



**PENGARUH PANJANG PIPA KATALIS ANNULUS KONSENTRIS PADA
HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR 4-LANGKAH**

SKRIPSI

Oleh:

**Masruri Wardhana
NIM 131910101096**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2017



**PENGARUH PANJANG PIPA KATALIS ANNULUS KONSENTRIS PADA
HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR 4-LANGKAH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Masruri Wardhana

NIM 131910101096

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga karya tulis ini dapat terselesaikan. Semoga setiap untaian kata didalamnya dapat menjadi persembahan sebagai ungkapan atas segala rasa sayang dan terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar.
2. Kedua orang tuaku, Bapak Bambang Agus Suwarso dan Ibu Mahmudah yang tiada henti memberikan dukungan moral dan moril demi kesuksesan penulis.
3. Adik adiku, Maulana Ainul Yakin dan Imam Akbal yang selalu memberikan do a dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Kakek dan nenekku, Ibu Siti Aliyah, Alm Bapak Samani dan Alm Ibu Mukaromah yang menjadi panutandan motivator penulis, serta keluarga – keluarga yang selalu mendukung kesuksesan penulis.
5. Saudari Amalia Febrianti Ramadhani yang selalu mengingatkan dan memberikan semangat dalam menyelesaikan karya tulis ini.
6. Keluarga besar teknik mesin angkatan 2013 yang memberikan pengalaman, pengetahuan dan makna pertemanan.
7. Teman – teman seperjuangan, keluarga angkringan Fc yang selalu menghibur dan memberi semangat.
8. Teman – teman kelompok KKN 083 Desa Sumber Kalong Kecamatan Wonosari Kabupaten Bondowoso yang selalu memberi semangat.
9. Alamater tercinta universitas jember, khususnya fakultas teknik yang memberikan banyak pengalaman dan ilmu tentang kehidupan bersama.

HALAMAN MOTTO

"Barang siapa menginginkan soal-soal yang berhubungan dengan dunia, wajiblah ia memiliki ilmunya ; dan barang siapa yang ingin (selamat dan berbahagia) di akhirat, wajiblah ia mengetahui ilmunya pula; dan barangsiapa yang menginginkan kedua-duanya, wajiblah ia memiliki ilmu kedua-duanya pula".

(HR. Bukhari dan Muslim)

"Ilmu pengetahuan tanpa agama lumpuh, agama tanpa ilmu pengetahuan buta."

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Masruri Wardhana**

NIM : **131910101096**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: **“PENGARUH PANJANG PIPA KATALIS ANNULUS KONSENTRIS PADA HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR 4-LANGKAH”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 12 November 2017

Yang Menyatakan

Masruri Wardhana
NIM 131910101096

SKRIPSI

**PENGARUH PANJANG PIPA KATALIS ANNULUS KONSENTRIS PADA
HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR
4-LANGKAH**

Oleh :
Masruri Wardhana
NIM. 1319101096

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Sumarji, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI STARTA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**PENGARUH PANJANG PIPA KATALIS ANNULUS KONSENTRIS PADA HCS (Hydrocarbon Cracking System) TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR 4-LANGKAH**” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 28 November 2017

Tempat : Ruang Ujian 2, Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T.

NIP. 19711114 199903 1 002

Anggota I,

Sumarji, S.T., M.T.

NIP.19680202 199702 1 001

Anggota II,

Dr. Robertoes Koekoeh K. W, S.T., M.Eng

NIP.19670708 199412 1 001

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

NIP.19681207 199512 1 002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP.19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Pengaruh Panjang Pipa Katalis Annulus Konsentris Pada HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) Terhadap Unjuk Kerja Motor 4 – Langkah: Masruri Wardhana; 131910101096; 2017; 60 Halaman; Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Untuk meningkatkan unjuk kerja dari sebuah kendaraan dilakukan berbagai cara, salah satunya dengan sistem HCS (*Hydrocarbon Cracking System*). HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) merupakan sebuah inovasi untuk meningkatkan performa dan unjuk kerja kendaraan bermotor, dengan memanfaatkan kandungan hidrokarbon dalam bahan bakar (pertalite). Cara kerja HCS adalah dengan memanfaatkan bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar akan dipanaskan dengan media pipa katalis tembaga sehingga terjadi proses *cracking* didalamnya, dengan proses *cracking* akan terjadi penguraian atau pemecahan molekul - molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi molekul - molekul senyawa yang lebih kecil. Dari hasil *Cracking* bahan bakar itu membuat campuran bahan bakar dan udara menjadi lebih ideal dan proses pembakaran pada motor bakar akan mendekati ideal.

Dengan menggunakan sistem HCS mampu meningkatkan unjuk kerja dari kendaraan bermotor. Dengan menggunakan metode eksperimental dengan variasi pengujian panjang pipa katalis 200 mm, 150 mm dan 100 mm dengan putaran mesin 3000 – 7000 rpm dan kondisi standart sebagai perbandingan. Dalam pengujian ini menggunakan gas analyzer dan *dyno test* untuk mengetahui torsi, emisi gas buang dan laju konsumsi spesifik yang dilakukan pada motor Honda supra x 125.

Hasil pengujian didapatkan dengan penambahan panjang pipa katalis dapat meningkatkan performa kendaraan dan dapat menurunkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Pada pengujian nilai torsi maksimum dengan menggunakan *dyno test*, penggunaan katalis dengan panjang 200 mm menunjukkan nilai torsi yang paling tinggi yaitu 9,29 N.m. Nilai emisi gas buang yang dihasilkan pada

pengujian dengan gas analyzer menunjukkan dengan menggunakan pipa katalis dapat mereduksi kandungan gas HC hingga 219.33 ppm dan CO hingga 3,85%. Pada pangujian laju konsumsi bahan bakar spesifik penambahan panjang katalis 200 mm ini menunjukan hasil yang baik, karena dengan katalis 200 mm laju bahan bakar spesifik turun hingga 8% - 10%.

Penambahan panjang pipa katalis dengan bentuk *annulus konsentris* pada HCS reaksi *cracking* bahan bakar yang terjadi lebih merata, sehingga bahan bakar akan terurai menjadi molekul molekul yang lebih kecil dengan sempurna dan campuran bahan bakar dengan udara menjadi lebih ideal, dengan campuran bahan bakar yang lebih ideal maka proses pembakaran pada ruang bakar akan berlangsung mendekati sempurna.

SUMMARY

Effect of Catalyst Annular Concentric Pipe Length On HCS (Hydrocarbon Cracking System) Towards 4-Stroke Motor Performance: Masruri Wardhana; 131910101096; 2017; 60 Pages; Department of Mechanical Engineering University of Jember.

To increase performance of a vehicle is done in various ways, one of them with HCS system (Hydrocarbon Cracking System). HCS (Hydrocarbon Cracking System) is an innovation to improve performance of a motor, by utilizing the hydrocarbon content in the fuel (pertalite). How HCS works is to utilize the fuel into the combustion chamber will be heated with copper catalyst pipe media so there cracking process happened, with the cracking process will occur decomposition or breaking the molecules of large hydrocarbons into smaller molecules. From the results of cracking the fuel that makes the mixture of fuel and air to be more ideal and combustion process in motor fuel will be close to ideal.

Using the HCS system can improve the performance of motor. Using experimental method with variation of test length of catalyst pipe 200 mm, 150 mm and 100 mm with engine speed 3000 - 7000 rpm and standard condition as comparison. In this test using a gas analyzer and dyno test to determine the torque, exhaust emissions and specific consumption rate performed on Honda supra x 125 motor.

