



**ANALISIS PENGGUNAAN *HYDROCARBON CRACK SYSTEM*  
(HCS) DENGAN BAHAN BAKAR PREMIUM DAN  
PERTAMAX TERHADAP EMISI GAS BUANG  
PADA SEPEDA MOTOR SUPRA X 125 TAHUN 2008**

**SKRIPSI**

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

**oleh**  
**Muhammad Nur Akhsan**  
**5202412069**

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2016**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Nur Akhsan  
 NIM : 5202412069  
 Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1  
 Judul Skripsi : Analisis Penggunaan *Hydrocarbon Crack System* (HCS)  
 dengan Bahan Bakar Premium dan Pertamina terhadap Emisi Gas  
 Buang pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun 2008

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

### Panitia Ujian

		Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Rusiyanto, S.Pd., M.T. NIP 197403211999031002	(            )	.....
Sekretaris	: Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T.( NIP 196901061994031003	(            )	.....

### Dewan Penguji

Pembimbing	: Drs. Suprpto, M.Pd. NIP.195508091982031002	(            )	.....
Penguji Utama I	: Wahyudi, S.Pd., M.Eng. NIP.198003192005011001	(            )	.....
Penguji Utama II	: Dr. Hadromi S.Pd., MT. NIP.196908071994031004	(            )	.....
Penguji Pendamping	: Drs. Suprpto, M.Pd. NIP.195508091982031002	(            )	.....

Ditetapkan di :Semarang  
 Pada tanggal :

Mengesahkan,  
 Dekan Fakultas Teknik

Dr. Nur Qudus, M.T  
 NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Muhammad Nur Akhsan  
NIM : 5202412069  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1  
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Analisis Penggunaan Hydrocarbon Crack System (HCS) dengan Bahan Bakar Premium dan Pertamina terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun 2008**” 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, 1 Agustus 2016  
Yang membuat pernyataan

Muhammad Nur Akhsan  
NIM 5202412069

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## ABSTRAK

**Akhsan, Muhammad Nur. 2016.** Analisis Penggunaan *Hydrocarbon Crack System* (HCS) dengan Bahan Bakar Premium dan Pertamina Terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun 2008. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Drs.Suprpto, M.Pd.

Kata Kunci: HCS, Premium, Pertamina, Emisi Gas Buang

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui cara pembuatan dan mengaplikasikan alat *hydrocarbon crack system* (HCS) pada sepeda motor supra x 125, Mengetahui hasil emisi gas buang dari penambahan katalis HCS dengan premium dan pertamax.

Metode penelitian yang digunakan dengan pendekatan eksperimen tentang penggunaan katalis HCS dengan bahan bakar premium dan pertamax pada sepeda motor 125 cc. Pengujian emisi dengan alat *SPTC Autocheck Gas* untuk mengukur hasil emisi gas buang dari kendaraan bermotor, kemudian diperoleh hasil berupa data kandungan gas CO, CO<sub>2</sub>, HC, dan O<sub>2</sub>.

Data hasil penelitian diperoleh rata-rata pada HCS dengan menggunakan premium CO 1,54 %vol, CO<sub>2</sub> 2,25 %vol, HC 596 ppmvol, dan O<sub>2</sub> 15,74 %vol. Kemudian rata-rata pada HCS dengan menggunakan pertamax CO 0,38 %vol, CO<sub>2</sub> 2,98 %vol, HC 279 ppmvol, dan O<sub>2</sub> 16,13 %vol. Selanjutnya perbandingan hasil emisi dari kedua bahan bakar tersebut yaitu terdapat emisi HC dengan selisih 317 ppmvol lebih banyak emisi HC dari bahan bakar premium dibandingkan bahan bakar pertamax saat menggunakan katalis HCS. Emisi CO ada selisih 1,16 %vol dari bahan bakar premium lebih banyak emisi CO dibandingkan bahan bakar pertamax saat menggunakan katalis HCS. Pada emisi CO<sub>2</sub> ada selisih 0,73%vol dari bahan bakar pertamax lebih banyak emisi CO<sub>2</sub> dibandingkan bahan bakar premium saat menggunakan katalis HCS. Sehingga ada selisih 0,39 %vol dari bahan bakar pertamax lebih banyak gas O<sub>2</sub> dibandingkan bahan bakar premium saat menggunakan katalis HCS. Dari data tersebut menunjukkan bahwa emisi gas buang yang dihasilkan sepeda motor tahun 2008 saat menggunakan katalis HCS berbahan bakar premium maupun pertamax lebih ramah lingkungan dilihat dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.05 tahun 2006 yaitu sepeda motor 4 tak dengan bahan bakar bensin ditentukan CO ≤ 5,5 % dan HC ≤ 2.400 ppm.

Saran penggunaan alat katalis HCS dapat diaplikasikan pada semua sepeda motor bermesin konvensional sehingga emisi gas buang yang dihasilkan lebih ramah lingkungan. Penggunaan HCS lebih efektif menggunakan bahan bakar jenis pertamax karena menghasilkan tingkat emisi yang lebih rendah hingga 50% dibandingkan dengan bahan bakar premium.

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### **Motto :**

Tuntutlah ilmu, sesungguhnya menuntut ilmu adalah pendekatan diri kepada Allah, dan mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahuinya adalah sodaqoh. Sesungguhnya ilmu pengetahuan menempatkan orangnya, dalam kedudukan terhormat dan mulia (tinggi). Ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya di dunia dan di akhirat. (HR. Ar-Rabii').



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

### **Persembahan:**

Untuk ayah, ibu, kakak-kakak dan adik-adik tercinta

Untuk keluarga besar Ponpes Durrotu Aswaja

Untuk keluarga besar Universitas Negeri Semarang

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Penggunaan *Hydrocarbon Crack System* (HCS) dengan Bahan Bakar Premium dan Pertamax Terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun 2008”.

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. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T., Ketua Program Studi Otomotif Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
5. Drs. Suprptono, M.Pd., Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Wahyudi, S.Pd., M.Eng., Dosen Penguji I yang telah meluangkan waktu dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Dr. Hadromi S.Pd., MT., Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Orang tuaku tercinta yang telah memberikan dorongan moril maupun materil.
9. Keluarga besar Pondok Pesantren Durrotu Ahlisunnah Waljamaah.
10. Teman-teman mahasiswa Universitas Negeri Semarang.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam proses penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua yang membaca dan menelaahnya, khususnya untuk mahasiswa Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 14 Agustus 2016

Penulis

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Pembatasan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
F. Penegasan Istilah .....	5
<b>BAB II. KAJIAN PUSTAKA</b> .....	6
A. Kajian Teori .....	6
B. Kajian Penelitian yang Relevan .....	20
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	22
A. Desain Penelitian Eksperimen .....	22
B. Diagram Alir Penelitian .....	22
C. Alat dan Bahan Penelitian .....	23
D. Proses pembuatan alat katalis HCS .....	25
E. Prosedur Penelitian dan Pengambilan Data .....	29
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	33
A. Hasil Penelitian .....	33
B. Pembahasan .....	34

<b>BAB V PENUTUP</b> .....	48
A. Simpulan .....	48
B. Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	50
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	54



