

Tabel 2. Pertumbuhan Jumlah Kendaraan Bermotor Di Sumatera Barat Tahun 2010-2012

Jenis Kendaraan	2010	2011	2012	Rata-rata Pertumbuhan
Sedan	15.802	16.832	17.525	6,12 %
Jeep	10.341	11.102	11.846	6,85 %
SW / Mini Bus	83.833	92.970	101.086	9,83 %
Micro Bus	2.185	2.136	2.110	-2,29 %
Bus	249	256	208	2,73 %
Pick Up	28.961	32.917	35.349	12,02 %
Light Truck	15.814	17.504	19.916	9,65 %
Truck	10.378	11.631	9.986	10,77 %
Sepeda Motor	695.991	798.495	769.735	12,84 %
Alat Berat	89	110	85	19,09 %

Sumber: Badan Pusat Statistik Sumatera Barat (2013)

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dapat mengakibatkan peningkatan pada konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia yang bersumber dari bahan bakar fosil yang nantinya akan habis atau sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Dengan peningkatan jumlah konsumsi bahan bakar seperti ini Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas) targetkan menekan penggunaan Bahan Bakar Minyak bersubsidi sebesar 2,2 juta Kilo Liter (KL) di tahun 2013 (www.republika.co.id).

Sehubungan dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor dan Bahan Bakar Minyak, hal ini akan menyebabkan peningkatan emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dikarenakan pada kendaraan bermotor terjadi proses pembakaran yang nantinya proses pembakaran

tersebut akan dikeluarkan oleh kendaraan bermotor berupa gas buang. Menurut Wardan (1989: 252) mengemukakan bahwa “Mekanisme pembakaran sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran dimana atom-atom dari komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen dan membentuk produk yang berupa gas”.

Salah satu jenis kendaraan bermotor yang juga berperan dalam peningkatan emisi gas buang pada saat ini adalah sepeda motor. Sepeda motor merupakan kendaraan bermotor yang paling banyak digunakan dan meningkat setiap tahunnya. Penggunaan sepeda motor sekarang ini menjadi alat transportasi yang sangat diminati masyarakat, selain harganya yang terjangkau bagi setiap kalangan, sepeda motor saat ini memiliki berbagai model, merek dan keunggulan yang diberikan oleh setiap produsen sepeda motor. Hal ini dapat menarik minat para masyarakat untuk memiliki kendaraan bermotor tersebut.

Untuk mengurangi emisi seharusnya kendaraan bermotor termasuk sepeda motor dilengkapi sistem yang berfungsi untuk mereduksi emisi seperti *Catalytic converter* dan *O₂ Sensor*. Hal yang terjadi di lapangan, masih banyak sepeda motor yang tidak dilengkapi *O₂ Sensor*. Hasil observasi Peneliti pada tanggal 12 Desember 2013 di tiga Dealer Resmi merk sepeda motor yaitu Yamaha, Honda dan Suzuki. Terdapat 30 merk sepeda motor dari ketiga pabrikan tersebut hanya 6 merk sepeda motor sudah dilengkapi *O₂ Sensor* dan 24 merk sepeda motor lainnya tidak dilengkapi *O₂ Sensor*.

Menurut Halderman (2012: 442) “*O₂ sensor* merupakan suatu sensor pada sistem komputer otomotif yang dipasang pada saluran buang untuk mengukur kandungan oksigen hasil pembakaran”. Dalam TTA Indonesia tahun 2004 menyatakan “*O₂ sensor* berfungsi mendeteksi kadar oksigen dalam exhaust manifold kemudian mengirimkan informasi/sinyal dalam bentuk tegangan ke ECU, sehingga ECU bisa mengatur campuran bahan bakar dan udara yang ideal”. Adanya *O₂ sensor* tersebut mengakibatkan emisi gas buang menjadi lebih ramah lingkungan atau lebih rendah emisi. Berdasarkan uraian di atas, maka Peneliti tertarik meneliti perbedaan penggunaan *O₂ Sensor* terhadap kandungan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan sebelumnya, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor mengakibatkan peningkatan pada konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia yang bersumber dari bahan bakar fosil yang nantinya akan habis atau disebut sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui.
2. Penggunaan sepeda motor terus mengalami peningkatan maka akan berdampak peningkatan emisi gas buang.
3. Masih banyak sepeda motor yang tidak dilengkapi *O₂ sensor*.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih fokus dan terarah, maka permasalahan yang akan dibahas dibatasi pada “perbedaan penggunaan *O₂ sensor* terhadap kandungan kandungan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah”.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka masalah dapat dirumuskan yaitu bagaimanakah perbedaan penggunaan *O₂ sensor* terhadap kandungan kandungan emisi gas buang pada sepeda motor 4 Langkah?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui perbedaan penggunaan *O₂ sensor* terhadap kandungan kandungan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah.

F. Asumsi Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dikemukakan di atas, maka beberapa asumsi yang perlu peneliti kemukakan dalam penelitian ini:

1. Alat ukur yang dipergunakan adalah alat ukur yang telah distandarkan dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Kondisi operasi mesin pada waktu pengukuran dianggap telah mewakili kondisi sebenarnya dilapangan.
3. Kondisi temperatur mesin saat pengujian dianggap telah sesuai dengan temperatur kerja operasional mesin yaitu pada 85⁰C.
4. Sepeda motor yang akan diuji telah distandarkan terlebih dahulu.

G. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk meningkatkan wawasan bagi pembaca mengenai perbedaan penggunaan *O₂ sensor* terhadap kandungan kandungan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan referensi dalam mengembangkan pengetahuan dalam dunia otomotif dan penelitian lebih lanjut.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Emisi Gas Buang

Menurut Pulkrabek (2004: 277) menyatakan bahwa “Emisi gas buang dapat mencemari lingkungan dan berkontribusi terhadap pemanasan global, hujan asam, kabut asap, bau dan gangguan pada pernafasan. Penyebab utamanya adalah pembakaran yang tidak sempurna dengan pemisahan nitrogen dan kotoran dalam bahan bakar dan udara”.

