

# PENGARUH JUMLAH KATALISATOR PADA *HYDROCARBON CRACK SYSTEM* (HCS) DAN JENIS BUSI TERHADAP DAYA MESIN SEPEDA MOTOR HONDA SUPRA X 125

Vina Natalia Van Harling, S.Si., M.Pd

Jurusan Teknik Mesin  
Program Study Diploma IV  
Politeknik Katolik Saint Paul Sorong  
Email: [vina.nathalia@poltekstpaul.ac.id](mailto:vina.nathalia@poltekstpaul.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk (1) Menyelidiki pengaruh jumlah katalisator pada Hydrocarbon Crack System terhadap daya mesin sepeda motor supra x 125. (2) menyelidiki pengaruh Variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor supra x 125. (3) Menyelidiki interaksi pengaruh jumlah katalisator pada Hydrocarbon Crack System dan Variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor supra x 125. Hasil yang diperoleh ternyata : (1) Ada pengaruh signifikan jumlah katalisator Hydrocarbon Crack System terhadap daya mesin sepeda motor supra x 125. Dimana pemasangan dua buah katalis Hydrocarbon Crack System menghasilkan daya yang paling besar dengan rerata daya sebesar 4,58 kW, disusul selanjutnya pemasangan satu buah katalis Hydrocarbon Crack System dengan rerata 4,47 kW. Dan yang terakhir tanpa pemasangan Hydrocarbon Crack System dengan rerata 4,31 kW. (2) Pengaruh Variasi jenis Busi terhadap Daya mesin Sepeda motor supra x 125. Hal ini dapat ditunjukkan pada hasil uji data, dimana pemakaian busi platinum menghasilkan daya lebih besar dengan rerata 4,50 kW dibandingkan dengan pemakaian busi standart dengan rerata 4,45 kW. (3) Interaksi pengaruh antara penggunaan jumlah katalisator pada Hydrocarbon Crack System dan Variasi jenis busi terhadap daya mesin dimana pemakaian dua buah katalisator dengan variasi jenis busi platinum dapat menghasilkan daya yang besar dengan rerata 4,63 kW.

**Kata kunci :** *Hydrocarbon Crack System, Jenis Busi Dan Daya Mesin*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan ekonomi masyarakat Indonesia yang pesat menempatkan negara dengan penduduk ke empat terbesar di dunia ini, sebagai salah satu negara dengan basis industri otomotif kelas dunia. Pemerintah mendorong industri otomotif Indonesia terus tumbuh dengan langkah melalui inovasi teknologi, menambah investasi, meningkatkan serapan Tenaga kerja serta menggandeng mitra lokal.

Perkembangan dalam bidang otomotif ini ditandai dengan semakin banyaknya jenis kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang paling banyak digunakan oleh masyarakat adalah jenis sepeda motor, karena memiliki harga yang terjangkau untuk semua kalangan masyarakat.

Penggunaan sepeda motor secara terus menerus dan kurangnya dapat mengakibatkan masalah. Hal ini disebabkan karena penggunaan

yang mesin secara terus menerus mengakibatkan terjadi keausan pada komponen mesin sehingga daya motor atau tenaga menjadi menurun. Usaha mengatasi permasalahan tersebut dapat berupa menambah modifikasi pada komponen-komponen sepeda motor seperti penggantian knalpot, penambahan alat penghemat bahan bakar, modifikasi ruang bakar, modifikasi karburator, dan sebagainya, dengan harapan dapat meningkatkan daya motor.

Sudibyo dan Rohman (2011) mengemukakan bahwa Daya motor adalah kemampuan motor bakar untuk menghasilkan tenaga dari proses konversi energi panas menjadi tenaga putar. Salah satu cara untuk meningkatkan daya motor adalah dengan memasang suatu alat yang dapat meningkatkan kerja sistem pembakaran dan sistem pengapian. Sistem pembakaran merupakan sistem pada sepeda motor yang lebih sering dimodifikasi. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk hal tersebut adalah *Hydrocarbon Crack System*.

Lebih lanjut dari Sudibyo dan Rohman (2011) *Hydrocarbon Crack System* adalah sistem memecah atom hidrocarbon (bahan bakar premium atau pertamax) menjadi atom hidrogen (H<sub>2</sub>) dan *carbon* (C) dengan cara menggunakan pipa katalisator yang dipanaskan. Panas luar/*exothermic* dari mesin *internal combustion* (Pembakaran Dalam) tersebut berasal dari panas mesin maupun dari knalpot yang bisa mencapai temperatur hingga 400°C. Dalam hal ini yang diproses oleh katalisator adalah *hydrocarbon* yang diuapkan.

Salah satu bagian penting dalam proses pembakaran adalah sistem pengapian (Ignition). Pada motor bensin, terdapat busi pada celah ruang bakar yang dapat memercikkan bunga api yang kemudian membakar campuran bahan bakar dan udara pada suatu titik tertentu yang diinginkan dalam suatu siklus pembakaran. Penempatan titik penyalaan yang tepat, dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengoptimalkan energi dari pembakaran. (Mahmud, dkk. 2013) Lebih lanjut dijelaskan bahwa Waktu penyalaan adalah saat dimana bunga api dipercikkan oleh busi untuk membakar campuran udara dan bahan bakar yang dikompresi oleh piston, kemudian menghasilkan tekanan yang digunakan untuk menghasilkan langkah kerja. Gerakan piston saat terjadi proses penyalaan, dapat dianalisis melalui derajat pengapian Derajat pengapian yang sesuai adalah salah satu faktor penting dalam memaksimalkan tekanan dalam ruang bakar dan pada akhirnya, menghasilkan efisiensi mesin dan daya mesin yang baik.

Berdasarkan uraian di atas maka, penulis akan melakukan penelitian dengan cara menggunakan *Hydrocarbon Crack System* untuk menambah gas hidrogen (H<sub>2</sub>) pada campuran bahan bakar dan udara yang akan diproses di ruang bakar, dan mengganti jenis busi untuk menghasilkan percikan bunga api yang lebih baik sehingga campuran bahan bakar yang digunakan diharapkan dapat terbakar secara sempurna, sehingga daya yang dihasilkan mesin kendaraan menjadi meningkat.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini penulis mengambil permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011?
2. Bagaimana pengaruh variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011, Dengan menggunakan *Hydrocarbon Crack System*?
3. Bagaimana interaksi pengaruh jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* dan variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011?