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Premium .....	7
Tabel 2.2 Spesifikasi Pertamina .....	9
Tabel 2.3. Batasan rasio $\lambda$ (lamda) untuk methanol, ethanol, hidrogen dan bensin. ....	16
Tabel 2.4. Ambang batas emisi Keputusan Menteri LH No.6 tahun 2006. ....	17
Tabel 3.1. Spesifikasi Supra X 125 .....	24
Tabel 3.2. Data yang diambil uji emisi gas buang HCS dengan bahan bakar premium .....	31
Tabel 3.3. Data yang diambil uji emisi gas buang HCS dengan bahan bakar pertamax .....	31
Tabel 3.4. Data rata-rata hasil pengujian emisi menggunakan HCS dengan bahan bakar premium dan pertamax. ....	31
Tabel 4.1. Hasil pengujian emisi menggunakan katalis HCS dengan bahan bakar premium. ....	34
Tabel 4.2. Hasil pengujian emisi menggunakan katalis HCS dengan bahan bakar pertamax .....	34
Tabel 4.3. Rata-rata hasil pengujian emisi menggunakan katalis HCS dengan bahan bakar premium dan pertamax. ....	40

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skema diagram rangkaian katalis.....	11
Gambar 2.2. Temperatur pada komponen mesin .....	12
Gambar 2.3. Diagram proses pembakaran mesin bensin .....	14
Gambar 2.4. Diagram perbandingan AFR terhadap gas buang .....	17
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	23
Gambar 3.2. Desain pipa katalis .....	26
Gambar 3.3. Desain pemasangan pipa katalis HCS .....	28
Gambar 3.4. Pemasukan pipa probe ke dalam pipa gas buang tanpa sambungan .....	30
Gambar 3.5. Pemasukan pipa probe ke dalam pipa gas buang dengan sambungan .....	30
Gambar 4.1. Grafik perbandingan hasil emisi dengan HCS premium dari rata-rata putaran mesin.....	37
Gambar 4.2. Grafik perbandingan hasil emisi dengan HCS pertamax dari rata-rata putaran mesin.....	38
Gambar 4.3. Grafik perbandingan rata-rata emisi HC bahan bakar premium dengan pertamax pada penggunaan HCS.....	40
Gambar 4.4. Grafik perbandingan rata-rata emisi CO bahan bakar premium dengan pertamax pada penggunaan HCS.....	41
Gambar 4.5. Grafik perbandingan rata-rata emisi CO <sub>2</sub> bahan bakar premium dengan pertamax pada penggunaan HCS.....	41
Gambar 4.6. Grafik perbandingan rata-rata gas O <sub>2</sub> bahan bakar premium dengan pertamax pada penggunaan HCS.....	40

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

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

Sumber energi dunia saat ini masih sangat tergantung pada bahan bakar fosil seperti minyak bumi. Penggunaan minyak bumi memiliki dampak negatif terhadap lingkungan salah satunya meningkatnya suhu bumi, efek rumah kaca, hujan asam, gangguan kesehatan, ini terjadi akibat bertambahnya jumlah emisi gas buang CO<sub>2</sub>, HC, CO, NO<sub>x</sub>, dan partikulat dari hasil pembakaran kendaraan bermotor (Arifin, 2009:19). Selain itu banyaknya kebutuhan energi fosil akan menimbulkan kekurangan energi yang merupakan sumber daya alam tidak dapat diperbaharui. Maka dari itu harus dilakukan usaha-usaha dengan meningkatkan teknologi penyempurnaan proses pembakaran sehingga saat proses pembakaran dapat menekan tingkat emisi gas buang yang dihasilkan dan menurunkan jumlah pemakaian bahan bakar.

Bidang transportasi kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar fosil menimbulkan emisi gas buang. Di Indonesia yang termasuk dalam negara berkembang mode transportasi yang banyak digunakan adalah sepeda motor, selama ini sepeda motor mendominasi kendaraan yang digunakan oleh masyarakat. Sepeda motor dengan bahan bakar irit merupakan penentu konsumen untuk membelinya, alasan lain banyaknya penggunaan sepeda motor karena merupakan alat transportasi yang cukup efektif untuk mempercepat aktivitas dari suatu tempat ke tempat lainnya. Transportasi di kota-kota besar merupakan sumber pencemaran

udara yang terbesar, dimana 70% pencemaran udara diperkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor (Kusminingrum, 2008:1).

Untuk kendaraan bermotor penggunaan bahan bakar cair hendaknya disesuaikan kompresi mesinnya, karena kompresi berbanding lurus dengan angka oktan pada bahan bakar. Semakin tinggi nilai oktan yang digunakan, semakin besar tenaga kendaraan yang dihasilkan dan konsumsi bahan bakar rendah (Suprpto, 2004:13). Perkembangan ilmu dan teknologi yang terus berjalan dan adanya penemuan-penemuan tentang menyempurnakan proses pembakaran pada mesin untuk mengurangi emisi sesuai standar baku yang telah ditetapkan.

Berkaitan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup yang menuntut terhadap industri otomotif dan peneliti untuk membuat kendaraan yang sesuai dengan batas ambang emisi yang telah ditetapkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.05 tahun 2006 yaitu sepeda motor 4 tak dengan bahan bakar bensin ditentukan  $CO \leq 5,5 \%$  dan  $HC \leq 2.400$  ppm. Kendaraan bermotor akan mengeluarkan polutan berupa gas maupun partikulat, terdiri dari berbagai senyawa anorganik dan organik dengan berat molekul kurang dari 0,01 mikron yang dapat langsung terhirup melalui hidung akibatnya bisa mempengaruhi kesehatan masyarakat saat di jalan raya dan sekitarnya.

Pada gas CO akan menimbulkan keracunan dalam darah yang berikatan dengan hemoglobin menjadi *carbon oxida hemologen* atau COHb (Arifin, 2009:38), kemudian gas HC akan menimbulkan kerusakan sistem pernafasan terutama tenggorokan, sedangkan gas  $NO_x$  akan membuat sakit hidung, tenggorokan dan iritasi mata. Oleh karena itu terdapat berbagai upaya agar emisi

tidak melebihi batas ambang, salah satunya dengan mengembangkan efisiensi sistem pembakaran yang tinggi.

Saat ini uap hidrokarbon juga merupakan emisi yang dihasilkan dari setiap kendaraan bermotor, akan tetapi uap hidrokarbon dapat menjadi solusi alternatif untuk meningkatkan kinerja mesin, hidrokarbon dari penguapan bahan bakar dapat diuraikan (*crack*) menjadi hidrogen ( $H_2$ ) dan karbon (C) dengan menggunakan katalis, dipasang pada bagian mesin yang panas seperti blok mesin dan knalpot (Ikhsan, 2010:5). Sistem ini disebut juga *Hydrocarbon Crack System* (HCS), hidrogen yang dihasilkan masuk dalam proses pembakaran kemudian pembakaran akan berlangsung lebih sempurna karena hidrogen memiliki oktan yang tinggi senilai 130 dengan kalor terendah yang dihasilkan 119.93 MJ/kg (Hairuddin dkk. 2014:1047). Hidrogen ini akan menjadi suplemen saat proses pembakaran sehingga secara otomatis akan mengurangi emisi gas buang. Harapannya penggunaan sistem HCS dapat menekan jumlah emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor.

## **B. Rumusan Masalah**

Perumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan alat katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) pada sepeda motor 4 tak?
2. Bagaimana pengaplikasian alat katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) pada sepeda motor 4 tak?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *hydrocarbon crack system* (HCS) dengan bahan bakar premium terhadap emisi gas buang?