Selanjutnya menurut Bonnick (2008: 188) menyatakan bahwa:

Emisi gas buang adalah hasil dari proses pembakaran, dalam keadaan ideal, produk dari knalpot adalah karbon dioksida, uap air dan nitrogen, namun berkat dari berbagai kondisi mesin gas buang mengandung gas dan bahan lain seperti:

- a. CO, karena campuran terlalu kaya dan kurang sempurna pembakaran.
- b. NO_x, akibat suhu yang sangat tinggi.
- c. HC, akibat kurang sempurna pembakaran.
- d. SO₂, timbul akibat dari pembakaran motor diesel.

Srikandi (1992: 93) menyatakan bahwa “Sumber polusi yang utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon”.

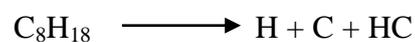
Berdasarkan beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa emisi gas buang adalah hasil dari proses pembakaran yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu pernafasan. Emisi gas buang dari transportasi merupakan sumber polusi yang utama.

a. Hidrokarbon

Srikandi (1992: 113) menjelaskan “Komponen hidrokarbon hanya terdiri dari elemen hidrogen dan karbon. Beribu-ribu komponen hidrokarbon terdapat di alam, dimana pada suhu kamar terdapat tiga bentuk yaitu gas, cair dan padat”. Srikandi (1992:114) menjelaskan bahwa “Hidrokarbon yang sering menimbulkan masalah dalam polusi udara adalah yang berbentuk gas pada suhu atmosfer normal atau hidrokarbon yang bersifat sangat volatile (mudah berubah menjadi gas) pada suhu tertentu”.

I Gusti (2002: 96) menjelaskan bahwa ”Hidrokarbon (HC) merupakan gas yang tidak begitu merugikan manusia, akan tetapi merupakan penyebab terjadinya kabut campuran asap (*smog*). Pancaran hidrokarbon yang terdapat pada gas buang berbentuk gasoline yang tidak terbakar”.

Bagus dan M Subri (2005:90) menjelaskan bahwa bahan bakar yang terbakar dan keluar menjadi minyak mentah dinyatakan alam HC atau normal heksana (C_6H_{14}). Persamaannya yaitu:



Unsur C dari persamaan di atas adalah sisa pembakaran yang ada pada dinding ruang bakar berupa arang. Emisi HC banyak bersumber dari ruang pembakaran atau silinder yaitu pergerakan piston saat melakukan 4 langkah kerja mesin.

b. Karbon Monoksida

Srikandi (1992: 94) mengemukakan bahwa “Karbon monoksida (CO) adalah suatu komponen yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu diatas 192⁰C. komponen ini mempunyai berat sebesar 95.5% dari berat air dan tidak larut di dalam air”. Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses yaitu:

- 1) Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- 2) Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- 3) Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan Oksigen.

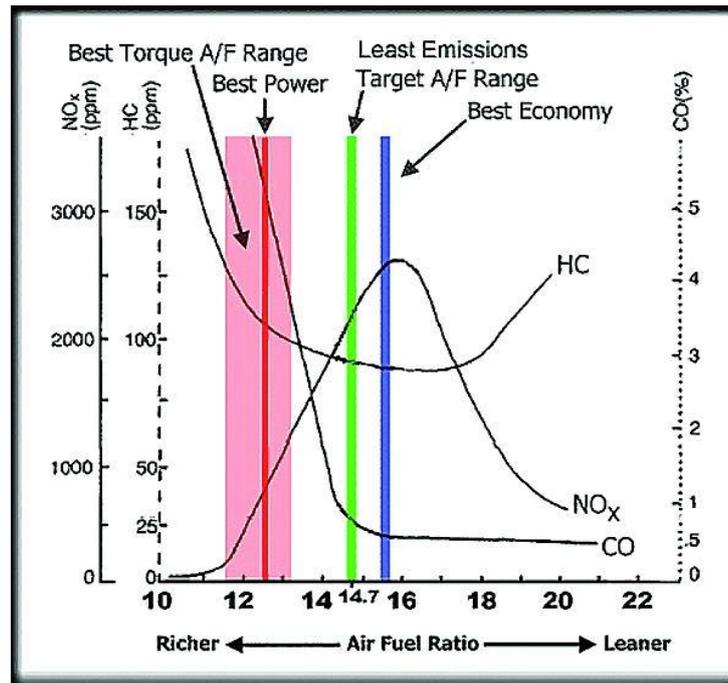
Secara sederhana pembakaran karbon dalam minyak bakar terjadi melalui beberapa tahap yaitu:



I Gusti (2002:96) menjelaskan “Karbon monoksida (CO) sebagai gas yang cukup banyak terdapat di udara, dimana gas ini terbentuk adanya suatu pembakaran yang tidak sempurna”.

Jalius Jama, dkk (2008:5) menjelaskan “gas karbon monoksida ini adalah racun, masuk ke dalam paru-paru melalui pernafasan yang dapat mematikan manusia”.

Gambar grafik berikut menjelaskan hubungan antara perbandingan campuran bahan bakar dan udara (AFR) dengan kandungan emisi gas buang serta torsi dan tenaga yang dihasilkan oleh suatu mesin.



Gambar 3. Grafik *Air Fuel Ratio* dan Emisi Gas Buang (Sher, 1998: 124)

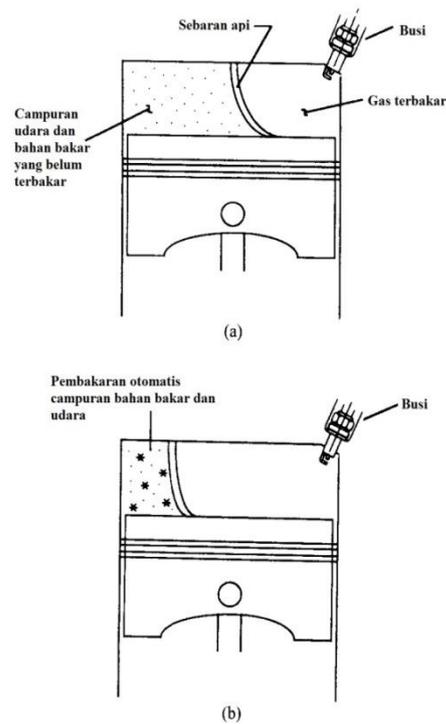
Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa kandungan emisi gas buang CO tertinggi terjadi pada saat campuran bahan bakar dan udara gemuk ($\lambda < 1$), kandungan emisi gas buang HC tertinggi juga terjadi pada saat campuran bahan bakar dan udara gemuk, sedangkan kandungan emisi gas buang NO_x tertinggi terjadi pada saat campuran kurus ($\lambda > 1$). Pada saat campuran gemuk menghasilkan torsi dan tenaga terbaik.