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang penulis buat adalah sebagai berikut :

1. Prosedur pemasangan katalisator
2. Pengaruh jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* dan jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan dan merumuskan masalah pada kendaraan yang menggunakan *Hydrocarbon Crack System* diantaranya adalah :

1. Dapat mengetahui pengaruh jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011.
2. Dapat mengetahui pengaruh variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011.
3. Dapat mengetahui interaksi pengaruh jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* dan variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan diperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui perubahan daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011 dengan variasi jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* dan variasi jenis busi.

2. Mengetahui perubahan daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011 dengan variasi jenis busi.
3. Mengetahui interaksi pengaruh jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* dan variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Proses pembakaran

Pembakaran adalah proses oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar dan oksidator dengan menimbulkan nyala dan panas. Bahan bakar merupakan substansi yang melepaskan panas ketika dioksidasi dan secara umum mengandung karbon, hidrogen, oksigen dan sulfur. Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen yang akan yang bereaksi dengan bahan bakar (Mahandri, 2010).

Jenis pembakaran pada motor bensin meliputi pembakaran normal (sempurna) dan pembakaran tidak normal. Pembakaran normal adalah bahan bakar dapat terbakar seluruhnya pada saat dan keadaan yang dikehendaki. Pembakaran tidak sempurna adalah pembakaran dimana nyala api dari pembakaran ini tidak menyebar secara teratur dan merata, sehingga menimbulkan masalah atau bahkan kerusakan pada bagian-bagian motor (Daryanto, 2002).

#### Macam-macam Pembakaran

- a. Complete Combustion (Pembakaran Sempurna)  
Pada pembakaran sempurna, reaktan akan terbakar dengan oksigen, menghasilkan sejumlah produk yang terbatas. Pembakaran komplit terjadi jika keseluruhan karbon menjadi CO<sub>2</sub>, hidrogen menjadi H<sub>2</sub>O dan sulfur menjadi SO<sub>2</sub>. Jika output masih mengandung bahan C, H<sub>2</sub> dan CO, maka proses pembakaran tersebut adalah tidak komplit (Sihana, 2010)
- b. Incomplete Combustion (Pembakaran Tidak Sempurna)  
Pembakaran tidak sempurna umumnya terjadi ketika tidak tersedianya oksigen dalam jumlah yang cukup untuk membakar bahan bakar sehingga dihasilkannya karbon dioksida dan air. Pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan zat-zat seperti

karbon dioksida, karbon monoksida, uap air dan karbon. Pembakaran yang tidak sempurna sangat sering terjadi, walaupun tidak diinginkan, karena karbon monoksida merupakan zat yang sangat berbahaya bagi manusia. Kualitas pembakaran dapat ditingkatkan dengan perancangan media pembakaran yang lebih baik dan optimisasi proses (Anonim, 2010).

- c. Smouldering Combustion (Pembakaran tanpa Api)  
Smouldering combustion merupakan bentuk pembakaran tanpa api, berasal dari oksidasi yang terjadi pada permukaan bahan bakar yang padat. Contoh umum adalah inisiasi kebakaran di furnitur berlapis oleh sumber panas yang lemah (misalnya rokok, kawat hubung pendek), kebakaran hutan akibat musim panas berkepanjangan (Rein, 2006).
- d. Rapid Combustion (Pembakaran yang melibatkan Energi)  
Rapid combustion merupakan pembakaran yang melibatkan energi dalam jumlah yang banyak dan menghasilkan pula energi cahaya dalam jumlah yang besar. Jika dihasilkan volume gas yang besar dalam pembakaran ini dapat mengakibatkan peningkatan tekanan yang signifikan, sehingga terjadi ledakan (Anonim, 2010).
- e. Turbulent combustion  
Pembakaran yang menghasilkan api yang turbulen sangat banyak digunakan untuk aplikasi industri, misalnya mesin berbahan bakar bensin, turbin gas dan sebagainya, karena turbulensi membantu proses pencampuran antara bahan bakar dan pengoksida (Anonim, 2010).
- f. Slow combustion  
Pembakaran yang terjadi pada temperatur yang rendah. Contoh pembakaran ini adalah respirasi seluler (Anonim, 2010).

### 2.2 Hydrocarbon Crack System (HCS)

Hydrocarbon Crack System (HCS) sendiri adalah sistem memecah atom hidrokarbon menjadi atom hidrogen (H<sub>2</sub>) dan karbon (C) dengan media pipa katalis yang dipanaskan untuk menyuplai proses pembakaran mesin (Fuazi,dkk.2017).

Lebih lanjut dari Fausi,dkk (2017) Hydrogen yang digunakan adalah dari bahan

bakar minyak (BBM) Oktan 88 (Premium) atau Oktan 92 (Pertamax). Premium rumus kimianya  $C_8H_{18}$  dan Pertamax rumus kimianya  $C_{10}H_{24}$ .  $C_8H_{18}$  jika dicrack atau diurai menjadi 8 atom karbon dan 18 atom hidrogen ( $H_2$ ), sedangkan  $C_{10}H_{24}$  jika dicrack atau diurai menjadi 10 atom karbon dan 24 atom hidrogen ( $H_2$ ).

HCS dapat diaplikasikan pada semua jenis kendaraan bermotor baik jenis motor 2 tak atau 4 tak, sistem karburator atau injeksi, dan bahkan motor diesel. HCS bertujuan untuk menambah tenaga atau torsi. Bertambahnya tenaga secara tidak langsung membuat pengendara menekan pedal gas sedikit tetapi kendaraan sudah dapat melaju lebih cepat. Hal ini menyebabkan konsumsi BBM pada lubang spuyer karburator menjadi lebih sedikit sehingga konsumsi BBMnya menjadi lebih hemat (Fauzi, dkk.2017).