4. Bagaimana pengaruh penggunaan *hydrocarbon crack system* (HCS) dengan bahan bakar pertamax terhadap emisi gas buang?

### C. Pembatasan Masalah

Penelitian mengenai penggunaan HCS terhadap emisi gas buang pada sepeda motor ini akan dibatasi pada:

1. Pembuatan alat katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) dengan bahan utama logam tembaga, aluminium dan kawat nikelin.
2. Sepeda motor yang digunakan yaitu Supra X 125 tahun 2008.
3. Bahan bakar yang digunakan premium dan pertamax.
4. Pengamatan yang dilakukan hanya terhadap emisi gas buang yaitu CO, HC, CO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>.

### D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui cara pembuatan alat katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) pada sepeda motor supra x 125.
2. Mengetahui cara pengaplikasian alat katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) pada sepeda motor supra x 125
3. Mengetahui hasil emisi gas buang dari *hydrocarbon crack system* (HCS) dengan premium.
4. Mengetahui hasil emisi gas buang dari *hydrocarbon crack system* (HCS) dengan pertamax.

### E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat antara lain :

1. Memberikan informasi tentang konstruksi rancangan *hydrocarbon crack system* (HCS) yang dapat di terapkan pada sepeda motor.
2. Memberikan tambahan khasanah keilmuan di bidang bahan bakar dengan menguraikan hidrokarbon menjadi atom hidrogen dan karbon pada kendaraan bermotor untuk meminimalisir efek emisi gas buang.
3. Meningkatkan wawasan ilmu pengetahuan di bidang pengurangan emisi dan hasil penelitian dapat dijadikan referensi penelitian selanjutnya.

#### **F. Penegasan Istilah**

Untuk menghindari terjadinya salah penafsiran istilah kata dalam judul skripsi ini, maka perlu adanya penjelasan istilah-istilah. Diantaranya yaitu:

##### **1. *Hydrocarbon Crack System* (HCS)**

HCS adalah suatu alat yang diaplikasikan pada kendaraan bermotor untuk memecah unsur-unsur hidrokarbon seperti bahan bakar premium atau pertamax menjadi atom hidrogen ( $H_2$ ) dan karbon (C). Prosesnya menggunakan uap bahan bakar yang dipanaskan dengan memanfaatkan bagian-bagian mesin seperti knalpot yang memiliki temperatur tinggi. Hidrogen yang terbentuk digunakan sebagai suplemen dengan bahan bakar bernilai oktan 130.

##### **2. Emisi Gas Buang**

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam dan mesin pembakaran luar yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Komposisi gas buang yang terdapat pada kendaraan bermotor yang berupa air ( $H_2O$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ) merupakan gas rumah kaca, karbon monoksida (CO) yang beracun, hidrokarbon (HC), berbagai senyawa nitrogen oksida ( $NO_x$ ), dan partikulat asap debu termasuk timbel (Pb).

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Kajian Teori

##### 1. Bahan Bakar

Minyak bumi mentah banyak mengandung senyawa utama gabungan dari hidrogen dan karbon. unsur yang bisa terbakar adalah karbon dan hidrogen sedangkan yang lainnya adalah pengisi yaitu seperti belerang, oksigen dan nitrogen. Pickrell (2003:19) menjelaskan bahwa emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin bensin dapat dikurangi dengan bahan bakar alternatif seperti CNG (*Compressed Natural Gas*), LPG (*Liquified Petroleum Gas*), dan hidrogen.

Karakteristik bahan bakar bensin adalah mudah sekali menguap dan terbakar. Dengan karakteristik tersebut bensin dalam ruang bakar sangat mudah meledak (detonasi) yang cenderung tidak terkontrol pada kondisi temperatur dan tekanan tinggi. Kualitas bensin dinyatakan dengan angka oktan, angka oktan diperoleh dari prosentase volume isooctane didalam campuran antara isooctane dengan normal heptana yang menghasilkan intensitas knocking (Raharjo, 2008:44).

Adapun syarat-syarat bensin yang baik dan memberikan kerja mesin yang lembut, sebagaimana dijelaskan oleh Suprpto (2004:18) :

- a. Mudah terbakar, artinya mampu tercipta pembakaran serentak di dalam ruang bakar dengan sedikit *knocking* atau dentuman.
- b. Mudah menguap, artinya bensin harus mampu membentuk uap dengan mudah untuk memberikan campuran udara dengan bahan bakar yang tepat saat menghidupkan mesin yang masih dingin.

- c. Tidak beroksidasi dan bersifat pembersih, artinya sedikit perubahan kualitas dan perubahan bentuk selama di simpan. Selain itu juga bensin harus mencegah pengendapan pada sistem *intake*.
- d. Angka *octane*, adalah suatu angka untuk mengukur bahan bakar bensin terhadap daya anti *knock characteristic*. Bensin dengan nilai oktan yang tinggi akan tahan terhadap timbulnya *engine knocking*.

### 1) Premium

Premium adalah bahan bakar dengan warna kekuningan yang jernih, mengandung timbal (TEL) sebagai *octane booster* dengan memiliki oktan 88. Premium sering disebut *gasoline* atau *petrol* dan bahan bakar ini tidak boleh digunakan pada kendaraan yang dilengkapi dengan katalitic konverter karena timbal yang terkandung didalamnya dapat menutup pori-pori katalis yang menyebabkan hilangnya kemampuan katalitic konverter (Arifin & Sukoco & Sukoco, 2009:105). *Tetra Ethyl lead* (TEL) atau timbal adalah zat penambah ke bensin untuk meningkatkan nilai oktan (Turns, 2012:657).

Spesifikasi bahan bakar premium dengan angka oktan 88 sesuai dengan keputusan direktur jendral minyak dan gas bumi nomor 933. k/10/DJM.s/2013 yang telah ditetapkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Spesifikasi Premium

No	Karakteristik	Satuan	Methode Uji	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	Bilangan Oktana Angka Oktan Riset (RON)	RON	D 2699	88.0	-
2	Tekanan Uap	kPa	D 323		62
3	Kandungan Sulfur	% m/m	D 2622		0.05
4	Berat jenis pada 15°	Kg/m <sup>3</sup>	D 1298	715	780

5	Distilasi :		D 86	
	10% vol.penguapan.	°C		74
	50% vol. penguapan.	°C	88	125
	90% vol. penguapan.	°C	-	180
	Titik didih akhir	°C		215
	Residu	% Vol		2.0
6	<i>Induction periode</i>	Menit	D 525	360 -
7	Kandungan Timbal(Pb)	g/l	ASS	0.013
8	<i>Washed Gum</i>	mg/100ml	D 381	5
9	Korosi bilah tembaga	No.ASTM	D 130	Kelas 1
10	Uji doctor		IP 30	Negative
11	Sulfur mercaptan	% wt	UOP 163	0.0020
12	Warna		Visual	Jernih dan terang kuning

## 2) Pertamina

Pertamax adalah bensin tanpa timbal dengan kandungan aditif generasi mutakhir yang dapat membersihkan *intake valve port fuel injektor* dan ruang bahan bakar dari karbon. Mempunyai angka oktan 92 lebih tinggi dari premium dengan angka oktan 88 dan dapat digunakan pada kendaraan dengan kompresi yang tinggi (Arifin & Sukoco, 2009:105). Pertamina menggunakan ethanol sebagai campuran untuk meningkatkan bilangannya. Pembakaran mesin yang menggunakan pertamax lebih optimal, sehingga menghasilkan NO<sub>x</sub> dan CO yang lebih sedikit dari pada premium. Pertamina merupakan campuran kompleks hidrokarbon yang mempunyai selang titik didih antara 30–225°C yang mengandung senyawa hidrokarbon (C4-C12) yang terdiri dari paraffin, naphten, aromatic, dan olefin (Auliya, 2013: 29).