2. Proses Pembakaran

Menurut Turns (2000: 6) menyatakan “Defenisi dari pembakaran sebagai oksidasi cepat menghasilkan panas dan cahaya, dan juga oksidasi lambat disertai dengan relatif sedikit panas dan tidak ada cahaya”. Berdasarkan pendapat Heywood (1988: 372) menyatakan bahwa “Pembakaran terbagi menjadi empat tahap yang berbeda yaitu pemicu pengapian, pengembangan awal api, perambatan api, pemutusan api”. Menurut Gupta (2009: 158) menyatakan bahwa “Pembakaran dalam silinder terjadi ketika campuran udara dan bahan bakar yang dinyalakan oleh percikan bunga api dan ditandai dengan cepatnya rambatan bunga api yang mulai dari titik pengapian dan menyebar ke seluruh ruangan pembakaran”.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas dapat diambil kesimpulan bahwa pembakaran adalah sebuah proses oksidasi cepat yang menghasilkan panas dan cahaya yang diikuti oleh oksidasi lambat dengan sedikit panas dan cahaya. Proses tersebut terjadi di dalam silinder ketika campuran bahan bakar dan udara yang dinyalakan oleh percikan bunga api yang berasal dari busi. Bunga api akan merambat ke seluruh ruang bakar dan membakar seluruh campuran udara dan bahan bakar. Pada gambar 4 dapat terlihat empat proses pembakaran yang diantaranya adalah pemicu pengapian, pengembangan awal api, perambatan api dan pemutusan api. Gambar (a) dapat kita lihat bahwa pembakaran terjadi dengan diawali dengan percikan dari busi yang menyebabkan campuran bahan bakar dan

udara menjadi panas, sehingga panasnya merambat ke seluruh ruangan pembakaran dalam bentuk sebaran api yang membuat suhu dalam ruang pembakaran naik. Sebaran api akan membakar seluruh campuran bahan bakar dan udara pada gambar (b).

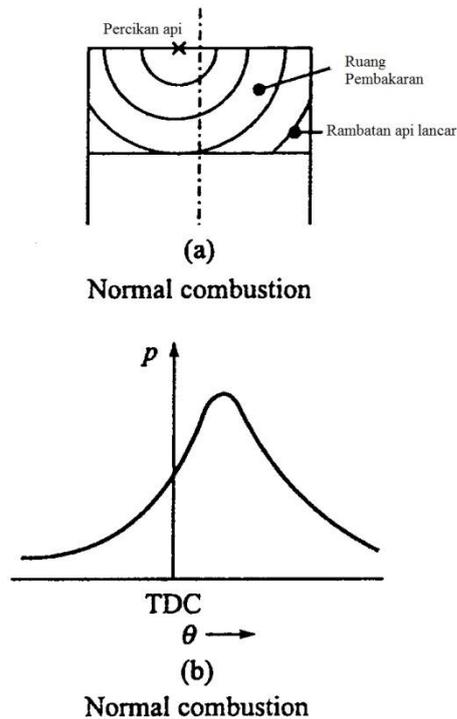


Gambar 4. Bentuk Pembakaran dan Perambatan Api
(Turns, 2000: 7)

Ada dua kemungkinan yang dapat terjadi pada pembakaran motor bensin yaitu:

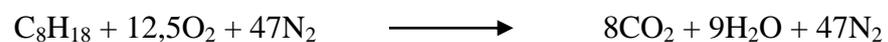
a. Pembakaran Sempurna (Normal)

Menurut Gupta (2009: 159) menyatakan “Pembakaran disebut normal ketika penyebaran nyala api berlanjut ke ujung dari ruang pembakaran tanpa ada perubahan secara mendadak atau secara teratur dalam bentuk dan kecepatannya”.



Gambar 5. Pembakaran Sempurna
Gupta (2009: 171)

Menurut Heywood (1988: 375) menyatakan bahwa “Pembakaran normal di mana percikan bunga api dari busi yang menyalakan api dan bergerak terus keruang pembakaran sampai semua terbakar dengan sempurna”. Menurut Pulkrabek (2004: 140) pembakaran stoikiometri adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut dapat dilihat bahwa proses pembakaran yang baik atau *Carbon* (C_8) dibakar seluruhnya menjadi 8CO_2 sedangkan Hidrogen (H_{18}) dibakar seluruhnya menjadi $9\text{H}_2\text{O}$. Tahap terjadinya pembakaran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar berlangsung sangat singkat dan cepat.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa pembakaran di dalam selinder disebut normal ketika percikan bunga api dari busi menimbulkan nyala api dan merambat ke seluruh selinder dengan kecepatan dan bentuk yang merata sehingga dapat membakar habis campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder.