### 2.2.1 Cara Kerja Hydrocarbon Crack System

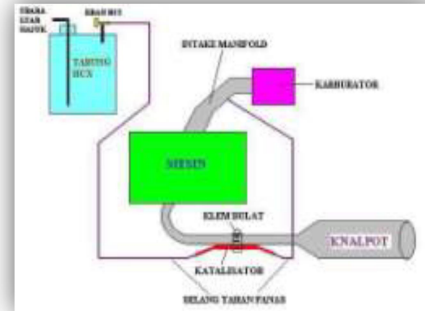
Secara umum cara kerja alat ini adalah mengisikan 300cc premium ke dalam tabung/botol plastik yang telah disediakan (seperti halnya cara hidrogen air yang sedang populer saat ini), kemudian uap premium ini disalurkan ke *Intake Chamber* dengan melalui sebuah pipa katalisator yang dipanaskan oleh panas knalpot sehingga dapat memecah uap premium menjadi *hydrogen rich* dan menghisap unsur paktikel *carbon* sehingga nantinya pada knalpot/gas buang unsur *carbon monoxida* bisa berkurang secara signifikan dan hidrogen sebagai penambah oktan pada kendaraan tersebut sehingga daya mesin akan meningkat. Secara teoritis, dengan *Hydrocarbon Crack System*

menghasilkan gas hidrogen ( $H_2$ ) sampai 3-5 LPM  $H_2$  (liter per menit). Pipa katalisator di sini memegang peran sangat penting dapat juga sebagai *Fire Flashback* yang biasa dialami oleh tukang las yaitu gas balik (seperti letupan karbit), sehingga nantinya tidak akan pernah mengalami *fire flashback* dari percikan api busi dari piston ke alat *Hydrocarbon Crack System* (HCS) tersebut. (Ikhsan. 2013)

### 2.2.2 Cara Pemasangan Hydrocarbon Crack System

Pada penelitian ini pemasangan *Hydrocarbon Crack System* dengan menggunakan variasi yaitu pemasangan *Hydrocarbon Crack System* dengan satu katalisator dan pemasangan *Hydrocarbon Crack System* dengan dua katalisator yang dipasang secara seri.

#### 1. Cara Pemasangan HCS dengan Satu Katalisator.

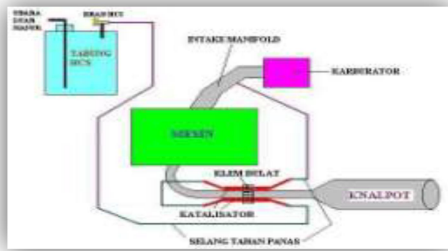


Gambar 2.1 Skema Pemasangan HCS dengan Satu Katalisator

- a. Seperti pada Gambar 2.1, output dari tabung HCS yang terdapat kran dihubungkan selang tahan panas ke pipa katalisator (yang telah dipasang di knalpot bagian pangkal/dekat mesin). Pastikan katalisator terpasang sebagai anti *flash back*.
- b. Output dari katalisator diinject/dihubungkan ke *intake manifold* melalui selang tahan panas.
- c. Pada sepeda motor keberadaan air mix tidak dipasang/digunakan, karena sepeda motor tidak membutuhkan air mix, sehingga *screw* pengatur udara pada karburator mudah dijangkau dengan obeng kecil.
- d. Setelah kit HCS terpasang dengan baik dan benar pada motor, buka setelan angin (putar kiri) hingga 2,5 - 3 putaran (satu putaran =  $360^\circ$ ). Tutup juga kran pada tabung HCS dan starter motor (menghidupkan mesin), akan terjadi rpm tinggi kemudian tanpa menunggu lama lalu membuka kran HCS pada tabung sampai putaran stasioner (1400 rpm).

- e. Pastikan HCS sudah terpasang dengan baik dan putaran mesin dalam keadaan stasioner, jika sudah maka HCS telah siap digunakan.

## 2. Cara Pemasangan HCS dengan Dua Katalisator.



Gambar 2.2 Skema Pemasangan HCS dengan dua katalisator

Pada dasarnya cara pemasangan HCS dengan dua katalisator sama dengan cara pemasangan HCS dengan satu katalisator. Peletakkannya adalah pada knalpot yang di antara tabung HCS dan *intake manifold*. Perbedaannya hanya pada penggunaan dua katalisator sekaligus yang dipasang secara seri, kedua katalisator dihubungkan dengan selang tahan panas (pastikan katalisator terpasang sebagai anti *flash back*).

### 2.2.3 Manfaat Pemasangan *Hydrocarbon Crack System*

Dengan pemasangan *Hydrocarbon Crack System* pada sepeda motor maka diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. HCS memecah uap BBM menjadi *hydrogen rich* sehingga sangat efektif jika dipakai untuk *power suplemen* pada kendaraan sebagai penambah daya.
2. Dengan bertambahnya tenaga maka secara tidak terasa pengendara/pengguna yang biasa menarik/memutar tuas gas sampai dalam, kali ini hanya menarik/memutar tuas gas sedikit saja tetapi kendaraan sudah dapat melaju kencang, ini menyebabkan konsumsi BBM pada lubang spuyer karburator lebih sedikit sehingga konsumsi BBMnya menjadi lebih hemat.
3. Katalisator HCS menghisap unsur paktikel *Carbon* sehingga nantinya pada knalpot/gas

buang unsur *carbon monoxide* bisa berkurang secara *significan*. (Adietya Saputra : 2009)

### 2.3 Pipa Katalis

Katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi dan menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi berlangsung pada suhu kamar sedangkan tanpa katalis reaksi dapat berlangsung pada suhu 250°C, katalis yang biasa digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah katalis basa seperti pipa katalis untuk hidrokarbon (Mc Ketta, 1978). Pipa katalis disini memegang peran penting dapat juga sebagai Fire Flashback yaitu gas balik, sehingga tidak pernah mengalami fire flashback dari percikan api busi dalam ruang bakar ke tabung bahan bakar HCS. (Fauzi,dkk. 2017)

Di dalam Fauzi, dkk. (2017) Niels (2004) menyatakan bahwa Pipa katalis terbuat dari pipa silinder tembaga dengan panjang 10 sampai 20 cm yang berisi batang aluminium. Batang aluminium diguankan sebagai katub pengatur aliran uap hidrogen dan karbon dari tabung bahan bakar HCS. Material pipa katalis terdiri dari pipa tembaga dan batang aluminium yang memiliki karakteristik sebagai berikut.