Spesifikasi bahan bakar pertamax dengan angka oktan 92 sesuai dengan keputusan direktur jendral minyak dan gas bumi nomor 3674 K/24/DJM2006 sebagai berikut ini:

Tabel 2.2 Spesifikasi Pertamax

No	Karakteristik	Satuan	Methode Uji	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	Bilangan Oktana Angka Oktan Riset (RON)	RON	D 2699	92.0	-
2	<i>Induction Period</i>	Minutes	D 525	480	
3	Kandungan Sulfur	% m/m	D 2622		0.05
4	Kandungan Timbal(Pb)	g Pb/l	D 3237		0.013
5	Distilation :		D 86		
	10% vol. penguapan	°C			70
	50% vol. penguapan	°C		77	110
	90% vol. penguapan	°C		130	180
	Titik didih akhir	°C			215
	Residu	% Vol			2.0
6	<i>Existent Gum</i>	mg/100ml	D 381		5
7	Tekanan Uap	KPa	D 323	45	60
8	Berat jenis pada 15°	Kg/m <sup>3</sup>	D 1298	715,0	770,0
9	Korosi bilah tembaga	Menit	D 130		Class 1
10	Tes Doctor		IP 30		Negatif
11	Sulfur mercaptan	% m/m	D 3227		0.0020
12	Warna		Visual		Biru

### 3) Hidrogen

Gas hidrogen dapat direkomendasikan sebagai bahan bakar alternatif untuk transportasi (Chandrasa, 2009:17). Hidrogen dapat diproduksi lebih banyak dari bahan bakar minyak bumi. Hidrogen dapat disimpan dalam bentuk fase gas, cair dan padat. Pada bentuk fase gas dalam tekanan 350-700 bar, pada bentuk cair pada tekanan 1 bar dan suhu -253° C, pada bentuk padat dibagi menjadi empat material: 1) *Carbon and other high surface area material*, 2) *Chemical hydrides = H<sub>2</sub>O-reactive*, 3) *Rechargeable hydrides*, 4) *Chemical hydrides =thermal* (Riss, 2006:21-28).

Kemudian hidrogen dapat diproduksi dari bahan bakar hidrokarbon, material biologis dan air. Beberapa metode produksi hidrogen menurut Lipman (2011:8-10) Salah satunya yaitu *Gasification of Coal and Other Hydrocarbon* adalah cara memproduksi hidrogen dari mereaksikan hidrokarbon bisa dari bahan bakar minyak, batubara, residu minyak dengan dioksidasikan hingga mencapai kesetimbangan, sehingga menghasilkan hidrogen.

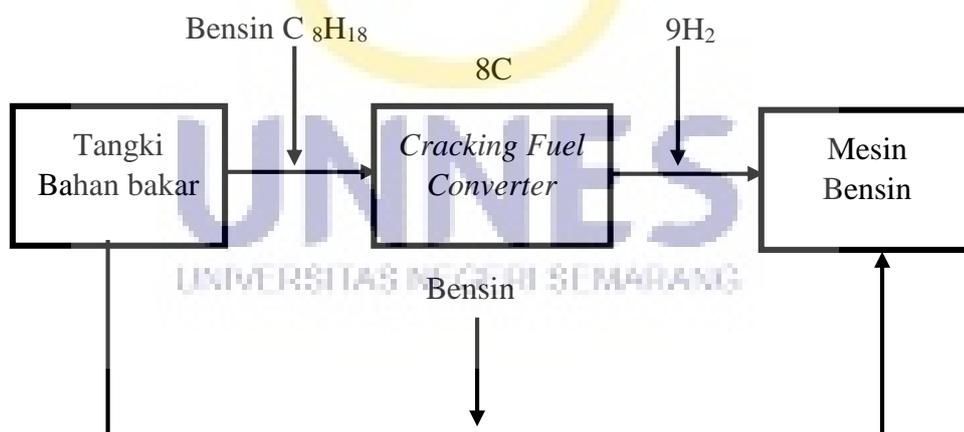
## **2. Katalis Hidrocarbon Crack System**

### **a. Pipa katalisator**

Dengan menggunakan katalis pemecah hidrokarbon untuk memisahkan hidrogen dan karbon adalah alternatif untuk memproduksi hidrogen yang murni (Wang dkk, 2003:900). Pipa katalisator berkerja dengan bantuan panas dari knalpot. Berfungsi untuk memecah gas H<sub>2</sub> dalam premium menjadi 8 atom karbon (C) dan 18 atom hidrogen (H<sub>2</sub>). Dengan demikian pipa katalisator menghasilkan gas hidrogen dan menghisap unsur partikel karbon (Ikhsan, 2010:5). Menurut Abdillah (2014:55), bertambahnya panjang pipa katalis dan volume premium akan meningkatkan penghematan bahan bakar dan menurunya emisi gas buang. Penghematan bahan bakar meningkat seiring bertambahnya panjang pipa katalis dan volume premium. Penghematan bahan bakar sebesar 50 % pada putaran 700 rpm dan 61 % pada putaran 2500 rpm dengan panjang pipa katalis 200 mm dan volume premium 30 L. David dalam Abdillah (2014:51) menerangkan bahwa prosentase penghematan bahan bakar dengan metode pemisahan reaksi udara dan bahan bakar tergantung diameter, panjang pipa katalis, volume uap dan aliran uap hidrokarbon.

## b. Proses produksi hidrogen

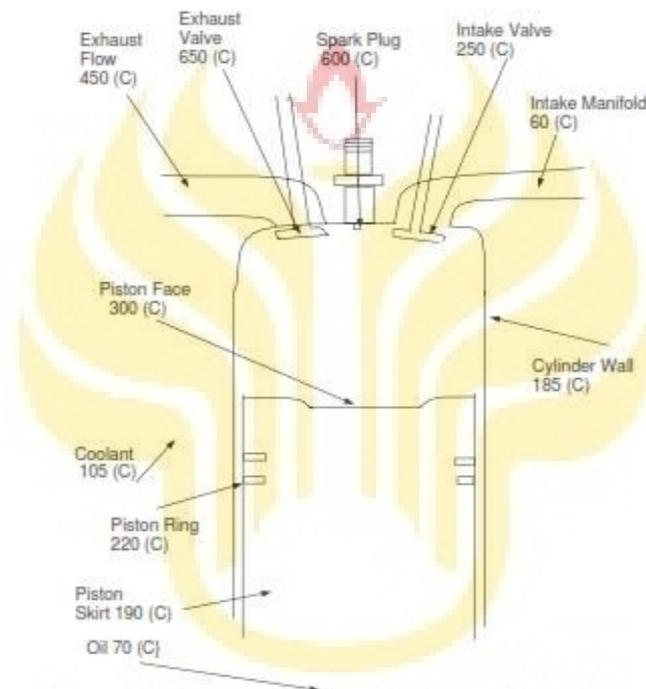
Hidrogen mempunyai luas jarak perambatan saat pembakaran dan pengapian otomatis yang tinggi sehingga baik untuk digunakan pada motor bensin, hidrogen juga memiliki suhu titik terbakar sendiri yang tinggi yaitu pada suhu  $858^{\circ}\text{C}$ , sehingga adanya pengapian sangat dibutuhkan untuk membakar hidrogen (Kalkan dkk, 2014:67). Hidrogen merupakan suplemen bahan bakar pada mesin bensin dengan meningkatkan proses pembakaran, mulai dari mengurangi keterlambatan pengapian, perambatan yang cepat saat terbakar, mempercepat proses pembakaran, mengurangi konsumsi bahan bakar (Sadiq, 2006:347). Metode pemecahan bahan bakar hidrokarbon untuk menghasilkan hidrogen dengan cara menggunakan katalis dengan menyuling bensin (Setzer, 1976:3). Proses penambahan gas hidrogen yang dihubungkan dengan mesin berbahan bakar bensin sangat signifikan untuk mengurangi polusi udara (Robinovich, 1995:7). Skema diagram katalis yang dapat diaplikasikan dalam gambar berikut ini :