Results obtained with the addition of catalyst pipe length can improve motor performance and can reduce fuel consumption and exhaust emissions. In experimen the maximum torque value using the dyno test, the use of catalyst with a length of 200 mm shows the highest torque value of 9.29 N.m. The value of exhaust emission generated in the test by gas analyzer showed by using catalyst pipe can reduce the gas content of HC up to 219.33 ppm and CO up to 3.85%. At the test of the specific fuel consumption rate, the addition of 200 mm catalyst length is a good result, because with 200 mm catalyst the specific fuel rate decreases to 8% - 10%.

Adding the length of the catalyst pipe to the concentric annular form on the fuel reaction cracking HCS occurs more evenly, so that the fuel will decompose into a smaller molecule of a smaller molecule perfectly and the fuel mixture with air becomes more ideal, with a more ideal fuel mix then the combustion process in the combustion chamber will go near perfect.



PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT. atas segala berkat, bimbingan, serta rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi tentang “Analisis Pengaruh Panjang Pipa Katalis Annulus Konsentris Pada HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) Terhadap Unjuk Kerja Motor 4-Langkah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
3. Bapak Hari Sutjahyono, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi S1 Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., MT. dan Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan dosen pembimbing anggota dari Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
5. Bapak Dr. Robertoes Koekoeh Koentjoro W, S.T., M.Eng dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T selaku dosen penguji I dan dosen penguji II dari Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
6. Bapak Fahrur Rozy Hentihu, S.T., M.T selaku dosen pembimbing akademik dari Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
7. Keluarga besar Teknik Mesin Universitas Jember angkatan 2013 yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam terselesaikannya skripsi ini

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tidak terlepas dari keterbatasan, yang biasanya akan mewarnai kadar ilmiah dari skripsi ini. Oleh karena itu penulis selalu terbuka terhadap masukan dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun untuk mendekati kesempurnaan. Tidak lupa penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya jika terdapat kesalahan dan kekeliruan. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat menjadi bahan acuan yang bermanfaat di kemudian hari.

Jember, 19 November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ketersediaan Bahan Bakar Minyak di Indonesia	6
2.2 Angka Oktan (<i>octane number</i>)	8
2.3 Motor Bakar	10
2.4 Parameter Unjuk kerja Motor 4 Langkah	12
2.4.1 Torsi dan Daya.....	13
2.4.2 Emisi Gas Buang	14
2.4.3 Laju Konsumsi Bahan Bakar	15

2.5 HCS (<i>Hydrocarbon Cracking System</i>).....	16
2.6 Katalis	18
2.7 Hipotesa Penelitian	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Metode Penelitian	23
3.2 Waktu dan Tempat	23
3.3 Alat dan Bahan	23
3.3.1 Alat	23
3.3.2 Bahan	24
3.4 Variabel Penelitian	24
3.4.1 Variabel Bebas	25
3.4.2 Variabel Terikat.....	25
3.5 Rancangan Penelitian	25
3.6 Prosedur Penelitian.....	26
3.6.1 Persiapan dan Pemeriksaan Alat dan Bahan	27
3.6.2 Tahap Pengambilan Data.....	27
3.7 Skema <i>Flow Chat</i> Penelitian	31
3.8 Desain HCS (<i>Hydrocarbon Cracking System</i>)	32
3.9 Skema Pemasangan (<i>Hydrocarbon Cracking System</i>).....	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Data Hasil Penelitian	35
4.1.1 Analisa Torsi dan Daya	35
4.1.2 Analisa Emisi Gas Buang	39
4.1.3 Analisa Laju Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	46
BAB 5. PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN A Pengujian Emisi Gas Buang	54
LAMPIRAN B Pengujian Laju Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	58
LAMPIRAN C Pengujian Torsi dan Daya	60

LAMPIRAN D Gambar Proses Pengujian	67
LAMPIRAN E Gambar alat dan Bahan Penelitian	70



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Nasional 2005 – 2014	6
2.2 Proyeksi Kebutuhan Energi Final Di Sektor Transportasi.....	7
2.3 Perkembangan Cadangan Minyak Bumi Indonesia	8
2.4 Siklus Motor Bakar 4 Langkah	12
2.5 Grafik Hasil Uji Performa Kendaraan Dengan HCS	18
2.6 Grafik Hasil Pengujian Kadar CO.....	19
2.7 Grafik Hasil Pengujian Kadar HC.....	19
2.8 Grafik Performa Mesin	20
2.9 Desain Pipa Katalis	22
3.1 Desain Pipa Katalis	26
4.1 Grafik Pengaruh Panjang Katalis Terhadap Torsi	36
4.2 Grafik Pengaruh Panjang Katalis Terhadap Daya	39
4.3 Grafik Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC).....	41
4.4 Grafik Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO).....	42
4.5 Grafik Emisi Gas Buang Karbon Dioksida (CO ₂)	44
4.6 Grafik Emisi Gas Buang Oksigen (O ₂)	46
4.7 Grafik Laju Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbandingan Kompresi dan Oktan Bahan Bakar.....	10
2.2 Hasil Pengujian Konsumsi BB.....	22
3.1 Pengambilan data Pengujian <i>Dyno Test</i>	30
3.2 Pengambilan data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	31
3.3 Pengambilan Data Emisi Gas Buang	31
4.1 Rata - rata Hasil Pengujian Torsi Maksimum.....	36
4.2 Rata - rata Hasil Pengujian Daya Maksimum.....	38
4.3 Rata - rata Kandungan Gas Hidrokarbon (HC).....	40
4.4 Rata - rata Kandungan Gas Karbon Monoksida (CO)	42
4.5 Rata - rata Nilai Kandungan Gas Karbon Dioksida (CO ₂)	43
4.6 Rata - rata Nilai Kandungan Gas Oksigen (O ₂)	45
4.7 Rata - rata Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)	48

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin bertambahnya kebutuhan masyarakat akan transportasi mengakibatkan kebutuhan kendaraan bermotor akan semakin tinggi. Sesuai dengan perkembangan moda transportasi saat ini, muncul berbagai macam transportasi yang menyajikan berbagai jenis yang ditawarkan. Contohnya saja sepeda motor yang semakin variatif dengan model dan variasinya. Hal itu sejalan dengan sifat konsumtif masyarakat Indonesia yang mengakibatkan tingginya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, khususnya sepeda motor. Pesatnya pertumbuhan jumlah sepeda motor di Indonesia merupakan yang tertinggi di Asean, yakni 13,2% dibanding moda transportasi lainnya (Helmi, 2015). Semakin tingginya jumlah kendaraan akan berdampak pada tingginya konsumsi bahan bakar nasional. Bahan bakar minyak merupakan sumber energi utama yang digunakan untuk menggerakkan sebuah kendaraan. Bahan bakar minyak yang dijadikan sumber energi pada kendaraan merupakan sumber energi yang berasal dari fosil dan tidak dapat diperbaharui lagi. Dengan tinggi konsumsi bahan bakar nasional akibat dari laju pertumbuhan kendaraan yang meningkat drastis maka menyebabkan ketersediaan bahan bakar akan semakin menipis.

Pihak produsen sepeda motor mulai mengembangkan teknologinya dengan memproduksi sepeda motor yang hemat bahan bakar. Pada aplikasinya semakin rendah laju konsumsi pada sebuah kendaraan maka performa kendaraan akan akan menurun, karena bahan bakar sangat mempengaruhi unjuk kerja sebuah kendaraan (Gunawan dkk., 2013). Dengan campuran bahan bakar dan udara yang ideal akan meningkatkan unjuk kerja pada motor bakar karena pembakaran yang sempurna. Kandungan nilai oktan dalam bahan bakar minyak juga mempengaruhi kinerja dan *performance* sepeda motor.