b. Pembakaran Tidak Sempurna

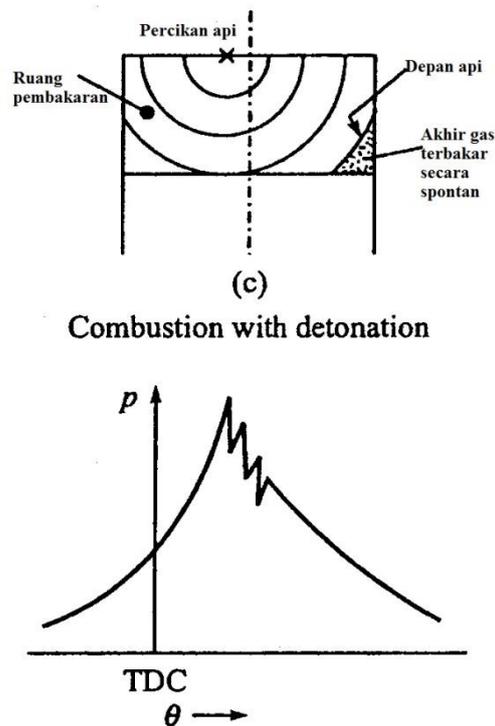
1) Detonasi/*knocking*/ketukan/*noise*

Menurut Turns (2000: 598) menyatakan bahwa “Detonasi adalah gelombang kejut yang dihasilkan dari energi yang dilepaskan dari proses pembakaran. Menurut Bonnick (2008: 185) menyatakan bahwa:

Detonasi ditandai dengan bunyi ketukan dan kehilangan performa mesin. Ketukan itu muncul setelah percikan bunga api dari busi terjadi dan hal itu disebabkan oleh daerah tekanan tinggi yang muncul ketika api menyebar seluruh muatan dalam silinder secara tidak merata. Api menyebar ke daerah bertekanan tinggi dan temperatur yang menyebabkan unsur untuk membakar lebih cepat daripada ledakan muatan utama. Detonasi dipengaruhi oleh Faktor desain mesin seperti turbulensi, panas aliran, dan bentuk ruang pembakaran. Kualitas bahan bakar, seperti nilai oktan, juga memiliki efek. Detonasi dapat menyebabkan peningkatan emisi CO, NO_x dan HC.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas maka dapat disimpulkan bahwa detonasi adalah gelombang kejut yang dihasilkan dari proses pembakaran yang ditandai dengan hilangnya tenaga mesin dan adanya bunyi ketukan. Ketukan ini terjadi setelah

percikan bunga api dari busi yang disebabkan oleh tingginya temperatur sehingga sebaran api tidak merata. Detonasi terjadi disebabkan oleh desain mesin seperti turbulensi, aliran panas dan bentuk ruang bakar. Kualitas bahan bakar dan angka oktan juga sangat berpengaruh terhadap terjadinya detonasi.



Gambar 6. Pembakaran dengan Detonasi
(Gupta 2009: 171)

2) Pre ignition

Menurut Gupta (2009: 173) menyatakan bahwa “Pre-ignition adalah penyalan campuran bahan bakar dan udara yang disebabkan oleh permukaan panas di dalam ruang pembakaran sebelum terjadinya pengapian normal”. Menurut Bonnick (2008: 185-186) menyatakan “Pre-ignition ditandai dengan suara

lengkingan yang tinggi, yang dikeluarkan saat pembakaran terjadi sebelum percikan api dari busi, disebabkan oleh daerah suhu tinggi”.

Berdasarkan pendapat di atas maka dapat disimpulkan bahwa pre-ignition adalah pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang terjadi akibat suhu tinggi. Hal ini disebabkan dengan adanya permukaan panas di ruang bakar sebelum adanya percikan bunga api yang berasal dari busi.

3. Sistem EFI

Wahyu (2012: 122) mengemukakan bahwa “ Sistem EFI ialah sistem bahan bakar yang dikendalikan sistem listrik/elektrik dengan rangkaian elektronik”. Urip (2011: 35) mengemukakan bahwa “ EFI memiliki dua peralatan yang berbeda untuk mengukur volume udara yang masuk dan bahan bakar yang diinjeksikan. Volume udara yang masuk diukur oleh sebuah sensor (*Air Flow Meter*) dan signal yang diperoleh dikirim ke ECU (*Electronic Control Unit*)”.

Yamaha (2007:1-2) menjelaskan bahwa “*Fuel Injection* (FI) secara elektronik mampu menghasilkan perbandingan udara dan bahan bakar yang lebih optimum di setiap saat”.

Jalius Jama, dkk (2008:267) menjelaskan bahwa:

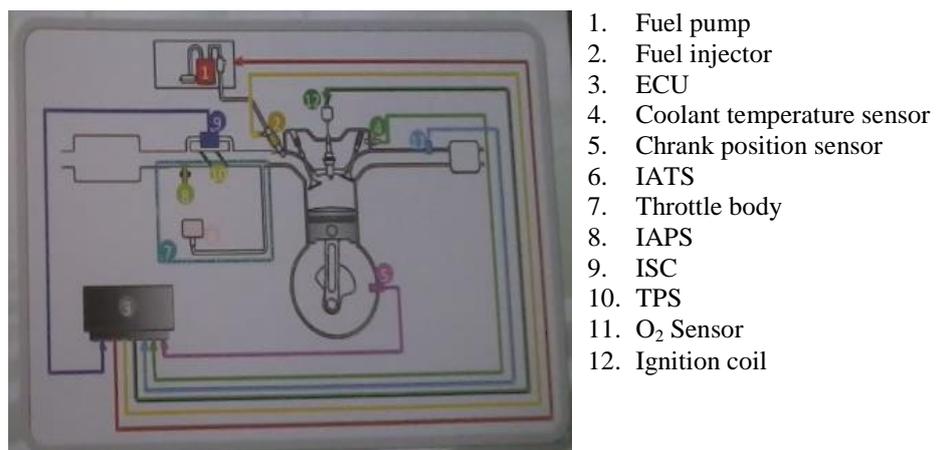
“Penggantian sistem bahan bakar konvensional ke sistem EFI dimaksudkan agar dapat meningkatkan unjuk kerja dan tenaga mesin (*power*) yang lebih baik, akselerasi yang lebih stabil pada setiap putaran mesin,

pemakaian bahan bakar yang ekonomis (irit), dan menghasilkan kandungan racun (emisi) gas buang yang lebih ramah terhadap lingkungan”.