Gambar 2.1. Skema diagram rangkaian katalis  
(Cohn, 2006:26)

Mesin dengan bahan bakar tambahan hidrogen merupakan metode meningkatkan performa dan memperbaiki hasil emisi gas buang (Ghazal, 2013:25-26). Pemanasan uap bahan bakar hidrokarbon dengan alat pemindah kalor ( *heat*

*exchanger*) dan proses pemecahan (*cracking*) hidrokarbon untuk menghasilkan karbon dan hidrogen dimulai dari temperatur 260° hingga 345° (Schmidt, 1976:6). Saluran *exhaust manifold* memproduksi panas hingga 450 °C karena temperatur yang tinggi dari aliran gas buang pembakaran di dalam silinder (Balich & Conrad, 2004:71). terutama pada dinding *exhaust manifold* seperti pada gambaran temperatur yang terjadi pada mesin bensin sebagai berikut:



Gambar 2.2. Temperatur pada komponen mesin  
(Salazar, 1998:49)

### c. Material bahan katalis

Bahan yang digunakan dalam pembuatan katalis yaitu dengan nikel (Ni), tembaga (Cu) dan aluminium (Al). Nikel dibentuk spiral di dalam tabung tembaga dan aluminium berada di tengah spiral nikel (Setzer, 1976:5). Aluminium merupakan material yang dapat dijadikan katalis hidrokarbon, karena relatif memiliki permukaan yang tahan terhadap panas tinggi (Granlund, 2015:10). Pada temperatur tinggi aluminium (Al) akan memecah hidrokarbon. Aluminium menjadi

sebagian besar luas permukaan komponen katalis, nikel dan tembaga sebagai pemindah panas (*heat exchanger*) sehingga dapat meningkatkan produksi gas hidrogen dari bensin (Sadegbeigi, 2000:107-108).

### 3. Pembakaran di Motor Bensin

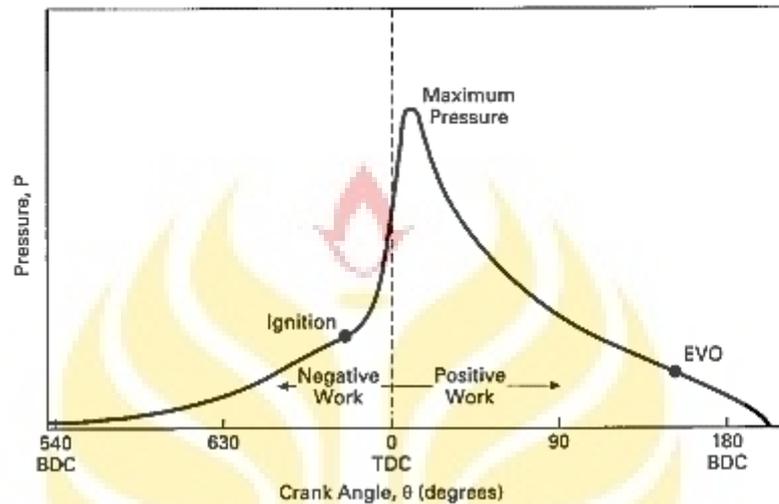
#### a. Proses Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi oksigen dan bahan yang dapat terbakar, disertai timbulnya cahaya dan memiliki kalor. Pembakaran spontan dimana bahan bakar mengalami oksidasi perlahan hingga kalor yang dihasilkan tidak dilepaskan, akan tetapi digunakan untuk menaikkan suhu secara perlahan hingga mencapai suhu nyala. Pembakaran sempurna adalah dimana semua bahan yang dapat terbakar di dalam bahan bakar membentuk gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , sehingga tidak ada zat lain yang tersisa setelah pembakaran. Pembakaran sempurna akan menghasilkan konsentrasi  $\text{CO}_2$  tinggi. Sebenarnya molekul nitrogen tidak terbakar, tetapi pada suhu tinggi akan terbentuk  $\text{NO}_x$  (Sukidjo, 2011:62).

Pembakaran di dalam mesin bensin menurut Salazar (1998:37-40) dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

1. Pengapian dan membangkitkan bunga api (*ignition and flame development*). Dimana pengapian untuk campuran bahan bakar dan udara dimulai dari percikan yang dilepaskan dari elektroda busi terjadi antara 10-30° sebelum TMA. Sekitar 5-10% campuran yang terbakar dalam fase ini.
2. Perambatan nyala api (*flame propagation*). Ketika campuran gas terbakar didalam ruang bakar, tekanan dan temperatur naik mengakibatkan volume naik. Saat perambatan ledakan campuran gas yang terbakar mulai 5% hingga 95%.

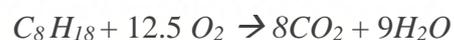
3. Setelah perambatan nyala api (*flame termination*). Terjadi setelah TMA sekitar 15-20° dan 90- 95% proses pembakaran mencapai sudut seluruh ruang bakar. Hanya sekitar 5-10% gas yang terbakar dengan dinding ruang bakar dan sudut-sudutnya.



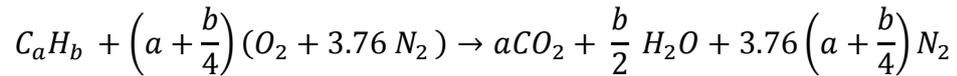
Gambar 2.3. Diagram proses pembakaran mesin bensin (Pulkrabek, 1985:230)

#### b. Persamaan reaksi pembakaran

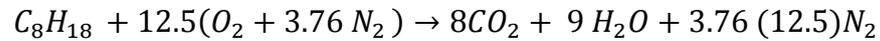
Mesin bensin mendapatkan tenaga dari pembakaran hidrokarbon dengan udara. Bahan bakar bensin diubah menjadi energi dalam fase gas dalam ruang bakar. Proses pembakaran terjadi reaksi hidrokarbon dengan oksigen menjadi air dan CO<sub>2</sub>. Secara reaksi kimia antara isooctane dan oksigen adalah:



Reaksi diatas merupakan dua reaksi dimana bensin dengan oksigen. Sedangkan bensin direaksikan dengan udara akan mengubah reaksinya. Pada udara kandungan gas nitrogen lebih mendominasi dengan nitrogen 78% mol dan oksigen 21% mol. Secara stoikiometrik pembakaran bensin dan udara adalah:



Sehingga pada reaksi pembakaran bensin adalah:



Pembakaran dapat terjadi dengan berbagai campuran komposisi bahan bakar dan udara. Ketidaksesuaian campuran mengakibatkan terjadinya produk lain pada gas buang seperti CO yang menjadi polusi di udara (Salazar, 1998:29-30).