Gambar 2.3 Bentuk dan bagian – bagian Pipa Katalis HCS

### 2.4 Busi

Busi merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk menciptakan loncatan bunga api saat dialiri arus listrik tegangan tinggi. Kedua elektroda pada busi dipisahkan oleh isolator agar loncatan listrik hanya terjadi diantara ujung elektroda. Bahan isolator itu sendiri haruslah memiliki tahanan listrik yang tinggi, tidak rapuh terhadap kejutan mekanik dan panas. (Machmud,dkk. 2013). Lebih lanjut mengenai busi Rudatin (1994) menyatakan bahwa, Busi

terdiri dari 2 elektroda, yaitu elektroda tengah dan elektroda samping. Elektroda tengah mengalirkan arus dari distributor dan meloncat ke elektroda samping sehingga terjadi percikkan api.

Menurut Jama dan Wagino (2008) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan busi dalam menghasilkan bunga api, factor tersebut adalah :

- a. Bentuk elektroda busi  
Elektroda busi yang rata akan mempersulit loncatan bunga api sedangkan bentuk persegi dan runcing dan tajam akan mempermudah loncatan api.
- b. Celah busi  
Bila celah elektroda busi lebih besar, bunga api akan menjadi sulit melompat dan tegangan sekunder yang diperlukan untuk itu akan naik.
- c. Tekanan kompresi  
Bila tekanan kompresi meningkat, maka bunga apipun akan menjadi semakin sulit untuk meloncat dan tegangan yang dibutuhkan semakin tinggi.

Sementara menurut Suyanto (1989) syarat utama busi harus tahan terhadap beberapa keadaan yang harus dihadapi busi di dalam silinder antara lain :

- 1) Temperatur pembakaran.  
Temperatur pembakaran yang cukup tinggi dan temperatur campuran bahan bakar dengan udara yang masuk ke dalam silinder sangatlah jauh berbeda sehingga busi harus tahan terhadap keadan ini. Bahan yang dipakai pada busi tidak boleh terlalu besar koefisien pemuaianya. Karena apabila pemuaian busi terlalu besar busi akan cepat rusak.
- 2) Tekanan yang cukup tinggi.  
Tekanan yang dihasilkan dari pembakaran campuran bahan bakar dengan udara cukup tinggi. Karena itu busi harus tahan terhadap tekanan yang tinggi dan juga turbulensi udara supaya busi tidak hancur.
- 3) Tahan dari korosi  
Dari semua keadaan busi juga harus tahan dari korosi. Sisa pembakaran dan temperatur yang tinggi semakin mempercepat korosi busi. Meskipun busi mengalami keadaan seperti diatas, busi

harus tetap mampu memercikkan bunga api. Tidak menuntut kemungkinan busi mengalami penurunan fungsi dikarenakan elektroda tertutup oleh kotoran atau kerak sisa pembakaran.

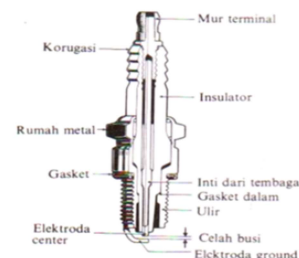
Kemampuan elektroda dalam menahan panas pembakaran juga harus kuat agar tidak membara yang mengakibatkan pembakaran sebelum busi memercikkan bunga api atau terjadi detonasi. Dengan begitu busi dibuat dengan syarat : a) Mempunyai isolator yang cukup baik b) Elektroda tidak dapat meleleh c) Tahan terhadap korosi.

#### 2.4.1 Jenis Busi Menurut Tingkat Kemampuan Melepas Panas

- a. Busi panas  
Busi panas adalah busi yang kecepatan transfer panasnya lebih lambat, artinya panas tersimpan pada busi dan lambat disalurkan ke luar busi.
- b. Busi dingin  
Busi dingin adalah busi yang kecepatan transfer panasnya cepat, artinya panas harus cepat disalurkan ke luar busi.

#### 2.4.2 Jenis Busi Menurut Bahan Penyusun Pada Ujung Elektroda

1. Busi Standar  
Bahan ujung elektroda dari nikel dan diameter center electrode rata-rata 2,5 mm. Jarak tempuh busi standar sampai sekitar 20 ribu Km, ketika kondisi pembakaran normal dan tak dipengaruhi oleh faktor lain macam oli mesin dan konsumsi BBM yang berlebihan efek peningkatan spek karbu. Busi ini bawaan motor setiap diluncurkan dari pabrikan. (Leiwakabessy. 2010)



Gambar 2.4 Busi Standart

2. Busi NGK Iridium

Busi iridium ialah busi generasi baru dengan ujung elektroda positif berdiameter 0.7 mm untuk pemakaian standar dengan umur pemakaian lebih panjang. Sedangkan diameter 0.4 mm merupakan yang terkecil di dunia dipakai untuk kecepatan tinggi atau balapan. Pabrikan telah menstandarkan busi iridium dengan kondisi motor dan karakter motor serta pemakaiannya. Bahan ujung inti elektroda yang digunakan adalah campuran iridium dan rhodium (*iridium alloy*) hasil pengembangan teknologi Denso Jepang dengan titik lebur sangat tinggi.

Busi iridium (IR) dirancang memerlukan tegangan kerja yang kecil, sehingga kita tidak perlu mengganti dengan yang lain. Dengan ujung meruncing 0.4 mm, api yang dihasilkan akan terfokus pada satu titik dan lebih stabil. Berbeda dengan busi 0.7 mm yang percikan apinya akan memutar. Jadi dengan busi iridium akan didapatkan pembakaran yang sempurna.