FI Sistem Yamaha V-ixion

Menurut Yamaha (2007:1-3) menjelaskan bahwa:

“*Fuel pump* mensuplai bahan bakar ke injector melalui *fuel filter*. *Pressure regulator* berfungsi menjaga supaya tekanan bahan bakar ke injector tetap constant hanya 250 kPa (250kg/35.6 psi) ketika ECU memberikan sinyal kepada injector, *fuel passage* terbuka, sehingga sejumlah bahan bakar terinjeksi ke dalam *intake manifold*. Semakin lama injector diberikan sinyal (durasi injeksi), semakin banyak bahan bakar yang di suplai. Semakin pendek waktu injector diberikan sinyal, semakin sedikit bahan bakar yang di suplai. Durasi injeksi dan timing injeksi semuanya di kontrol oleh ECU, berdasarkan masukan dari sinyal-sinyal yang diperoleh dari *throttle position sensor*, *chrankshaft position sensor*, *intake air pressure sensor*, *intake air temperature sensor*, *lean angle sensor* dan *coolant temperature 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 pengendara”.



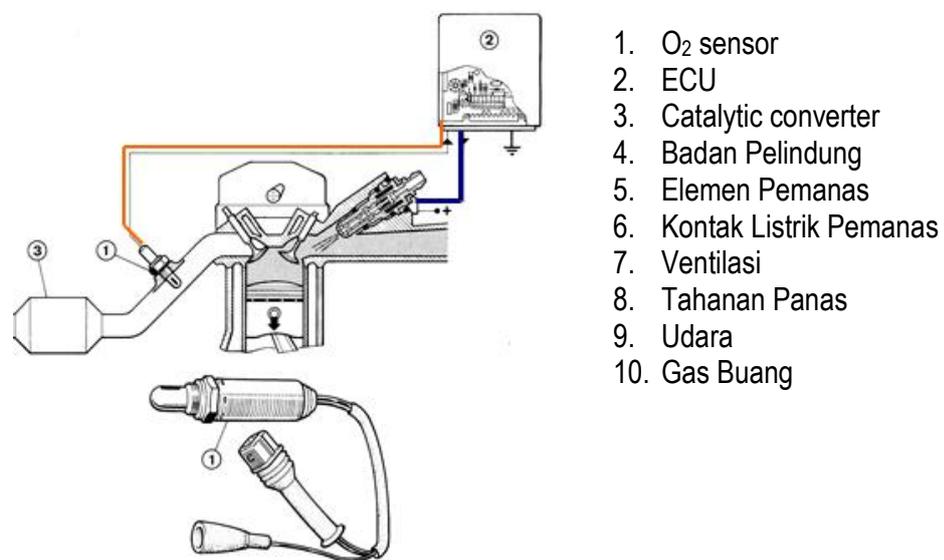
Gambar 7. FI Sistem Yamaha New V-Ixion
Pengenal Model Yamaha New V-Ixion(2013)

Berdasarkan pendapat para ahli di atas, maka dapat di ambil kesimpulan bahwa system EFI merupakan sistem bahan bakar yang dikendalikan sistem listrik/elektrik dengan rangkaian elektronik yang dapat mengatur campuran bahan bakar dan udara sehingga dapat meningkatkan unjuk kerja dan tenaga mesin (*power*) yang lebih baik, akslerasi yang lebih stabil pada setiap putaran mesin, pemakaian bahan bakar yang ekonomis (irit), dan menghasilkan kandungan racun (emisi) gas buang yang lebih ramah terhadap lingkungan.

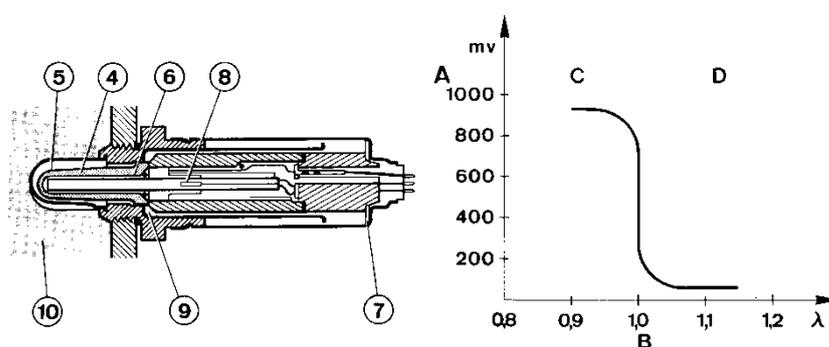
4. Oksigen sensor (*O₂ Sensor*)

Halderman (2012: 442) "*O₂ Sensor* merupakan suatu sensor pada sistem komputer otomotif yang dipasang pada saluran buang untuk mengukur kandungan oksigen hasil pembakaran". TTA Indonesia (2004:53) mengemukakan bahwa "*O₂ Sensor* berfungsi mendeteksi kadar oksigen dalam exhaust manifold kemudian mengirimkan informasi/sinyal dalam bentuk tegangan ke ECU, sehingga ECU bisa mengatur campuran bahan bakar dan udara yang ideal". *O₂ sensor* pada sepeda motor Yamaha New V-Ixion mengakibatkan emisi gas buang menjadi lebih rendah atau menjadi lebih ramah lingkungan dibandingkan emisi gas buang yang dihasilkan Yamaha V-Ixion tanpa dilengkapi *O₂ sensor*, selain itu *O₂ sensor* mengakibatkan pemakaian bahan bakar lebih irit 11% dibandingkan dengan Yamaha V-Ixion sebelumnya (Pengenalan Model Yamaha New V-Ixion, 2013: 76).

Berdasarkan pendapat para ahli di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa O_2 sensor merupakan suatu sensor pada sistem komputer otomotif yang dipasang pada saluran buang untuk mengukur kandungan oksigen hasil pembakaran dan mengirimkan informasi/sinyal dalam bentuk tegangan ke ECU, sehingga ECU bisa mengatur campuran bahan bakar dan udara yang ideal.