### c. *Air fuel ratio (AFR)*

*Air fuel ratio* adalah perbandingan antara udara dengan bahan bakar, sehingga AFR menjadi faktor paling utama yang mempengaruhi emisi gas buang mesin bensin (Schwarz, 1999:9). Secara stoikiometris pada mesin bensin memiliki angka AFR 1: 14,7 artinya 1 bahan bakar membutuhkan 14,7 udara dalam proses pembakaran, campuran AFR kurus pada mesin bensin 4 tak dapat mereduksi emisi karbon monoksida (CO) dan membakar hidrokarbon (HC). Pengaruh yang merugikan ketika menggunakan perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang kurus akan memicu emisi NO<sub>x</sub> (Iyer, 2012:38). Menurut Lenz (1990:12) istilah “kurus” yaitu batas penggunaan untuk sebutan kekurangan bahan bakar dan “kaya” yaitu batas penggunaan kelebihan bahan bakar, seperti tabel dibawah ini dengan dua batasan rasio lamda untuk methanol, ethanol, hidrogen dan bensin.

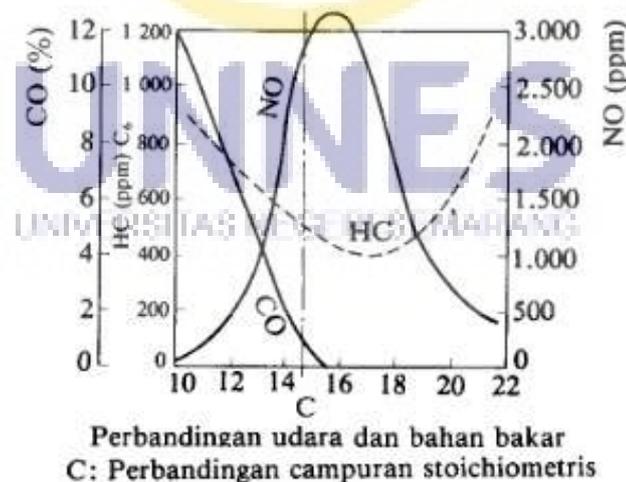
Tabel 2.3. Batasan rasio  $\lambda$  (lamda) untuk methanol, ethanol, hidrogen dan bensin.

	Batasan “kaya” pada rasio $\lambda$	Batasan “kurus” pada rasio $\lambda$
Methanol	0,40	2,40
Ethanol	0,40	1,90
Hidrogen	0,12	9,00
Bensin	0,60	1,60

Untuk mengetahui perbandingan AFR aktual dan bukan stoikiometris, dikenal dengan *equivalent ratio* ( $\phi$ ) atau  $\lambda$  (lamda) adalah perbandingan antara jumlah (bahan bakar dan udara) yang digunakan dan jumlah (bahan bakar dan udara) stoikiometris (Heywood, 1988:71). Dapat dirumuskan dengan,

$$\lambda = \phi^{-1} = \frac{(AFR)_{aktual}}{(AFR)_{stoi}}$$

Sehingga diketahui harga AFR ideal adalah  $\lambda = \phi = 1$ . Pada  $\lambda < 1$  dan  $\phi > 1$ , campuran kaya atau keperluan udara kurang.  $\lambda > 1$  dan  $\phi < 1$ , campuran miskin atau keperluan udara lebih dari stoikiometris (Heywood, 1988:72). Semakin bagus kualitas campuran dan homogenitas akan mempermudah oksigen untuk bereaksi dengan karbon. Jumlah oksigen dalam *air fuel ratio* sangat menentukan besar CO yang dihasilkan, hal ini disebabkan kurangnya oksigen dalam campuran akan mengakibatkan karbon bereaksi tidak sempurna dengan oksigen (Kabib, 2009:5). Sedangkan perbandingan campuran bahan bakar stoikiometrik dengan emisi gas buang dapat dilihat dalam grafik berikut ini:



Gambar 2.4. Diagram perbandingan AFR terhadap gas buang (Soenarta & Shoichi, 2002:35).

#### 4. Parameter Emisi Gas Hasil Pembakaran Mesin Bensin

Dalam peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.5 tahun 2006, 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 dengan batasan tertentu, adapun batas-batasnya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.4. Ambang batas emisi dari Keputusan Menteri LH No.6 tahun 2006

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

Sehingga keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang batas emisi gas buang kendaraan bermotor dapat disimpulkan bahwa batasan untuk sepeda motor 2 langkah kurang dari tahun 2010 kadar emisinya tidak lebih dari 4,5 % CO dan 12000 ppm HC pada kondisi idle, sepeda motor 4 langkah kurang dari tahun 2010 emisinya tidak lebih dari 5,5 % CO dan 2400 ppm HC pada kondisi idle dan sepeda motor 2 langkah dan 4 langkah ≥ 2010 emisinya tidak lebih dari 4,5 % CO dan 2000 ppm HC pada kondisi idle.

##### a. CO (*Carbon Monoxida*)

Menurut Arifin & Sukoco (2009:37) karbon monoksida tidak berwarna dan tidak beraroma, tidak mudah larut dalam air dengan perbandingan berat terhadap udara (1 Atm<sup>o</sup> C) 0.967, didalam udara bila diberikan api akan terbakar dengan mengeluarkan asap biru menjadi CO<sub>2</sub> (karbon dioksida). CO timbul karena oksigen

yang dibutuhkan tidak cukup untuk proses pembakaran secara sempurna ataupun karena campuran yang terlalu kaya (Nugraha, 2007:696). Emisi CO ada karena campuran kaya dari AFR kurang dari 1 sehingga oksigen mengubah semua karbon menjadi karbon monoksida, CO bisa dikurangi dengan cara mengatur AFR yang masuk ke mesin (Faiz & Michael, 1996:82). Emisi CO tinggi ketika idling dan mencapai minimum ketika akselerasi mencapai kecepatan konstan (Kabib, 2009:5). Saat mesin bekerja dengan AFR yang tepat, emisi CO pada ujung knalpot berkisar 0.5% sampai 1% untuk mesin yang dilengkapi dengan sistem injeksi atau sekitar 2.5% untuk mesin yang masih menggunakan karburator (Bakeri dkk, 2012:84). Gas karbon monoksida ini bila dihirup dalam waktu yang lama seperti menyalakan mesin dalam ruangan dapat menyebabkan keracunan dan hilang kesadaran tanpa rasa sakit (Soenarta & Shoichi, 2002:35).