Keistimewaan busi iridium antara lain dapat menambah campuran bahan bakar udara yang miskin sehingga meningkatkan performa pembakaran baik pada kondisi idle maupun saat berkendara. Kebutuhan tegangan juga lebih baik di setiap kondisi, demikian juga dengan daya percepatan atau akselerasinya. Jarak tempuh busi sekitar 50 - 70 ribu km. berumur lama cocok buat mesin motor besar diatas 150cc. Bisa dikatakan semi kompetisi, biasa diaplikasi buat mesin non standar.



Gambar 2.5 Busi Iridium

3. Busi Platinum

Ujung elektroda tengah dan elektroda masa dilapisi dengan lapisan platinum untuk memperpanjang umur busi dan mengurangi keausan elektroda. Diameter elektroda tengah diperkecil sampai 0.6 mm

(busi biasa diameter elektroda 2.5 mm) dan celah elektroda busi dan platinum 1.1 mm, lebar bidang segi enamnya (dudukan logam) diperkecil dari 20.6 mm pada busi biasa menjadi 16 mm (busi platinum). Pada prinsipnya fungsi dan kerja busi adalah sama dari beberapa merk pabrik busi, namun masing – masing mempunyai spesifikasi dan karakteristik yang berbeda. (Hidayat, 2012)



Gambar 2.6 Busi Platinum

2.5 Daya motor

Pada motor bakar, daya dihasilkan dari proses pembakaran didalam silinder dan biasanya disebut dengan daya indiator. Daya tersebut dikenakan pada torak yang bekerja bolak balik didalam silinder mesin. Jadi didalam silinder mesin, terjadi perubahan energi dari energi kimia bahan bakar dengan proses pembakaran menjadi energi mekanik pada torak.

2.5.1 Parameter Daya

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu (Arends&Berenschot 1980: 20) Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus :

$$P = \frac{2\pi \times n \times T}{6000}$$

Dimana

P = Daya (kW)

$\pi = 3,14$

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi mesin (Nm)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen dan

merupakan penelitian kuantitatif yaitu memberikan gambaran dan memaparkan secara jelas hasil eksperimen di laboratorium dalam bentuk angka-angka. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya kontrol. Pada penelitian ini digunakan alat dan bahan diantaranya yaitu :

**1) Sepeda motor Honda Supra X 125**

Dengan spesifikasi mesin sebagai berikut :

1. Diameter x langkah : 52,4x57,9 mm
2. Volume langkah : 124,8 cc
3. Perbandingan kompresi: 9,0 : 1
4. Daya maksimum : 9,3 PS / 7.500 rpm
5. Torsi maksimum : 1,03 kgf.m/ 4000 rpm
6. Busi Standar : CPR6EA-9 (NGK) atau U20EPR9 (DENSO)
7. Jarak renggang busi : 0,80-0,90 mm
8. Putaran stasioner : 1.400 ± 100 menit<sup>-1</sup> (rpm)
9. Jarak renggang klep : - masuk 0,05 mm - buang 0,05 mm
10. Pola Pengoperan Gigi : N-1-2-3-4-N (Rotari)
11. Sistem pengapian : Carburator – DC CDI

**2) katalisator**

pipa tembaga dengan diameter dalam 6,5 mm dan panjang 10 sampai 13 cm yang berisi antara lain serbuk *alumina oxide* dibungkus dengan saringan nikelin (*nickel*) dan lempeng *platinum* (platina) di lingkaran luar dan masing-masing disekat strimin *stainless steel* sebagai anti *flashback*

**3) Busi *standart* dan busi *platinum*.**

Dengan type :

1. NGK CPR6EA-9 (Untuk busi standar)
2. NGK CR7HGP3595 (Untuk busi platinum)

**3.2 Prosedur Pengumpulan Data**

**3.2.1 Identifikasi Variabel**

Dari pengertian tersebut secara garis besar variabel dalam penelitian ini ada tiga variabel, yang secara lengkap dijelaskan sebagai berikut:

**a. Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

1. Penggunaan HCS (*Hidrocarbon Crack System*), yang pertama tanpa penggunaan HCS, kemudian penggunaan HCS dengan satu katalisator dan penggunaan HCS dengan dua katalisator yang dipasang secara seri.
2. Penggunaan jenis busi berdasarkan jenis bahan pada pusat elektrodanya yaitu busi *standart* dan busi *platinum*.

**b. Variabel Terikat**

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya mesin pada sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2011.

**c. Variabel Kontrol**

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

1. Celah katup 0,08 mm.
2. Celah busi 0,7 mm.
3. Perbandingan kompresi 9,0 : 1.
4. Bahan bakar adalah bensin premium.
5. Pembukaan tuas gas pada 1500 rpm.
6. Bahan pengisi pada HCS adalah bensin premium.
7. Diameter dalam selang tahan panas HCS 5 mm.
8. Diameter dalam pipa katalisator HCS 6.5 mm.
9. Bahan pipa katalisator adalah tembaga.
10. Beban pengendara seberat ± 55 kg.
11. Selang waktu tiap pengambilan data dibuat selama ± 5 menit.

**3.3 Prosedur Analisa**

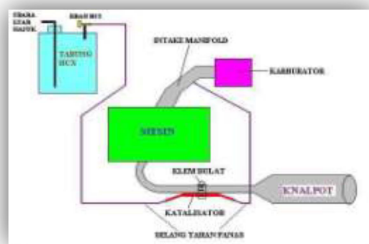
Pada penelitian ini untuk pengukuran daya mesin digunakan desain eksperimen faktorial 3×2, definisi dari desain eksperimen adalah yang semua (hampir semua) taraf sebuah faktor tertentu dikombinasikan dalam eksperimen tersebut, pada penelitian ini terdapat dua variabel bebas yang kemudian pada desain eksperimen tersebut disebut faktor. Faktor pertama (A) mempunyai tiga taraf yaitu tanpa penggunaan HCS (*Hidrocarbon Crack System*), penggunaan HCS dengan satu katalisator dan penggunaan HCS dengan dua katalisator yang dipasang secara seri. Sedangkan faktor kedua



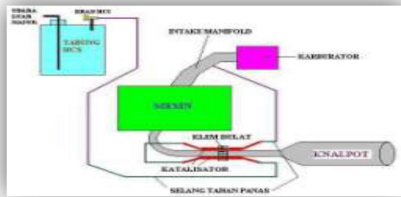
(B) mempunyai dua taraf yaitu busi dengan jenis busi *standart* dan busi *platinum*. Sehingga pada eksperimen ini diperoleh desain eksperimen faktorial  $3 \times 2$ , dengan demikian diperlukan 6 kondisi eksperimen atau 6 kombinasi perlakuan yang berbeda-beda. Pada masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali replikasi, sehingga tiap perlakuan diperoleh tiga data. Karena pada tiap perlakuan dilakukan replikasi sebanyak tiga kali, maka pada eksperimen faktorial  $3 \times 2$  ini akan diperoleh sebanyak 18 data.