Gambar 8. Posisi pemasangan Oksigen sensor
TTA Indonesia (2004:53)



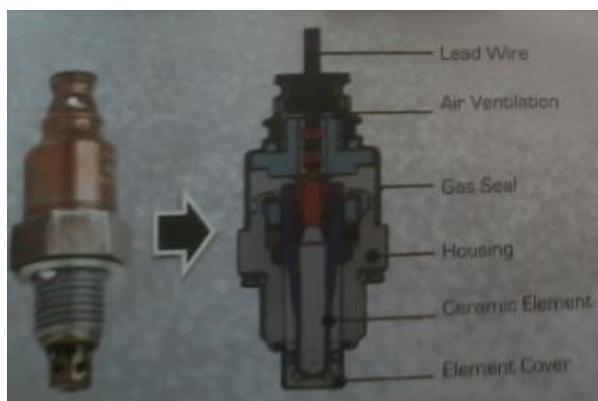
Gambar 9. konstruksi Oksigen sensor
TTA Indonesia (2004:54)

Menurut TTA Indonesia (2004: 53-54) menjelaskan bahwa:

“Melalui rangkaian/mata rantai tertutup yaitu; oksigen sensor (1) memberikan sinyal pada ECU (2) sebagai informasi tentang keadaan oksigen pada saluran gas buang dan ECU akan dapat mengatur perbandingan campuran udara bensin yang sesuai/ideal sehingga kerja katalitik konverter (3) untuk mereduksi kadar racun emisi yaitu CO dan HC dapat lebih optimal.

Oksigen sensor dipasangkan pada saluran gas buang sebelum katalitik konverter, dengan demikian katalitik konverter hanya akan mereduksi kadar racun pada emisi setelah diperoleh perbandingan campuran yang mendekati ideal. Material keramik sangat peka terhadap aliran oksigen yang ditangkap oleh permukaannya, keramik aktif tersebut mulai bekerja bila suhu disekitarnya sudah mencapai sekitar 300° Celsius, jika terdapat perbedaan oksigen yang melalui permukaan keramik maka terdapat beda potensial yang dikeluarkan dan di kirim ke ECU.

Oksigen yang keluar dari saluran gas buang sangat tergantung pada perbandingan campuran yang diatur oleh ECU berdasarkan informasi dari berbagai sensor. Sebagai contoh dapat dikemukakan bahwa dengan nilai perbandingan campuran (λ)= 0.95 maka akan terdapat volume oksigen sebesar 0.2 – 0.3 % dari volume emisi/gas buang. Tegangan yang dapat dibangkitkan oleh oksigen sensor berkisar antara 300 – 1000 mV campuran gemuk (lihat grafik di atas / $\lambda < 1$) dan apabila campuran kurus ($\lambda > 1$) maka sensor oksigen akan mengirimkan tegangan sinyal sekitar 100 mV”.



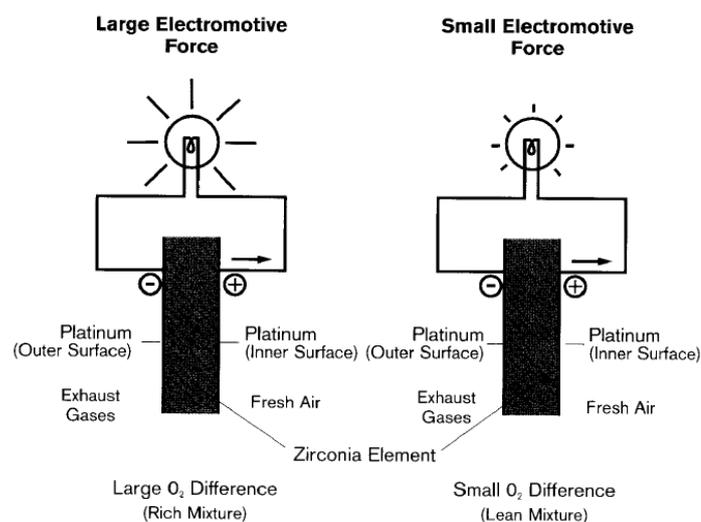
Gambar 10. *O₂ sensor* Yamaha New V-Ixion
Pengenalan Model Yamaha New V-Ixion, 2013: 46

Menurut Toyota Motor Sales (1995: 3) menjelaskan bahwa:

“Ketika oksigen yang terdapat dalam exhaust tinggi, tegangan dalam oxygen sensor rendah. Ketika jumlah oksogen dalam exhaust menurun, tegangan dalam oxygen sensor akan naik. Semakin besar perbedaan antara kandungan oksigen dalam exhaust dan atmosfer, semakin besar juga tegangan yang dihasilkan.

Dari kandungan oksigen, ECM dapat menentukan jika rasio bahan bakar dan udara kaya atau miskin dan menentukan campuran bahan bakar. Campuran kaya hampir semuanya menggunakan oksigen, sehingga tegangan pun tinggi, dalam range 0,6 – 1,0 volt. Campuran miskin mempunyai ketersediaan oksigen yang lebih setelah pembakaran dibandingkan campuran yang kaya, jadi sinyal tegangan mejadi rendah, 0,4-0,1 volt. Pada campuran stoichiometric rasio bahan bakar/udara (14,7:1), tegangan output sensor oksigen kira-kira 0,45 volt.

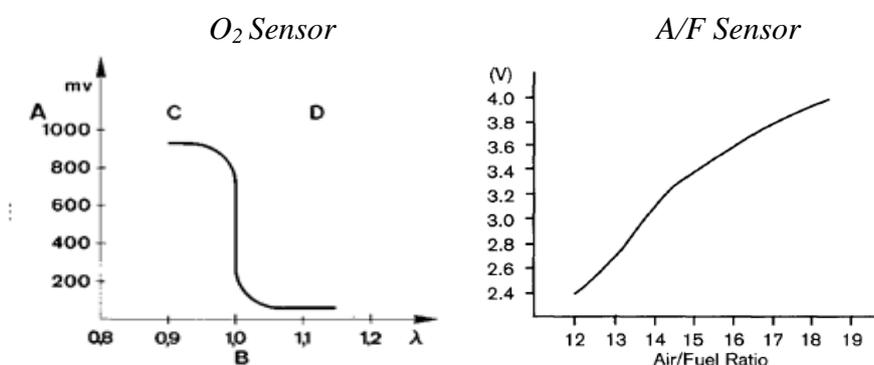
Perubahan kecil dalam perbandingan bahan bakar/udara dari stokiometri menunjukkan perubahan sinyal tegangan secara radikal.. ECM akan secara terus-menerus menambah dan mengurangi siklus bahan bakar miskin/kaya. Didalam bagian injeksi bahan bakar kendali bahan bakar *close loop* menunjukkan informasi yang lebih”.