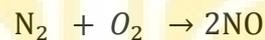
**b. HC (*Hydro Carbon*)**

Hidrokarbon merupakan ikatan kimia dari *Carbon* (C) dan *Hydrogen* (H). Dalam bentuk kimianya yang aktif dibagi menjadi *parafine*, *naftaline*, *olefine*. Sumber utama HC paling banyak dari kendaraan bermotor 57% dan lainnya dari penyulingan minyak serta pembangkit listrik 43% (Arifin & Sukoco, 2009:38). Hidrokarbon dapat terbentuk tidak hanya pada kondisi campuran udara bahan bakarnya gemuk, tetapi bisa saja pada kondisi campurannya kurus (Soenarta & Shoichi, 2002:35). HC timbul akibat dari campuran bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna hingga katup *exhaust* terbuka. HC juga bersumber dari celah volume yang ada diantara piston dan dinding silinder sehingga campuran bahan bakar tidak ikut terbakar selama proses pembakaran (Faiz & Michael, 1996:82). Pembentukan hidrokarbon juga dari 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)

**c. NO<sub>x</sub> (*Nitrogen Oxydes*)**

NO<sub>x</sub> terdiri dari nitric oksida (NO), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), dan nitrous oksida (N<sub>2</sub>O), memiliki ciri tidak berwarna tidak berbau, sukar larut dalam air, jika di udara akan menjadi zat gas berwarna kemerahan dan sedikit berbau, larut dalam air akan menjadi asam nitrit atau nitrat (Arifin & Sukoco, 2009:38-39). Jika unsur N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> pada temperatur 1800° C-2000° C akan terjadi reaksi pembentukan gas NO seperti pada reaksi berikut ini :



Schnelle (2002: 249) menambahkan bahwa NO<sub>x</sub> juga terdiri dari nitrogen trioksida (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan nitrogen pentoksida (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), NO<sub>x</sub> dari hasil pembakaran mesin 90% adalah NO, gas ini terbentuk dari nitrogen dan oksigen pada temperatur tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur nitrogen 80%. Pada temperatur tinggi (>1370° C), nitrogen bersatu dengan campuran bahan bakar dan membentuk senyawa NO<sub>x</sub> (Nugraha, 2007:697). NO<sub>x</sub> dapat dikurangi dengan memperlambat pembakaran dan meminimalisir waktu pembakaran hingga temperatur tinggi (Faiz & Michael,1996:82).

## B. Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian tentang penggunaan gas hidrogen sebagai campuran bahan bakar kendaraan sepeda motor pernah dilakukan dengan memanfaatkan *Hydrogen Booster Electrolyzer* untuk menghasilkan gas hidrogen pada sepeda motor. Hasil dari Penggunaan *Hydrogen Booster Electrolyzer* pada sepeda motor Yamaha Vega 4 langkah tahun 2002, sehingga dapat menurunkan kadar emisi gas buang seperti CO, HC, dan meningkatkan emisi CO<sub>2</sub>. Penurunan CO tertinggi sebesar 77,50% didapatkan pada putaran 1500 rpm dengan menggunakan HHO pengisian spull. Peningkatan CO<sub>2</sub> tertinggi sebesar 45,56% didapatkan pada putaran 3500 rpm dengan menggunakan HHO pengisian accu. Sedangkan penurunan HC tertinggi sebesar 77,67% didapatkan pada lambda ( $\lambda$ ) 1,215 dengan menggunakan bahan bakar HHO pengisian accu (Wicahyo & I Made, 2013:127).

Selanjutnya Kosar dkk (2011:106) meneliti penggunaan hidrogen untuk mengurangi emisi dan konsumsi bahan bakar di mesin kecil bensin. Mesin kecil dalam penelitian masih menggunakan karburator. Disimpulkan bahwa penambahan hidrogen pada mesin bensin dapat menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 57%, menurunkan emisi NO<sub>x</sub> hingga 66%, dan emisi CO, CO<sub>2</sub>, dan HC mendekati nol.

Kemudian dalam penelitian oleh Pinontoan tentang efisiensi pembakaran bensin pada genset dengan penambahan gas hidrogen-oksigen dari hasil elektrolisis plasma, menunjukkan hasil semakin banyak hidrogen yang masuk keruang bakar, menjadikan pemakaian bensin akan lebih hemat. Injeksi hidrogen dan oksigen menyebabkan emisi gas CO, CO<sub>2</sub>, serta HC yang tak terbakar berkurang (Pinontoan, 2012:50).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Ji dan Wang (2010:180), yaitu pada pengaruh penambahan hidrogen saat pembakaran terhadap emisi pada mesin bensin dengan kondisi campuran kurus. Disimpulkan bahwa terjadi pengurangan panas mesin dengan memanfaatkan hidrogen terutama pada kondisi campuran kurus. Penambahan hidrogen berguna untuk menyempurnakan proses pembakaran. Emisi HC berkurang saat  $\text{NO}_x$  lebih tinggi dengan penambahan hidrogen pada kondisi campuran kaya. Emisi CO berkurang dengan menambah jumlah hidrogen pada kondisi campuran kurus.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. SIMPULAN

1. Pada perancangan alat katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) yang berfungsi untuk memecah rantai hidrokarbon dari uap bahan bakar bensin menjadi hidrogen dan karbon, mengharuskan alat dapat mencegah aliran balik gas ke tangki bahan bakar, saat membuat sambungan las pipa tembaga harus rapat dan baik agar tidak ada kebocoran saat sistem bekerja.
2. Pengaplikasian katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) dengan hasil hidrogen yang masuk kedalam ruang bakar mengakibatkan hasil pembakaran lebih banyak kandungan air (H<sub>2</sub>O), pada alat katalis karbon akan terperangkap. oleh karena itu, perlu perawatan untuk membersihkan karbon yang ada didalam katalis.
3. Hasil pengujian emisi didapatkan dari sepeda motor supra x 125 dengan terpasang katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) berbahan bakar premium menghasilkan rata-rata gas CO sebanyak 1,54 %vol, gas HC sebanyak 596 ppmvol, gas CO<sub>2</sub> sebanyak 2,25 % vol, gas O<sub>2</sub> sebanyak 15,74 % vol dan lamda aktual 3,47. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.05 tahun 2006 yaitu sepeda motor 4 tak dengan bahan bakar bensin ditentukan CO ≤ 5,5 % dan HC ≤ 2.400 ppm. Jadi, penggunaan *hydrocarbon crack system* (HCS) pada sepeda motor supra x 125 keluaran tahun 2008 menggunakan bahan bakar premium menghasilkan emisi yang ramah lingkungan.

4. Hasil pengujian emisi didapatkan dari sepeda motor supra x 125 dengan terpasang katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) berbahan bakar pertamax menghasilkan rata-rata gas CO sebanyak 0,38 % vol, gas HC sebanyak 279 ppmvol, gas CO<sub>2</sub> sebanyak 2,98 % vol, gas O<sub>2</sub> sebanyak 16,13 % vol dan lamda aktual 3,92. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.05 tahun 2006 yaitu sepeda motor 4 tak dengan bahan bakar bensin ditentukan CO  $\leq$  5,5 % dan HC  $\leq$  2.400 ppm. Jadi, penggunaan *hydrocarbon crack system* (HCS) pada sepeda motor supra x 125 keluaran tahun 2008 menggunakan bahan bakar pertamax menghasilkan emisi yang ramah lingkungan.