### 3.4 Gambar rancangan

#### 3.4.1 Gambar rancangan katalisator

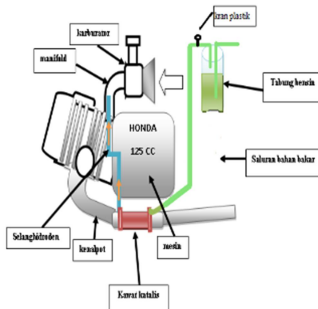


Gambar 3.1 Skema rancangan pemasangan dengan menggunakan satu (1) katalis



Gambar 3.2 Skema rancangan pemasangan dengan menggunakan dua (2) katalisator

#### 3.4.2 Gambar rancangan HCS pada motor



Gambar 3.3 Rancangan HCS pada motor

## 4. HASIL PENGAMATAN

### 4.1 Data Hasil Pengamatan

Adapun data pengamatan Daya Mesin Sepeda Motor Honda Supra X 125 Sebagai berikut:

#### 4.1.1 Pengambilan data tanpa menggunakan HCS dengan Variasi Jenis busi *Standart* dan *Platinum*

Pada Tabel ini dapat dilihat pengambilan data mesin tanpa menggunakan *Hydrocarbon Crack System* dengan menggunakan Variasi jenis busi. pengambilan data di Reflikasikan sebanyak tiga kali.

Tabel.4.1 Data pengujian tanpa HCS dengan menggunakan variasi jenis busi

Jumlah pengujian	Jenis Busi	Tanpa HCS	Gas konstanta
1	Busi Standar NGK(CPR6EA-9)	4000	4000
2		4000	
3		4000	
Jumlah pengujian	Jenis Busi	Tanpa HCS	Gas konstanta
1	Busi Platinum NGK(CR7HGP359 5)	4050	4000
2		4050	
3		4050	

#### 4.1.2 pengambilan data Daya Mesin Sepeda Motor Honda Supra X 125 Menggunakan HCS satu Katalisator dengan Variasi Jenis Busi *Standart* dan *Platinum*

Pada Tabel ini dapat dilihat pengambilan data mesin dengan menggunakan *Hydrocarbon Crack System* dengan satu Katalisator dan Variasi jenis busi. pengambilan data di Reflikasikan sebanyak tiga kali.

Tabel.4.2 Pengujian HCS dengan I katalisator dan Variasi jenis Busi.

Jumlah pengujian	Jenis Busi	HCS Dengan I Katalisator	Gas konstan
1	Busi Standar	4150	4000
2	NGK(CPR6EA-9)	4150	
3		4150	
Jumlah pengujian	Jenis Busi	HCS Dengan I Katalisator	Gas konstan
1	Busi Platinum	4200	4000
2	NGK(CR7HGP3595)	4200	
3		4200	

**4.1.3 Pengambilan data Daya Mesin Sepeda Motor Honda Supra X 125 Menggunakan HCS dua Katalisator yang dipasang seri dengan Variasi Jenis Busi *Standart* dan *Platinum***

Pada Tabel ini dapat dilihat pengambilan data *Hydrocarbon Crack System* dengan dua Katalisator dan Variasi Jenis Busi. Pengambilan data direfleksikan sebanyak tiga kali.

Tabel.4.3 pengambilan data dengan HCS menggunakan dua Katalisator

Jumlah pengujian	Jenis Busi	HCS Dengan II Katalisator	Gas konstan
1	Busi Standar	4250	4000
2	(NGK CPR6EA-9)	4250	
3		4250	
Jumlah pengujian	Jenis Busi	HCS Dengan II Katalisator	Gas konstan
1	Busi Platinum	4300	4000
2	(NGK CR7HGP3595)	4300	
3		4300	

**4.2 Perhitungan Daya Mesin Pada Sepeda Motor Honda Supra X 125**

**4.2.1 Perhitungan Daya Mesin Tanpa HCS Dengan Variasi Busi *Standar***

Adapun perhitungan daya mesin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2. \pi \times n \times T}{6000} \\
 &= \frac{2.3,14 \times 4000 \times 1,03}{6000} \\
 &= \frac{6,28 \times 4000 \times 1,03}{6000} \\
 &= 4,31 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

**4.2.2 Perhitungan Daya Mesin Tanpa HCS Dengan Variasi Busi *Platinum***

Adapun perhitungan daya mesin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2. \pi \times n \times T}{6000} \\
 &= \frac{2.3,14 \times 4050 \times 1,03}{6000} \\
 &= \frac{6,28 \times 4050 \times 1,03}{6000} \\
 &= 4,36 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

**4.2.3 Perhitungan Daya Mesin HCS Satu Katalisator dengan Variasi Busi *Standar***

Adapun perhitungan daya mesin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2. \pi \times n \times T}{6000} \\
 &= \frac{2.3,14 \times 4150 \times 1,03}{6000} \\
 &= \frac{6,28 \times 4150 \times 1,03}{6000} \\
 &= 4,47 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

**4.2.4 Perhitungan Daya Mesin HCS Satu Katalisator Dengan Variasi Busi *Platinum***

Adapun perhitungan daya mesin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2. \pi \times n \times T}{6000} \\
 &= \frac{2.3,14 \times 4200 \times 1,03}{6000} \\
 &= \frac{6,28 \times 4200 \times 1,03}{6000} \\
 &= 4,53 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

**4.2.5 Perhitungan Daya Mesin HCS Dua Katalisator Dengan Variasi Busi *Standar***

Adapun perhitungan daya mesin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2. \pi \times n \times T}{6000} \\
 &= \frac{2.3,14 \times 4250 \times 1,03}{6000} \\
 &= \frac{6,28 \times 4250 \times 1,03}{6000} \\
 &= 4,58 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.6 Perhitungan Daya Mesin HCS Dua Katalisator Dengan Variasi Busi Platinum

Adapun perhitungan daya mesin adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{2. \pi \times n \times T}{6000}$$

$$= \frac{2.3,14 \times 4300 \times 1,03}{6000}$$

$$= \frac{6,28 \times 4300 \times 1,03}{6000}$$

$$= 4,63 \text{ kW}$$

Pada tabel di bawah ini adalah data perbandingan nilai rata – rata variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor honda supra X 125.