Nilai oktan pada bahan bakar akan meningkatkan performa mesin, nilai oktan juga berpengaruh signifikan pada karakteristik emisi gas buang (Negara dkk., 2009). Selain meningkatkan performa mesin dan menurunkan emisi gas buang

kandungan oktan dalam bahan bakar juga mempengaruhi laju konsumsi bahan bakar, dengan oktan tinggi dan rasio kompresi tinggi akan memperoleh efisiensi yang optimal tanpa detonasi (*knocking*) dan pembakaran menjadi mendekati sempurna (Suprpto, 2004).

Penggunaan bahan bakar dengan kadar oktan yang sesuai dengan kompresi dan spesifikasi kendaraan akan meningkatkan kinerja dan efisiensi pembakaran pada motor bakar (Arismunandar W, 2002). Penggunaan bahan bakar sesuai dengan spesifikasi pada kendaraan selain meningkatkan efisiensi mesin, juga dapat menurunkan emisi gas buang. Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran yang dihasilkan oleh kendaraan. Emisi gas buang dari kendaraan ini menyebabkan pencemaran udara dan dapat meningkatkan suhu lingkungan dan perubahan iklim (Soedomo, 2001). Sisa hasil pembakaran berupa air (H_2O), karbon monoksida (CO), karbondioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), dan HC.

Peningkatan unjuk kerja pada sebuah kendaraan sangatlah penting, hal ini untuk mendapatkan kendaraan yang mempunyai efisiensi tinggi. Pengembangan tentang peningkatan efisiensi pada motor bakar banyak dilakukan. Dengan memanfaatkan hidrokarbon yang terdapat pada bahan bakar yang dipecah menggunakan *cracking system* menjadi atom hidrogen (H) dan karbon (C) dengan menggunakan pipa katalis yang dipanaskan dari *exhaust manifold*, sistem ini disebut dengan *Hydrocarbon crack System* (HCS).. Dengan meningkatnya kadar hidrogen maka akan meningkatkan efisiensi termal dan kandungan HC dan NO_x akan menurun pada emisi gas buang sedangkan CO meningkat setelah penambahan *syngas* pada kondisi *stoikiometri* dengan metode penambahan hidrogen melalui *steam reforming* ethanol (Ji dkk, 2012). Dari beberapa hasil penelitian tentang HCS sebagai penghemat bahan bakar yang mampu menghemat minimal 50% sampai 70% bahan bakar dengan menambah panjang pipa katalis dan volume premium (Abdilah, 2014). Penelitian lain tentang efisiensi bahan bakar terhadap kendaraan bermotor dengan menggunakan sistem HCS dapat menghemat BBM 62% dan menurunkan kadar emisi gas buang (Samanhudi dan Solechan, 2014). Hidrogen diambil dari hasil *cracking* pertamax dengan pipa katalis mampu menghemat minimal 50% sampai 70% bahan bakar (Roy Union,

2004). Penelitian Subchan (2013), pipa katalis menghemat bahan bakar 60-65%, dengan penambahan pipa katalis pada kendaraan. Untuk penghematan tergantung dari diameter, panjang pipa katalis, volume uap dan aliran uap hidrokarbon (Icke, 2012). Bahwa dengan aplikasi sistem HCS dan pipa katalis pada mesin kijang super 1,500 cc akan menurunkan konsumsi BB yang digunakan dengan variasi diameter pipa katalis dan penggunaan bahan bakar pertamax (Rubijanto, 2015). Penurunan konsumsi bahan bakar karena hidrogen akan terbakar lebih cepat dan berkespansi dengan cepat ketika terjadi pembakaran (Icke, 2012).

Dari beberapa permasalahan dan uraian di atas dapat dijadikan sumber oleh peneliti dalam melakukan penelitian dengan memanfaatkan sistem *Hydrocarbon Crack System* (HCS). Dengan variasi panjang pipa katalis *Hydrocarbon Crack System* (HCS) dengan bentuk *annulus konsentris*. Sehingga nantinya diharapkan dapat menghasilkan ujuk kerja motor bakar 4- langkah yang maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas maka dapat disimpulkan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh panjang pipa katalis dengan bentuk *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) terhadap torsi dan daya motor pada motor 4- langkah?
2. Bagaimanakah pengaruh panjang pipa katalis dengan bentuk *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) terhadap emisi gas buang terhadap pada 4- langkah?
3. Bagaimanakah pengaruh panjang pipa katalis dengan bentuk *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) terhadap konsumsi bahan bakar spesifik terhadap pada 4- langkah?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari permasalahan yang diteliti, maka perlu dibatasi permasalahannya yaitu :

1. Suhu lingkungan dianggap konstan pada saat setiap melakukan pengujian.
2. Semua alat dan bahan dalam penelitian ini sesuai dengan standart dan dalam keadaan normal.
3. Tidak membahas kandungan bahan pipa katalis.
4. Tekanan pada *intake manifold* dianggap tetap pada setiap melakukan percobaan.
5. Tidak membahas reaksi kimia yang terjadi.
6. Temperatur pada *heater* dianggap konstan saat percobaan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat yang ingin dicapai pada penelitian dan pembahasan ini adalah sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh panjang pipa katalis dengan bentuk *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) terhadap torsi dan daya motor pada motor 4- langkah.
2. Untuk mengetahui pengaruh panjang pipa katalis dengan bentuk *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) terhadap emisi gas buang terhadap pada 4- langkah.
3. Untuk mengetahui pengaruh panjang pipa katalis dengan bentuk *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) terhadap konsumsi bahan bakar spesifik terhadap pada 4- langkah.

1.4.2 Manfaat

1. Menjadi referensi untuk penelitian lanjutan dan sebagai acuan bahan ajar di Teknik mesin.

2. Menambah pengetahuan tentang penghematan bahan bakar pada kendaraan bermotor dengan menggunakan *Hydrocarbon Crack System* (HCS).
3. Dapat dijadikan landasan teori dalam cara mengoptimalkan kinerja motor bakar 4 – langkah.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketersediaan Bahan Bakar Minyak di Indonesia

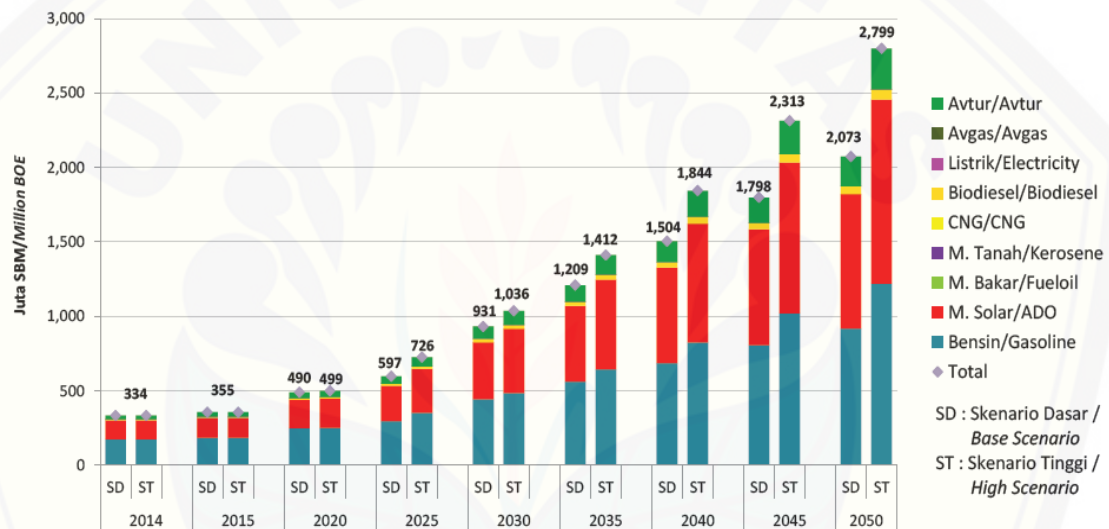
Kebutuhan bahan bakar minyak yang ada saat ini sangat tinggi membuat ketersediaan energi semakin menipis, terutama pada energi yang berasal dari fosil. Bahan bakar minyak menjadi energi yang paling banyak dibutuhkan dalam kehidupan terutama dalam hal transportasi. Hal ini dijelaskan dalam Gambar 2.1 konsumsi bahan bakar minyak nasional.