Gambar 11. Prinsip Kerja O_2 sensor
Toyota Motor Sales (1995: 3)

Menurut Toyota Motor Sales (1995: 3) menjelaskan bahwa “A/F sensor sama dengan O_2 sensor dalam cakupan sempit. Meskipun terlihat sama dengan O_2 sensor, A/F sensor konstruksinya berbeda dan mempunyai karakteristik pengoperasian berbeda”. A/F Sensor beroperasi pada suhu mendekati 650^0 C (1200^0 F) dan menghasilkan tegangan 3,3 volt.

Tegangan pengeluaran A/F sensor kebalikan dari apa yang terjadi pada O_2 sensor. A/F Sensor dirancang pada stokiometri, arus mengalir dan tegangan pengeluaran yang terdeteksi oleh sirkuit adalah 3,3 volt. Jika campuran kaya, yang mana terdapat sedikit oksigen dalam *exhaust manifold*, hasilnya arus negatif yang mengalir. sirkuit pendeteksi akan menghasilkan tegangan di bawah 3,3 volt. Campuran miskin, terdapat banyak oksigen di dalam *exhaust manifold*, hasilnya arus positif yang mengalir. sirkuit pendeteksi sekarang menghasilkan tegangan di atas 3,3 volt. Sedangkan O_2 sensor beroperasi pada suhu 400^0 C (750^0 F) dan menghasilkan tegangan 0,1 – 1 volt.



Gambar 12. Tegangan yang dihasilkan O_2 sensor dan A/F Sensor Toyota Motor Sales (1995: 3)

Adapun spesifikasi atau data sheet *O₂ sensor* Yamaha New V-Ixion Lightning yaitu:

Tabel 3. Spesifikasi *O₂ Sensor* Yamaha New V-Ixion

ITEM	SPESIFIKASI			
Pembuat	Denso			
Tipe	Oxygen sensor			
Characteristics	Min	Typ.	Max	Unit
Oxygen pressure range	2		3000	mbar
Accuracy			5	
Internal temperature temperature (Porous Lid Cap)		400 (0,45 V)		°C
Internal temperature temperature (Full Porous Cap)		400 (1,00 V)		
Response time (10-90% step, Porous Lid Cap)			15	s
Response time (10-90% step, Full Porous Cap)			4	
Warm up time (prior to sensor operation)			100	
Warm up time (from stand by)			20	
Output stabilisation time		~180		

Part Number	Probe length	Permissible Gas Temperature	Sensor Respon	Termination
1 DY-H592A-00	80 mm	-100 to 250 ⁰ C	<15 s	0.15 Cable, molex Connector

Sumber: Pengenalan Model Yamaha New V-Ixion (2013: 46)

B. Penelitian Yang Relevan

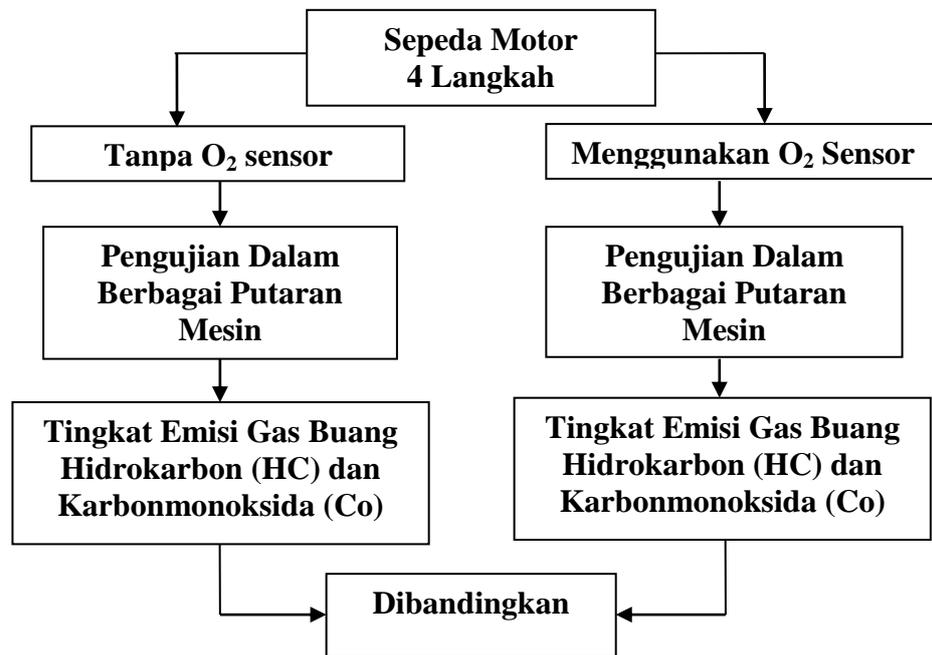
Penelitian yang relevan diambil untuk memperkuat teori-teori yang telah dikemukakan pada kajian teori dengan tidak menyamakan seluruh isi yang terkandung pada penelitian tersebut. Pada penelitian yang terdahulu, salah satu variabel penelitian yang digunakan biasanya adalah penggunaan dan modifikasi catalitic converter terhadap emisi gas buang, sedangkan untuk penelitian yang membahas perbedaan penggunaan *O₂ Sensor* terhadap kandungan emisi gas buang sepeda motor 4 langkah belum ada.