Taraf	Tanpa HCS	HCS 1 Katalisator	HCS 2 Katalisator	Nilai rata-rata
Busi standarNGK CPR6EA-9	4,31 kW	4,47 kW	4,58 kW	4,45 kW
Busi platinum NGK CR7HGP3595	4,36 kW	4,53 kW	4,63 kW	4,50 kW

Tabel.4.4 Variasi jenis busi terhadap daya mesin

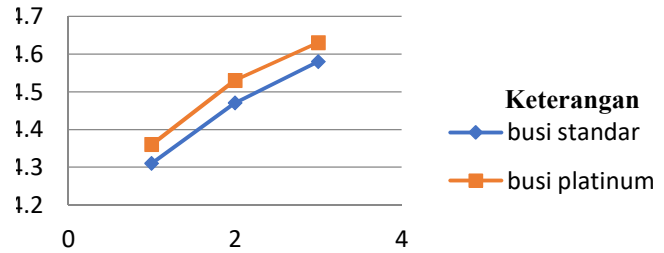
Pada tabel dibawah ini adalah hasil perhitungan daya mesin sepeda motor honda supra X 125.

Tabel.4.5 Hasil perhitungan Daya mesin sepeda motor Honda Supra X

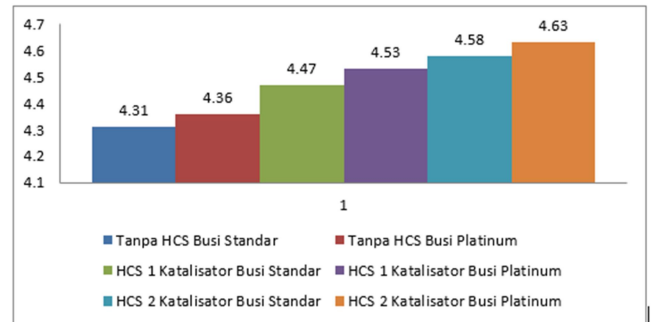
Tanpa HCS		HCS 1 Katalisator		HCS 2 Katalisator	
Busi Standar	Busi Platinum	Busi Standar	Busi Platinum	Busi Standar	Busi Platinum
4,31 kW	4,36 kW	4,47 kW	4,53 kW	4,58 kW	4,63 kW

Berdasarkan tabel di atas maka data dapat disajikan dalam bentuk grafik dan histogram seperti pada gambar 4.1 dan 4.2

Grafik Perbandingan Daya Mesin HCS dengan Variasi Jenis Busi



Gambar.4.1 Grafik perbandingan Daya Mesin HCS dengan Variasi Jenis Busi



Gambar. 4.2 Histogram Perbandingan Daya Mesin

#### 4.5 Pembahasan Hasil Analisis Data

##### 1. Pengaruh jumlah katalisator pada Hydrocarbon Crack System (HCS) terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan dalam tabel 4.5 terlihat bahwa penggunaan katalisator pada Hydrocarbon Crack System Secara umum memberikan pengaruh yang berbeda terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan dua katalisator dan variasi jenis busi platinum dapat menghasilkan daya yang lebih besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh antara variasi jumlah katalisator Hydrocarbon Crack System terhadap Daya mesin pada sepeda motor Honda Supra X 125

Pemasangan Hydrocarbon Crack System dengan dua katalisator yang di pasang secara seri akan menghasil gas (H<sub>2</sub>)

dari proses mengCrack premium menjadi lebih banyak. Karena gas  $H_2$  yang dihasilkan lebih banyak maka proses pembakaranpun menjadi semakin sempurna. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tekanan pembakaran yang tinggi dan memperbesar daya mesin. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan pemasangan *Hydrocarbon Crack System* mampu menaikkan daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125.

## 2. Pengaruh variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125

Dari tabel.4.4 dapat dilihat bahwa pengaruh variasi jenis busi terhadap daya mesin motor honda supra x 125 adalah busi *platinum* nilai rata-rata adalah 4,50 kW lebih besar dari busi *standar* yang nilai rata-rata adalah 4,45 kW. Perbedaan ini terlihat pada gambar 4.1 dimana terlihat jelas busi *platinum* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan busi *standar*. Berdasarkan hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa ada kenaikan daya mesin sepeda motor Honda Supra X 125 dengan menggunakan variasi jenis busi.

Busi jenis *standart* merupakan busi dengan ujung elektroda terbuat dari nikel menghasilkan percikan bunga api yang cukup serta diameter elektroda pusat 2,5 mm menghasilkan percikan bunga api kurang terpusat. Sedangkan busi jenis *platinum* adalah busi dengan ujung elektroda terbuat dari nikel dan pusat elektroda dari *platinum* menghasilkan percikan bunga api yang lebih besar dari pada busi *standart* serta diameter elektroda 0,6-0,8 mm menghasilkan bunga api lebih terpusat.

Semakin besar percikan bunga api dan semakin terpusatnya bunga api yang dihasilkan busi maka semakin sempurna proses pembakaran di dalam ruang bakar sehingga bahan bakar dapat terbakar dengan sempurna dan daya mesin yang dihasilkan akan meningkat. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa

ada kenaikan daya mesin pada sepeda motor Honda Supra X125 dengan menggunakan variasi jenis busi.