Gambar 2.1 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Nasional 2005 – 2014
(BPHMIGAS,2014)

Tingginya kebutuhan energi di Indonesia terutama bahan bakar minyak (bensin, minyak solar, minyak bakar, minyak tanah dan avtur) masih mendominasi kebutuhan energi nasional dengan pangsa 31,5% pada tahun 2014 (BPPT, 2016). Hal ini terjadi karena penggunaan teknologi peralatan berbahan bakar BBM masih lebih efisien dibandingkan peralatan lainnya, terutama pada sektor transportasi. Sektor transportasi merupakan sektor yang mendukung aktivitas semua sektor pengguna energi. Untuk itu, kebutuhan energi sektor transportasi bukan hanya dipengaruhi oleh penambahan

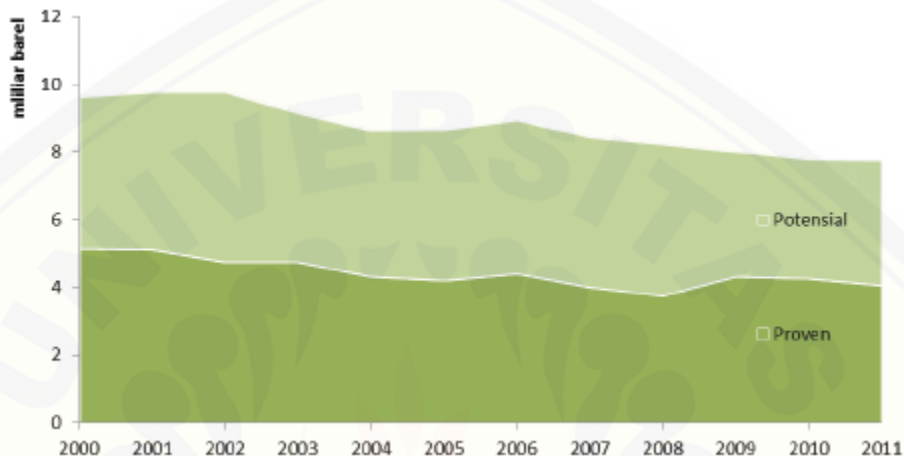
penduduk dan tingkat kesejahteraan masyarakat, tetapi juga dipengaruhi oleh perkembangan teknologi. Teknologi peralatan di sektor transportasi masih didominasi oleh peralatan berbahan bakar minyak. Oleh karena itu penggunaan bensin dan minyak solar masih dominan di sektor ini. Dominasi pemakaian bensin sejalan dengan peningkatan jumlah mobil dan sepeda motor yang sangat pesat. Pangsa penggunaan bensin di sektor transportasi pada tahun 2050 sebesar 44,3% dan 43,5% untuk masing-masing skenario dasar dan skenario tinggi (BPPT, 2016).



Gambar 2.2 Proyeksi Kebutuhan Energi Final di Sektor Transportasi (BPPT, 2016)

Pada Gambar 2.2 dijelaskan proyeksi energi yang dibutuhkan oleh sektor transportasi sampai tahun 2050. Penggunaan bahan bakar akan meningkat setiap tahunnya pada sektor transportasi. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 konsumsi bahan bakar masyarakat Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Fakta dilapangan menunjukkan Selama sepuluh tahun terakhir, laju penurunan cadangan minyak bumi sebesar 92,5 juta barel per tahun, atau dengan kata

lain selama sepuluh tahun cadangan minyak dan kondensat nasional hilang sebesar 1 miliar barel (ESDM, 2012).



Gambar 2.3 Perkembangan Cadangan Minyak Bumi Indonesia (Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia 2012)

Dari Gambar 2.3 dapat disimpulkan bahwa ketersediaan cadangan minyak bumi Indonesia pada tahun 2011 mengalami penurunan hingga 0,03 miliar barel menjadi 7,73 miliar barel termasuk di dalamnya cadangan blok Cepu. Dengan rata-rata tingkat produksi 0,329 miliar barel, ketersediaan cadangan minyak bumi di Indonesia saat ini hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan minyak bumi Indonesia hingga 23 tahun ke depan (ESDM, 2012).

2.2 Angka Oktan (*octane number*)

Bahan bakar minyak adalah bahan mineral cair yang diperoleh dari pengeboran sumur – sumur minyak, kemudian diproses untuk menghasilkan bahan bakar minyak yang dapat digunakan pada kendaraan. Setiap bahan bakar minyak mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda – beda, salah satu karakteristik yang membedakan bahan bakar minyak adalah bilangan oktan (*octane number*). Bilangan oktan atau angka

oktan adalah angka yang menunjukkan kesetaraan performa oleh bahan bakar dengan kemampuan campuran dalam % volume antara antara iso-Oktan dan normal-Heptan yang diukur dengan alat uji angka oktan (HASKA,2012). Artinya, bila bahan bakar Premium memiliki angka oktan 90 artinya Premium tersebut memiliki kemampuan yang sama dengan bahan bakar standar yang terbuat dari 90% iso-Oktan dan 10% normal-Heptan jika diuji menggunakan alat uji standart. Bilangan oktana dari suatu bahan bakar merupakan bilangan yang menyatakan berapa persen volume iso-oktana dalam campuran, yang terdiri dari iso-oktana dan heptana normal yang mempunyai detonasi hampir sama dengan bakar bakar tersebut (Arismunandar ,2002). Penggunaan bahan bakar dengan oktan yang tinggi pada kendaraan akan mempengaruhi daya yang dihasilkan menjadi naik, hal ini dikarenakan dengan bahan oktan tinggi akan mengurangi terjadinya knocking pada mesin (Suprpto, 2004). *Knocking* adalah ketukan yang menyebabkan mesin mengelitik, mengurangi efisiensi bahan bakar dan dapat pula merusak mesin.

Penggunaan bahan oktan tinggi dapat meningkatkan daya pada kendaraan, kendati demikian ada faktor lain yang harus diperhatikan pada saat penggunaan bahan bakar. Tidak semua kendaraan harus menggunakan bahan bakar beroktan tinggi, perbandingan kompresi mesin juga harus diperhatikan. Apabila suatu bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi digunakan untuk mesin yang sebenarnya dirancang untuk menggunakan bahan bakar dengan bilangan oktan yang rendah, maka tidak akan terlihat adanya perbaikan pada unjuk kerja pada motor. Setiap kendaraan mempunyai kompresi mesin yang berbeda – beda, penggunaan bahan bakar dengan oktan dan tepat maka akan meningkatkan efisiensinya, hubungan antara kompresi pada kendaraan dengan bilangan oktan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Kompresi dan Bilangan Oktan Bahan Bakar (Haryanto, 1987)

PERBANDINGAN KOMPRESI	KEBUTUHAN OKTAN MAKSIMAL	EFISIENSI TERMAL (%)
5:1	72	-
6:1	81	25
7:1	87	28
8:1	92	30
9:1	96	32
10:1	100	33

Di Indonesia bahan bakar minyak yang umum dipakai adalah premium, pertamax, dan produk baru dari Pertamina Peralite. Setiap produk bahan bakar mempunyai bilangan oktan yang berbeda – beda. Premium adalah bahan bakar cair yang mudah menguap, pada suhu 60 derajat celsius kurang lebih 35-60% sudah menguap dan akan menguap 100% kira-kira pada suhu diatas 100 derajat celsius (G.Haryono, 1997:74). Premium adalah bahan bakar minyak mempunyai nilai oktan 88 dan mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat digunakan pada mesin dengan batas kompresi hingga 9,0 : 1, namun tidak dianjurkan digunakan pada motor dengan kompresi tinggi karena dapat menyebabkan knocking.