## **B. SARAN**

1. Alat katalis *hydrocarbon crack system* (HCS) dapat diaplikasikan pada semua sepeda motor dengan sistem bahan bakar konvensional sehingga emisi gas buang yang dihasilkan lebih ramah lingkungan.
2. Penggunaan *hydrocarbon crack system* (HCS) lebih efektif menggunakan bahan bakar pertamax karena menghasilkan tingkat emisi hingga 50% lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar premium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F. dan Sugondo. 2014. *Prototipe Alat Penghemat Bahan Bakar Mobil Menggunakan Metode Hydrocarbon Crack System untuk Menghemat Bahan Bakar dan Mengurangi Emis Gas Buang. Prosiding SNATI F Ke - 1* ISBN: 978-602-1180-04-4.
- Arifin, Zainal dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Auliya, Anna M. 2013. *Pertamina –Pertamax* . Jakarta :Politeknik Negeri Jakarta.
- Bakeri, M., akhmad Syarief, dan Ach. Kusairi. 2012. *Analisa Gas Buang Mesin Berteknologi Efi dengan Bahan Bakar Premium. INFO TEKNIK*, 13/1. Teknik Unlam Banjarmasin.
- Balich, Garret W., dan Conrad R. A. 2004. *The Gasoline 4-Stroke Engine for Automobiles*. Notre Dame: Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Notre Dame, IN 46556.
- Cohn, Daniel. R. 2006. *Onboard–Plasmatron Hydrogen Production*. Argonne National laboratory. Massachusetts Institute of Technology.
- Buku Pedoman Reparasi Supra X 125. PT. Astra Honda Motor tahun 2002.
- Chandrasa, Ganesha T. 2009. *Penelitian Hidrogen sebagai Bahan Bakar Sepeda Motor Listrik yang Berkesinambungan. Prosiding Seminar Nasional Daur Bahan Bakar*. Serpong: B2TE-BPPT Batan, Energy Technologi Laboratory.
- Faiz, A., Christopher S. W., dan Michael P.W. 1996. *Air Pollution from Motor Vehicles, Standards and Technologies for Controlling Emissions*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Ghazal, Osama. 2013. A Theoretical Study of the SI Engine Performance Operating with Different Fuels. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 7/12: 2526-2529.
- Granlund, Moa Z. 2015. Fuel Reforming for Hydrogen Production in Heavy- Duty Vehicle Applications. *Doctoral Thesis in Chemical Engineering*. Stockholm: KTH School of Chemical Science and Engineering, Sweden.
- Hairuddin, A.A., A.P. Wandel dan T.Yusaf. 2014. An Introduction to A Homogeneous Charge Compression Ignition Engine. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)*, 7/-:1042-1052. e-ISSN: 2231-8380.

- Heywood, John B. 1998. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: Mc.Graw Hill.
- Ikhsan, Muadi. 2010. *Pengaruh Jumlah Katalisator Pada Hydrocarbon Crack System (Hcs) dan Jenis Busi Terhadap Daya Mesin Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2008*. Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan. FKIP-UNS.
- Iyer, Narayan V. 2012. *A Technical Assessment of Emissions and Fuel Consumption Reduction Potential From Two and Tree Wheelers in India*. Prepared for: the International Council on Clean Transportation. Washington DC.
- Ji, Changwei. dan Shuofeng Wang. 2010. *Effect of Hydrogen Addition on Combustion and Emissions Performance of a Spark-ignition Gasoline Engine at 800 rpm and Lean Conditions*. *Proceedings of the WHEC Energy & Environment*, 78/6. Institute of Energy Research Fuel Cells (IEF-3).
- Kabib, masruki. 2009. Pengaruh Pemakaian Campuran Premium Dengan Champhor Terhadap Performasi Dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin Toyota Kijang Seri 4k. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 2/2: 1-17. ISSN : 1979-6870
- Kalkan, N., K.H. Luo, dan Erdogan G. 2014. An Overview of Hydrogen Fuelled Internal Combustion Engines. *IJASR International Journal of Academic and Scientific Research*. 2/4: 58-70. ISSN: 2272-6446.
- Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 3674 k/24/DJM/2006 Tentang Standar Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri.
- Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 933. k/10/DJM.s/2013 Tentang Standar Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88 Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri.
- Kosar, Murat. et al. 2011. The Usage of Hydrogen for Improving Emissions and Fuel Consumption in a Small Gasoline Engine. *Journal of Thermal Science and Technology*, 31/2: 101-108. Turkey. ISSN 1300-3615.
- Kusminingrum Nanny, G. Gunawan. 2008. *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali*. Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Lipman, Timothy. 2011. *An Overview of Hydrogen Production and Storage System with Renewable Hydrogen Case Studies*. Oakland, California: Clean Energy State Alliane.
- Lenz, H.P. 1990. *Mixture Formation in Spark-Ignition Engines*. New York: Springer.

- Nugraha, Beni S. 2007. Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor. *Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan*, 5/2: 692-706. ISSN 1693-3745.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.
- Pickrell, Don. 2003. *Fuel Options for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Motor Vehicles*. Springfield: The National Technical Information Service, Virginia.
- Pinontoan, V. R. CH. 2012. *Efisiensi Pembakaran Bensin Pada Genset Dengan Penambahan Gas Hidrogen-Oksigen Dari Hasil Elektrolisis Plasma*. Skripsi. Program Studi Teknik Kimia. FT. Depok., Universitas Indonesia.
- Pulkrabek Wiliard , W. 1985. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey
- Robinovich, Alexander et al. 1995. *Plasmatron-Internal Combustion Engine System*. United States Patent 5.437,250. Appl. No.: 196,701.
- Raharjo, Winarno D., dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Unnes Press.
- Riss, Trygve., Elisabet F. H., Preben J. S., dan Oystein U. 2006. *Hydrogen Production and Storage*. IEA Publications. Paris: Stedi medi, France.
- Sadegbeigi, Reza. 2000. *Fluid Catalytic Cracking Handbook, Design, Operation and Troubleshooting of FCC Facilities ed. 2<sup>nd</sup>*. Houston, TX: Gulf Publishing Company.
- Sadiq, Maher A.R. 2006. A Simulation Model for a Single Cylinder Four-Stroke Spark Ignition Engine Fueled with Alternative Fuels. *Turkish Journal Eng. Env. Sci.*, 30: 331-350.
- Salazar, Fernando. 1998. *Internal Combustion Engines*. Notre Dame: Department of Aerospace and Mechanical Engineering. University of Notre Dame.
- Schmidt, Reinhold. 1976. *Method of And Apparatus for Improved Methanol Operation of Combustion System*. United States Patent, Appl: 551.841.
- Schnelle, karl B. dan Charles A. Brown. 2002. *Air Pollution Control Technology Handbook*. Boca Raton, Florida : CRC Press LCC.
- Schwarz, H., karl H. D. dan Holz F. D. 1999. *Emission Control*. German: Robert Bosch GmbH.

- Setzer, Herbert J. 1976. *Method for Catalytically Cracking A hydrocarbon Fuel*. United States Patent, Appl: 574.187.
- Singh, Yogesh K., 2006. *Fundamental of Research Methodology and Statistics*. New Age International Limited Publisher. New Delhi.
- Soenarta N. dan Shoichi F. 2002. *Motor Serba Guna (Small Engine for General Use)*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Sukidjo, FX. 2011. *Performa Sepeda Motor Empat Langkah Berbahan Bakar Premium Dan Pertamina*. *Forum Teknik*,. 34/1. Program Dipoma Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM.
- Suprptono. 2004. Bahan Bakar dan Pelumas. *Bahan Ajar*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Unnes.
- Turns, Stephen R. 2012. *An Intruduction to Combution :Concepts and Applications*. New Delhi: McGraw Hill Education Private Limited, India.
- Wang, Y., Naresh S., dan Gerald P. H. 2003. *Production of Pure Hydrogen and Novel CarbonNanotube Structures by Catalytic Decomposition of Propane and Cyclohexane*. *Prepr. Pap.-Am. Chem. Soc., Div. Fuel Chem*, 48/2: 900-901. Lexington : University of Kentucky.
- Wicahyo, S. dan I Made Arsana. 2013. Pengaruh Penggunaan Hydrogen Booster Electrolyzer Terhadap Performa Mesin dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Empat Langkah. *Journal Teknik Mesin*, 1/3: 121-128. UNESA.