## 3. Interaksi antara jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* dan variasi Jenis Busi terhadap daya Mesin Sepeda Motor Honda Supra X 125

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel.4.5 Menunjukkan bahwa ada interaksi antara jumlah katalisator pada *Hydrocarbon Crack System* dan Variasi jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor Honda supra X 125 dengan hasil perhitungan HCS dengan dua Katalisator dan Variasi busi *platinum* adalah 4,63 kW lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *Hydrocarbon Crack System* dan penggunaan variasi jenis busi secara bersama-sama berpengaruh untuk menaikkan Daya Mesin pada sepeda Motor Honda Supra x125.

## 4. Rangkuman Hasil Penelitian Daya Mesin

Tabel.4.5 merupakan rangkuman hasil penelitian Daya Mesin sepeda Motor, dapat dilihat bahwa Daya Mesin Sepeda Motor pada interaksi penggunaan dua Katalisator *Hydrocarbon Crack system* dan pemakaian busi *Platinum* adalah yang paling tinggi. Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh pada gambar 4.2 dimana terlihat jelas perbedaan antara penggunaan HCS 1 katalistaor dan 2 katalisator dengan menggunakan busi *standar* dan busi *platinum*. Hal ini disebabkan karena pemasangan dua katalisator *Hydrocarbon Crack System* maka gas  $H_2$  yang dihasilkan lebih banyak dan akan sangat membantu proses pembakaran pada ruang bakar sehingga diperoleh pembakaran yang lebih sempurna sehingga busi *Platinum* menghasilkan percikan bunga api yang lebih besar dan terpusat, karena diameter pusat elektrodanya lebih kecil dibanding busi *Standart*, dengan demikian makin kecil diameter pusat elektroda, makin fokus pengapian sehingga proses pembakaran yang lebih sempurna.

Daya Mesin Sepeda Motor pada variasi tanpa menggunakan *Hydrocarbon*

*Crack System* dan pemakaian busi *standart* adalah yang paling rendah. Hal ini disebabkan tidak adanya gas H<sub>2</sub> yang di alirkan keruang bakar yang dapat membantu proses pembakaran sehingga proses pembakaran hanya berlangsung secara normal, selain itu bunga api yang dihasilkan oleh busi *standart* kecil,

## 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan:

1. Ada pengaruh signifikan jumlah katalisator Hydrocarbon Crack System terhadap daya mesin sepeda motor supra x 125 tahun 2011. Dimana pemasangan dua buah katalis Hydrocarbon Crack System menghasilkan daya yang paling besar dengan rerata daya sebesar 4,58 kW, disusul selanjutnya pemasangan satu buah katalis Hydrocarbon Crack System dengan rerata 4,47 kW. Dan yang terakhir tanpa pemasangan Hydrocarbon Crack System dengan rerata 4,31 kW.

percikan yang dihasilkan hanya satu arah saja sehingga kurang mendukung terjadinya pembakaran yang sempurna. Dengan kondisi tersebut maka Daya Mesin sepeda motor yang dihasilkan lebih kecil.

2. Ada pengaruh Variasi jenis Busi terhadap Daya mesin Sepeda motor supra x 125. Hal ini dapat ditunjukkan pada hasil uji data, dimana pemakain busi platinum menghasilkan daya lebih besar dengan rerata 4,50 kW dibandingkan dengan pemakaian busi standart dengan rerata 4,45 kW.
3. Terdapat interaksi pengaruh antara penggunaan jumlah katalisator pada Hydrocarbon Crack System dan Variasi jenis busi terhadap daya mesin dimana pemakaian dua buah katalisator dengan variasi jenis busi platinum dapat menghasilkan daya yang besar dengan rerata 4,63 kW.

## DAFTAR PUSTAKA

Ajie R.B. 2015. Pengaruh Perbedaan Waktu Paparan Asap Pembakaran Bahan Organik Terhadap Gambaran Histopatologi Trakea Tikus Putih (*Rattus Novergicus*) Jantan Galur Sprague dawley. Fakultas Kedokteran Universitas Lampung. Bandar Lampung

Anonim. 2010. Modul praktikum pembakaran. Bandung: Institut Teknologi Bandung

Fauzi. A; Songko.M.N; Siswanto.E. 2017. Analisis Pengaruh Jenis Bahan Bakar terhadap Penggunaan Hydrocarbon Crack System pada Emisi Gas Buang Engine Stand Tipe 5K. Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.

Hidayat, Wahyu. 2012. Motor Bensin Modern. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

Ikhsan.M. 2013. Pengaruh Jumlah Katalisator Pada Hydrocarbon Crack System (HCS) Dan Jenis Busi Terhadap Daya Mesin Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2008, Surakarta : FKIP-UNS

Jama, Jalius. dan Wagino. 2008. Teknik Sepeda Motor jilid 2. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Leiwakabessy. A.Y. 2010. Kaji Teoritik Pengaruh Variasi Penggunaan Tipe Busi Terhadap Kinerja Motor Jupiter Mx 135cc. Fakultas Teknik UNPATI. Ambon

Machmud S; Surono, U.B; Sitorus. L. 2013 Pengaruh Variasi Unjuk Derajat Pengapian Terhadap Kerja Mesin. Jurnal Teknik Vol. 3. No.1. April 2013

- Mahandri, CP. 2010. Fenomena flame lift-up pada pembakaran premixed gas propana. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Putra, D.R. 2009. Kajian Eksperimental Pengaruh Penggunaan Gas Hasil Elektrolisis terhadap Unjuk Kerja Motor Diesel. Jurnal Jurusan Teknik. Sistem Perkapalan, FTK-ITS 5 (1), 12.
- Rein G. 2006. Introduction to smouldering combustion. Edinburgh: University of Edinburgh.
- Sihana. 2010. Analysis of thermal system. Jogjakarta: Universitas Gajah Mada.
- Sugiyono. 2001. Metode Penelitian Administrasi. Bandung: Alfa Beta.
- Suyanto, Wardan. 1989. Teori Motor Bensin. Jakarta: P2LPTK.
- Toyota Astra Motor. 1996. New Step 1 Training Manual. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Toyota Astra Motor. 1993. Step 2 Engine Group. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.