Pertamax adalah bahan bakar dengan *octane number* 92, pertamax merupakan bahan bakar yang tidak menggunakan timbal atau umumnya biasa disebut bensin tanpa timbal. Pertamax dianjurkan digunakan untuk kendaraan bahan bakar bensin yang mempunyai perbandingan kompresi tinggi 9,1 : 1 sampai 10,0 : 1. Peralite adalah jenis bahan bakar baru yang diproduksi oleh PT. Pertamina Indonesia. Kandungan yang terdapat pada Peralite adalah nafta yang memiliki RON 65-70, dengan tambahan campuran HOMC (*High Octane Mogas Component*) atau yang lebih dikenal dengan pertamax. HOMC (*High Octane Mogas Component*) memiliki RON 92 -95, dengan campuran HOMC (*High Octane Mogas Component*) maka nafta dengan RON 65-70 bisa meningkat menjadi RON 90. Selain itu juga ditambahkan zat

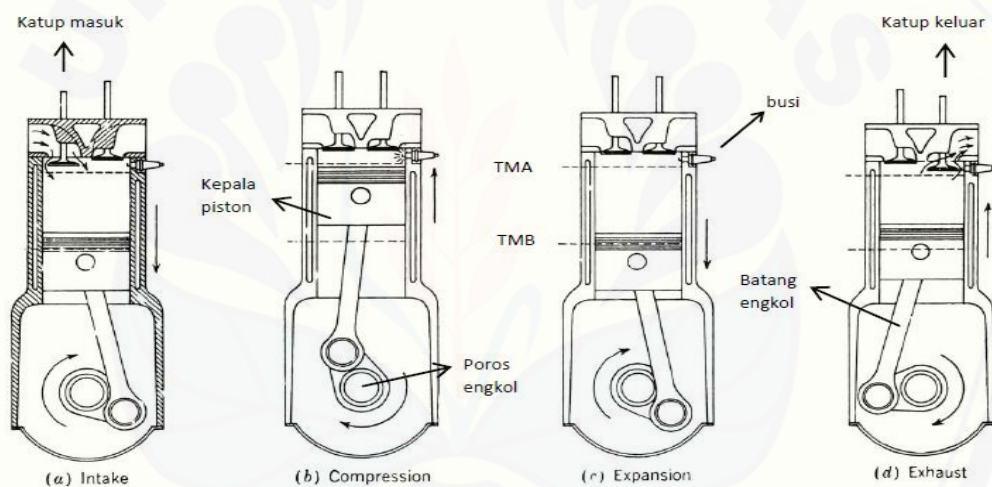
aditif *EcoSAVE*. Zat aditif *EcoSAVE* ini bukan untuk meningkatkan RON tetapi bertujuan untuk membuat mesin menjadi bertambah halus, bersih dan irit.

2.2 Motor Bakar 4-Langkah

Berdasarkan sistemnya pembakaran dibagi menjadi 2 yaitu, sistem pembakaran dalam (*internal combustion engines*) dan sistem pembakaran luar (*external combustion engines*). Sistem pembakaran luar adalah proses pembakaran dimana energi gerak atau mekanis dibangkitkan di luar ruang bakar. Dalam proses pembakaran tersebut, energi dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas yang terjadi di luar silinder motor, contohnya mesin uap sedangkan motor pembakaran dalam adalah Motor pembakaran dalam adalah suatu proses pembakaran dimana energi gerak atau energi mekanis dibangkitkan didalam ruang bakar. Proses pembakaran silinder terjadi didalam silinder motor. Sebagai contoh adalah motor bensin dan motor diesel.

Suatu sistem pembakaran memerlukan 3 hal agar dapat menghasilkan energi yang diperlukan oleh mesin, yaitu bahan bakar, media pembakarannya, dan tempat terjadi pembakarannya. Pada sepeda motor, bahan bakar yang dimaksud adalah bensin dan udara yang mengandung oksigen. Media pembakarannya berupa busi (*sparkplug*) untuk menghasilkan api dan sistem silinder sebagai alat kompresinya, sedangkan tempat terjadinya proses pembakaran ada didalam suatu ruang bakar (*combustion chamber*). Dikarenakan proses pembakarannya didalam *combustion chamber*. Pembakaran sebagai reaksi kimia atau reaksi persenyawaan bahan bakar dengan oksigen dengan diikuti sinar atau panas. Dalam motor bakar pembakaran dibagi menjadi dua yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Pembakaran sempurna adalah campuran udara dan bahan bakar dalam perbandingan yang ideal, apabila oksigen dan hidrokarbon tidak bercampur dengan baik, maka akan terjadi proses cracking dimana pada nyala akan timbul asap. Pembakaran seperti ini dinamakan pembakaran tidak sempurna (Toyota Step 2, bahan bakar group hal: 2-3).

Motor bakar bensin 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi menggunakan udara bercampur dengan bensin dan untuk menyelesaikan satu menyelesaikan satu siklus pembakaran dalam empat langkah torak atau dua kali putaran poros engkol, jadi dalam satu siklus kerja telah mengadakan proses pengisian, kompresi dan penyalaan, ekspansi serta pembuangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. Pada motor bensin proses pembakaran didalam motor bakar 4-langkah terjadi secara periodik. Sebelum terjadi proses pembakaran berikutnya, terlebih dahulu gas pembakaran yang sudah dipergunakan harus dikeluarkan dari dalam silinder melalui *exhaust manifold*.



Gambar 2.4 Siklus Motor Bakar 4 Langkah (Heywood, 1988).

Pada motor 4 -langkah titik paling atas yang mampu dicapai oleh gerakan torak disebut titik mati atas (TMA), sedangkan titik terendah yang mampu dicapai torak pada silinder disebut titik mati bawah (TMB). Pada Gambar 2.4 dijelaskan siklus kerja motor 4 –langkah, menurut Heywood, 1988 siklus kerja motor 4 langkah adalah sebagai berikut :

a. Langkah hisap (*Intake*)

Langkah hisap terjadi ketika piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup. campuran bahan bakar akan masuk ke silinder.

b. Langkah kompresi (*Compression*)

Kompresi terjadi ketika piston bergerak titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Posisi katup hisap dan buang tertutup, sehingga campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder ditekan dan dimampatkan oleh piston yang bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA), sebelum ke TMA campuran bahan akan dinyalakan oleh percikan api dari busi sehingga terjadi pembakaran.

c. Langkah ekspansi (*Expansion*)

Langkah ekspansi atau biasa disebut langkah kerja, pada langkah ini akan menghasilkan tenaga untuk mengerjakan poros engkol. Pada langkah ekspansi gas hasil pembakaran hasil kompresi akan berekspansi mendorong piston pada titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB) dengan temperatur dan tekanan yang tinggi, sehingga piston dapat bergerak menuju titik mati bawah (TMB) untuk mengerjakan poros engkol.

d. Langkah buang (*Exhaust*)

Setelah langkah ekspansi piston yang berada pada titik mati bawah (TMB) akan bergerak ke titik mati atas (TMA). Pada kondisi ini katup buang akan terbuka dan katup hisap akan tertutup, sehingga gerakan ini akan mendorong sisa gas hasil pembuangan melalui katup buang dan dilanjutkan pada *exhaust manifold* (knalpot). Setelah piston pada posisi titik mati atas (TMA) siklus akan berlangsung lagi dari langkah hisap dan seterusnya.