Adapun penelitian yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Siti Rosyidah tahun 2012 dengan penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Preparasi Permukaan Pada Modifikasi Plastik Menggunakan Nanopartikel Emas Untuk Sensor Oksigen”. Hasil penelitiannya hasil amperometri menunjukkan peningkatan arus reduksi seiring dengan meningkatnya kadar O_2 dengan nilai regresi linier $R^2 = 0,950$, mengindikasikan bahwa plastik termodifikasi nanopartikel emas dapat digunakan sebagai elektroda kerja pada sensor oksigen.

C. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual pada dasarnya untuk menjelaskan secara teoritis hubungan antara variabel yang diteliti. Pada penelitian ini kerangka pikir berfungsi untuk memberi gambaran secara lebih jelas mengenai perbedaan penggunaan O_2 Sensor terhadap kandungan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah. Penelitian akan dilakukan dengan memberikan beberapa perlakuan yang berbeda pada sepeda motor 4 langkah. Perlakuan yang diberikan berupa perbedaan penggunaan oksigen sensor pada sepeda motor 4 langkah, pada putaran mesin rendah atau *idle*, tetapi dilakukan tiga kali pengujian, sehingga terdapat variasi tingkat emisi gas buang. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada kerangka pikir di bawah ini:



D. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka konseptual yang telah dijabarkan di atas maka hipotesis untuk penelitian ini adalah terdapat perbedaan penggunaan O_2 Sensor terhadap kandungan emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor 4 langkah.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Semakin bertambah putaran mesin, semakin rendah emisi CO dan HC yang dihasilkan oleh sepeda motor Yamaha New V-Ixion, baik pada saat menggunakan *O₂ Sensor* dan pada saat tidak menggunakan *O₂ Sensor*. Perbedaannya terdapat pada emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor yang tidak menggunakan *O₂ Sensor* lebih tinggi dibandingkan yang menggunakan *O₂ Sensor*.
2. Setelah dilakukan pengujian kadar emisi gas buang sepeda motor menggunakan alat uji emisi Four Gas Analyzer, setelah dicari rata-ratanya, dapat disimpulkan bahwa pada saat menggunakan *O₂ Sensor* dapat menurunkan emisi gas buang CO dan HC bila dibandingkan pada saat tidak menggunakan *O₂ Sensor*. Pada emisi gas buang CO pada putaran mesin 1500 Rpm mengalami penurunan 15,4%, 1750 Rpm mengalami penurunan 5,9%, 2000 Rpm mengalami penurunan 16,1%, 2250 Rpm mengalami penurunan 35,9% dan 2500 Rpm mengalami penurunan 57,8%. Emisi gas buang HC pada putaran 1500 Rpm mengalami penurunan 17,02%, 1750 Rpm mengalami penurunan 36,8%, 2000 Rpm mengalami penurunan 28,9%, 2250 Rpm mengalami penurunan 28,7% dan 2500 Rpm mengalami penurunan 27%.

3. Hasil dari uji t secara keseluruhan menunjukkan hasil bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ yang mempunyai nilai 2,920 pada taraf signifikan 5% yang berarti perbedaan yang timbul dari data adalah signifikan. Untuk CO nilai t_{hitung} 6,78. Sedangkan HC nilai t_{hitung} 6,426. Dari uji t tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang positif dan signifikan penggunaan *O₂ Sensor* terhadap kandungan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah.

B. Saran

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini, pada prinsipnya masih terdapat kekurangan. Untuk itu perlu beberapa hal yang akan Penulis sarankan akan penelitian yang sempurna dan lebih memuaskan, hal tersebut yaitu:

1. Bagi industri sepeda motor sebaiknya semua tipe sepeda motornya dilengkapi dengan *O₂ Sensor*, karena dari hasil penelitian penggunaan *O₂ Sensor* dapat menurunkan tingkat emisi gas buang CO dan HC.
2. Penelitian ini hanya membahas tentang perbedaan penggunaan *O₂ Sensor* terhadap kandungan emisi gas buang CO dan HC, diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat membahas semua jenis emisi gas buang yang dihasilkan sepeda motor seperti CO, HC, CO₂ dan O₂, untuk mengkaji lebih dalam lagi pengaruh penggunaan *O₂ Sensor* terhadap emisi gas buang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonnick, Allan.(2008). *Automotive Science and Mathematics*. Burlington: Elsevier.
- Gupta, H N. (2009). *Fundamental Of Internal Combustion Engines*. Delhi: PHI Learning Private Limited.
- Halderman, James D. (2012). *Diagnosis And Troubleshooting Of Automotive Electrical, Electronic And Computer Systems*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Heywood, Jhon B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. United States Of Amerika: McGraw-Hill.
- I Gusti Bagus Wijaya Kusuma. (2002). *Alat Penurun Emisi Gas Buang Pada Motor, Mobil, Motor Tempel Dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak*. Jurnal Makara, Teknologi. (Vol. 6, no.3). Halaman 95-101.
- Jalius Jama, dkk. (2008). *Teknik Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012 Pilar lingkungan Hidup Indonesia*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Kementerian Perhubungan. (2012). *Buku Informasi Transportasi Kementerian Perhubungan*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Indonesia.
- Lipson, Charles, Sheth, Narendra J. (1973). *Statistical Design And Analysis Of Engineering Experiments*. Tokyo: McGraw-Hill.
- Pulkrabek, Willard D. (2004). *Engineering Fundamentals of The Internal Combustion Engine*. New Jersey: University Of The Wisconsin.
- Republika Online. (2012). *BPH Migas Targetkan 'Tekan' BBM 2,2 JUTA KL di 2013*. www.republika.co.id. Diakses Tanggal 21 September 2013.
- RM.Bagus Irwan & Muhammad Subri. (2005). *Unjuk Kemampuan Catalytic Converter Dengan Katalis Kuningan Untuk Mereduksi Gas Hidro Carbon Motor Bensin*. Jurnal Traksi. (Vol.3, No.2). Halaman 90.
- Sher, Eran. (1998). *Handbook of Air Polution From Internal Combustion Engine Polutant Formation and Control*. San Diego CA: Academic Press.