2.4 Parameter Unjuk Kerja Motor 4-Langkah

2.4.1 Torsi dan daya

Torsi adalah gaya dikalikan dengan jarak panjang lengan (Pulkrabek, 1997:50), daya motor pada motor bakar adalah gaya sedangkan panjang lengan adalah panjang langkah piston. Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan unjuk kerja atau performa sebuah motor bakar. Daya adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu (Pulkrabek, 1997:50). Dalam motor bakar yang daya berguna adalah daya pada poros engkol, karena poros engkol tersebut yang menggerakkan beban. Daya tersebut berasal dari daya indikatif yaitu daya yang dihasilkan oleh ekspansi fluida kerja pada silinder. Dalam menentukan nilai daya atau torsi alat yang digunakan adalah dynamometer atau *dynotest*, *dynotest* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur daya dan torsi pada sebuah kendaraan dengan rentang kecepatan dan beban untuk mengukur energy yang dikeluarkan oleh mesin (Pulkrabek, 1997:53).

2.4.2 Emisi gas buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran dari kendaraan bermotor, dalam setiap proses pembakaran pada motor bakar akan menghasilkan gas buang yang dihasilkan. Emisi gas buang yang dihasilkan menjadi sumber polusi pada lingkungan. Kendaraan bermotor merupakan konsumen bahan bakar minyak yang paling tinggi, hal ini menyebabkan tingginya pencemaran udara pada lingkungan. Pencemaran udara tersebut disebabkan oleh emisi gas buang yang buruk. Faktor yang mempengaruhi kadar emisi gas buang adalah kualitas pembakaran dari kendaraan (Nugraheni dan Haryadi R, 2017). Unsur kandungan yang diukur dalam emisi adalah CO, HC, CO₂, dan O₂.

1. CO (Karbon Monoksida)

Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak mempunyai rasa, dan beracun, gas CO terjadi pada campuran bahan bakar yang terlalu kaya (Pulkrabek, 1997:285). CO biasanya terdapat pada saluran pembuangan (*exhaust*

mainfold), gas CO dihasilkan oleh pembakaran yang tidak *stiokiometri* karena kekurangan oksigen pada campuran udara dan bahan bakar (Nugraheni dan Haryadi R, 2017).

2. HC (Hidrokarbon)

Hidrokarbon merupakan gas emisi yang terjadi karena bahan bakar yang tidak terbakar keseluruhan saat proses pembakaran. Gas Hidrokarbon memiliki karakteristik yaitu memiliki bau, menyebabkan iritasi, dan dapat menyebabkan hujan asam/berasap (Pulkrabek, 1997:278). Faktor yang mempengaruhi kadar emisi gas buang HC pada motor bakar karena adanya pelumas yang menempel pada dinding ruang bakar. Pelumas pada dinding motor bakar akan menyerap uap bahan bakar dan melepaskan kembali pada saat langkah ekspansi dan langkah buang. Sehingga memungkinkan bahan bakar tidak ikut terbakar ketika terjadinya pembakaran, dan akan meningkatkan kadar HC dalam emisi gas buang (Sananta A, 2012). Menurut Pulkrabek (1997:279) ada faktor lain yang dapat meningkatkan kadar HC pada emisi antara lain : air fuel ratio yang tidak *stiokiometri*, karena kebocoran pada katup pembuangan, dan adanya sisa bahan bakar yang tidak terbakar *exhaust manifold*.

3. CO₂ (Karbon Dioksida)

Karbon dioksida merupakan hasil pembakaran sempurna dari hidrokarbon yang terdapat pada minyak bumi dan gas alam. CO₂ adalah gas yang tidak berbahaya pada manusia, akan tetapi CO₂ dapat mempengaruhi iklim pada lingkungan sekitar. Pada sistem pembakaran kandungan konsentrasi CO₂ secara langsung dapat menunjukkan hasil pembakaran di ruang bakar. Meningkatnya kadar CO₂ maka pembakaran berlangsung baik. Pada komposisi AFR berada di angka ideal, emisi CO₂ berkisar 12% sampai 15% (Nugraheni dan Haryadi R, 2017). Apabila AFR terlalu kaya atau terlalu miskin, maka konsentrasi CO₂ akan turun.

4. O₂ (Oksigen)

Konsentrasi dari oksigen pada gas buang berbanding terbalik dengan konsentrasi CO₂. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon. Dalam

ruang bakar, campuran oksigen dan bensin dapat terbakar dengan sempurna apabila bentuk dari ruang bakar tersebut melengkung secara sempurna. Kondisi ini memungkinkan molekul bensin dengan molekul udara dapat dengan mudah bertemu untuk bereaksi dengan sempurna pada proses pembakaran. Sayangnya, ruang bakar tidak dapat sempurna melengkung dan halus sehingga memungkinkan molekul bensin seolah-olah bersembunyi dari molekul oksigen dan menyebabkan proses pembakaran tidak terjadi dengan sempurna.

2.4.3 Laju konsumsi spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan suatu parameter prestasi yang dipakai sebagai ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar yang terpakai per jam untuk setiap daya kuda yang dihasilkan (Arismunandar, 2002:33),

$$SFC = \frac{mf}{P} \left(\frac{Kg}{Hp \text{ Jam}} \right)$$

Dimana :

$SFCE$ = konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/Hp Jam)

mf = konsumsi bahan bakar (Kg/Jam)

P = Daya (Hp atau Kw)

Dan untuk menghitung laju konsumsi bahan bakar (mf) menggunakan persamaan berikut:

$$mf = \frac{S_{gf} \times V_f \times 10^{-3}}{t_f} \left(\frac{Kg}{Jam} \right)$$

Dimana :

m_f = konsumsi bahan bakar (Kg/Jam)

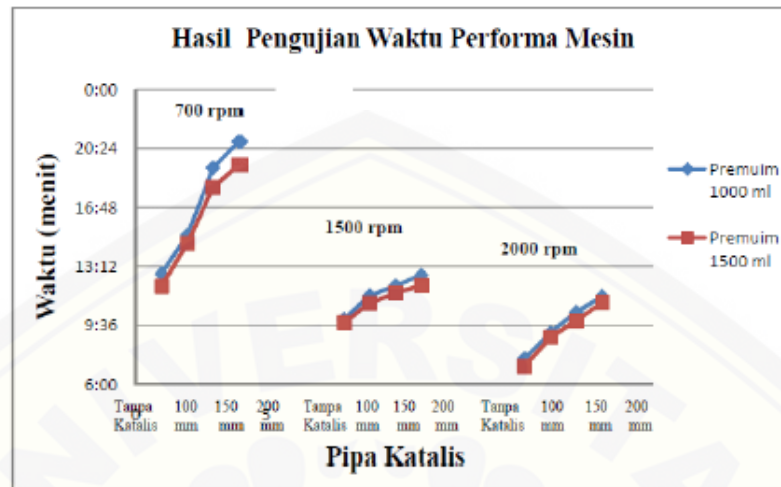
S_{gf} = spesifik gravity (gr/ml), pertalite adalah 0,77 Kg/L

V_f = volume bahan bakar yang diuji (ml)

T_f = waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar (detik)

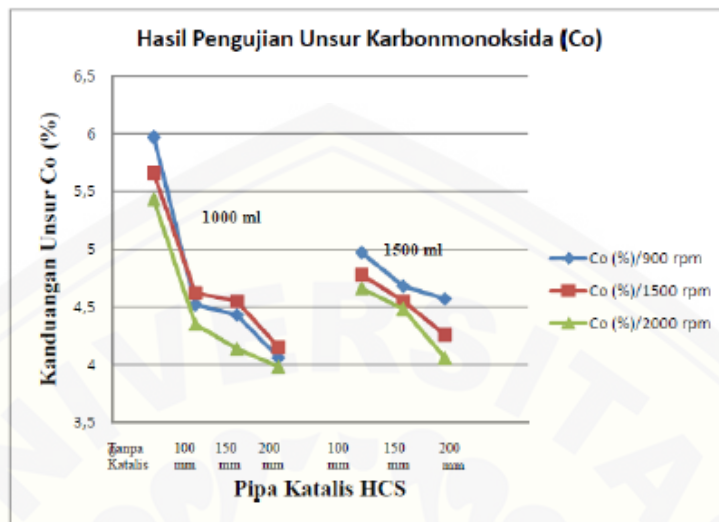
2.4 HCS (*Hydrocarbon Cracking System*)

Hydrocarbon cracking system (HCS) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi kendaraan. Cara kerja HCS sendiri dengan memanfaatkan pipa katalis sebagai media untuk mempercepat proses *cracking* bahan bakar. *Cracking* (perengkahan) adalah penguraian atau pemecahan molekul - molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi molekul - molekul senyawa yang lebih kecil (Dewi K dkk, 2014). Pada proses *cracking* senyawa hidrokarbon pada bahan bakar akan merengkah menjadi atom hydrogen dan karbon. (Sukarmin, 2004). Penerapan alat ini adalah dengan menambahkan hasil *cracking* bahan bakar minyak ke dalam *intake manifold*, sehingga dapat untuk meningkatkan efisiensi dari kendaraan. Proses *cracking* ini dilakukan dengan media katalis heterogen dengan pemanasan dari *exhaust manifold* yang mampu mencapai suhu 400°C, sehingga laju reaksi akan lebih cepat terjadi dan proses *cracking* dapat berlangsung maksimal.

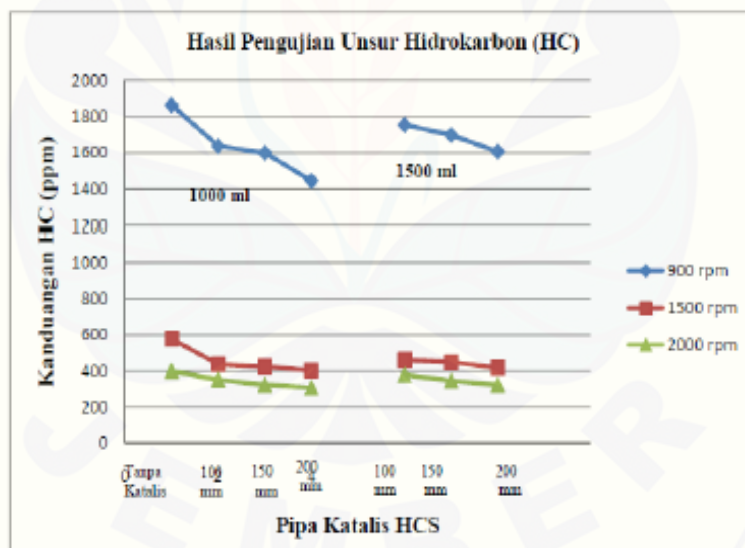


Gamabr 2.5 Grafik Hasil Uji Performa Kendaraan Dengan HCS (Solechan, 2014)

Dalam Gambar 2.4 menunjukkan bahwa penggunaan HCS dapat meningkatkan efisiensi sebuah kendaraan. Dari Gambar 2.4 dapat menunjukkan perbedaan yang signifikan sebelum dan setelah dipasang sistem HCS. Penambahan sistem hcs mampu meningkatkan efisiensi kendaraan, dengan penambahan anjang katalis pada HCS dapat meningkatkan unjuk kerja motor 18 – 52 % (Solechan, 2014). Meningkatnya kandungan hidrokarbon BBM dikarenakan *supply* dari uap premium ditangki bahan bakar. Bahan bakar sepeda motor menggunakan premium dengan rumus kimia C_8H_{18} di tambah uap premium lagi dari uap ditangki. Meningkatnya kandungan hydrogen dari hasil cracking menjadikan campuran bahan menjadi ledih ideal dan pembakaran akan mendekati sempurna sehingga akan menaikkan daya mesin dan menurunkan konsumsi bahan bakar (Supraptono, 2004). Penerapan sistem HCS pada kendaraan yang dapat meningkatkan pembakaran pada ruang bakar ini akan mereduksi emisi dari hasil pembakaran nya. Dengan proses pembakaran yang mendekati sempurna gas buang yang dihasilkan pun akan menurun secara signifikan.

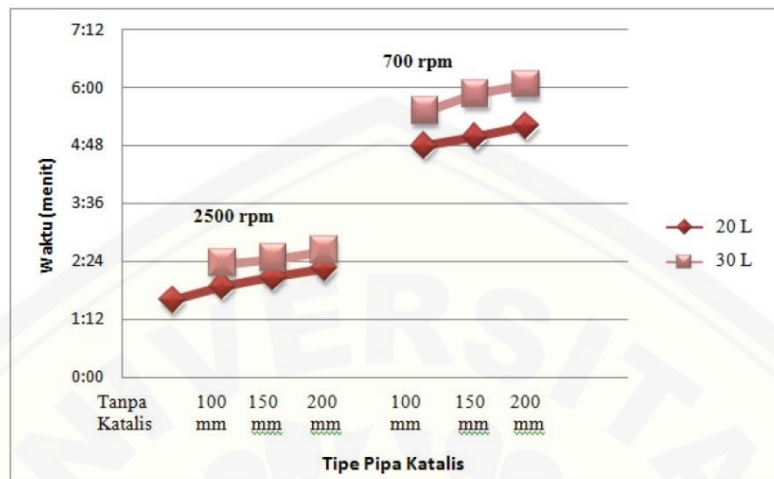


Gambar 2.6 Grafik Hasil Pengujian Kadar Co (Solechan, 2014)



Gambar 2.7 Grafik Hasil Pengujian Kadar HC (Solechan, 2014)

Dari Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 kandungan Hidrokarbon (HC) dan Karbon Monoksida (CO) dapat direduksi dengan penambahan pipa katalis, dengan panjang 200 mm dapat mereduksi HC sebesar 22 % (Solechan, 2014). HCS dapat digunakan sebagai suplemen yang dapat menghemat bahan bakar 50% – 70 % (Abdilah, 2014).



Gambar 2.8 Grafik performa mesin (Abdilah, 2014)

Pada Gambar 2.8 menunjukkan penambahan panjang pipa katalis HCS dan volume premium akan meningkatkan waktu performa mesin, peningkatan paling optimal terjadi rata – rata 50 % - 61% pada katalis 200 mm (Abdilah, 2014). Menurut Raharjo dan Solechan (2013), tentang studi pengaruh penambahan pipa katalis hydrocarbon crack system, HCS sangat efektif dipakai untuk power supelmen kendaraan bermotor sebagai penghemat bahan bakar yang mampu menghemat minimal 50% - 70% bahan bakar dan menurunkan kadar emisi gas buang dengan peningkatan panjang pipa katalis dan volume pertamax.

2.5 Katalis

Katalis merupakan zat yang mampu meningkatkan laju suatu reaksi kimia agar reaksi tersebut dapat berjalan lebih cepat. Dalam suatu reaksi sebenarnya katalis ikut terlibat, tetapi pada akhir reaksi terbentuk kembali seperti bentuknya semula. Dengan demikian, katalis tidak memberikan tambahan energi pada sistem dan secara termodinamika tidak dapat mempengaruhi keseimbangan. Katalis mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Wilhwlm Oswald (1895) memberikan definisi katalis sebagai suatu zat yang mempengaruhi kecepatan reaksi

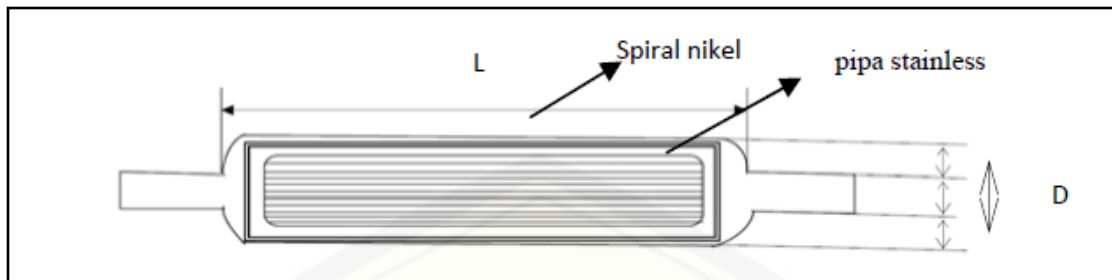
tetapi tidak dikonsumsi dalam reaksi dan tidak mempengaruhi kesetimbangan pada akhir reaksi. Sifat-sifat katalis adalah:

1. Komposisi kimia katalis tidak berubah pada akhir reaksi.
2. Katalis yang diperlukan dalam suatu reaksi sangat sedikit.
3. Katalis tidak mempengaruhi keadaan akhir suatu kesetimbangan reaksi.

Katalis tidak memulai suatu reaksi tetapi mempengaruhi laju reaksi. Secara umum, kenaikan konsentrasi katalisator juga menaikkan kecepatan reaksi. Dalam penelitian tentang *hydrocarbon cracking system* banyak peneliti yang melakukan penelitian dengan melakukan variasi katalis yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang baik. Menurut Mahendra S (2016), Bertambahnya pipa spiral katalis HCS dan volume pertamax dapat meningkatkan kandungan hidrokarbon bahan bakar yang masuk ke ruang pembakaran yang disuplay dari uap pretamax. Bahan bakar premium (C8H18) ditambah uap pertamax. menjadikan kandungan bahan bakar memiliki nilai oktan tinggi, daya mesin lebih besar dan konsumsi bahan bakar rendah.

Katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi pada suhu ruangan sedangkan tanpa katalis reaksi dapat berlangsung pada suhu 250°C. Katalis digunakan dalam reaksi *transesterifikasi*, seperti pipa katalis untuk hidrokarbon (Ketta, 1978). Pipa katalis memegang peran penting sebagai *fire flashback* atau gas balik, sehingga tidak pernah mengalami *fire flashback* dari percikan api busi dari piston ke alat penghemat. Dalam sistem *hydrocarbon cracking system* katalis berperan besar karena berfungsi untuk mempercepat reaksi.

Desain pipa katalis juga mempengaruhi reaksi yang terjadi pada proses menguraikan hidrokarbon pada bahan bakar. Pada penelitian Rubijanto (2015) tentang penghemat bahan bakar HCS pada mesin mobil dengan katalis limbah pipa A/C. Peneliti membuat desain HCS dengan sistem tabung katalis dengan menggunakan pipa tembaga bekas kondensor A/C ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.9 Desain Pipa Katalis (Rubijanto, 2015)

Dengan desain seperti Gambar 2.8, diameter dan panjang dari sistem katalis untuk penghemat bahan bakar divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel-variabel pengujian. Hasil pengujian mendapatkan hasil yang berbeda sesuai dengan variabel yang telah ditentukan.

Tabel 2.2 Hasil Pengujian Konsumsi BB (Rubijanto, 2015)

Katalis	Putaran Mesin							
	Idle (700 rpm)				2500 rpm			
	Vol.BB 1000		Vol.BB 1500		Vol.BB 1000		Vol.BB 1500	
	Diameter pipa (mm)							
	12	14	12	14	12	14	12	14
Tanpa katalis	237	237	266	298	237	237	266	298
100 mm	242	240	295	316	106	108	130	136
150 mm	251	272	303	346	116	121	135	143
200 mm	288	303	345	358	126	129	152	155

Dari hasil pengujian konsumsi BB dapat dilihat bahwa konsumsi BB baik pada putaran idle (700 rpm) dan 2,500 rpm, volume BB pertamax 1,000 ml dan 1,500 ml pipa katalis dengan diameter 14 mm dan panjang 200 mm menghasilkan durasi yang paling lama, yaitu 303 dan 358 detik pada putaran idle dan 129 dan 155 detik pada putaran 2,500 rpm. Desain pipa katalis HCS yang paling baik pada panjang 200 mm, baik dari segi penghematan bahan bakar dan emisi gas buang (Abdillah F dan Sugondo, 2014).

Katalis tembaga (Cu) adalah katalis yang sering digunakan dalam mereaksikan HCS itu sendiri. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu tahan korosi. Sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan.

2.6 Hipotesa

Hydrocarbon cracking system (HCS) merupakan alat penghemat BBM dengan metode *cracking* hidrokarbon yang terdapat dalam bahan bakar dengan katalis tembaga sebagai media untuk mempercepat reaksi. Penggunaan HCS dapat meningkatkan unjuk kerja motor bakar karena adanya proses *cracking* bahan bakar sebelum masuk kedalam ruang bakar, pada *cracking* akan terjadi proses penguraian atau pemecahan molekul - molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi molekul - molekul senyawa yang lebih kecil, sehingga campuran bahan bakar dan udara lebih mudah tercampur ideal. Dengan campuran bahan bakar yang lebih ideal maka proses pembakaran akan mendekati sempurna.

Dari pernyataan tersebut, penulis memvariasikan panjang pipa katalis pada HCS dengan bentuk *annulus konsentris*. Sehingga aliran bahan bakar yang melalui katalis dapat bereaksi maksimal, karena aliran bahan bakar dapat menyentuh pipa katalis seluruhnya dan hidrokarbon pada bahan bakar dapat terurai melalui proses *cracking* dengan media pipa tembaga sebagai katalis. Sehingga penelitian ini mampu meningkatkan unjuk kerja pada motor 4 langkah.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan adalah eksperimental yaitu suatu metode yang digunakan untuk membandingkan pengujian beberapa variasi perlakuan dengan pengujian tanpa variasi sebagai pembanding. Berikut merupakan variasi yang digunakan pada penelitian :

- a. Panjang HCS (*Hydrocarbon Crack System*) yaitu 100 mm, 150 mm dan 200 mm, dengan diameter pipa katalis 25,4 mm dan diameter 10 mm pada ruang *annulus*.
- b. Putaran mesin (RPM) yang digunakan adalah 3000, 4000, 5000, 6000, dan 7000 rpm dan dilakukan pada transmisi gigi 3.
- c. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian adalah pertalite.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Dan waktu penelitian berlangsung selama 3 bulan yaitu dimulai dari bulan Juni 2017 sampai dengan bulan September 2017.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Motor Bensin 4-langkah dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tipe Mesin	: 4 Langkah,
Kapasitas	: 124,8 cc
Bore x stroke	: 50 x 49,5 mm
Rasio Kompresi	: 9,0 : 1
Daya maksimum	: 9,3 ps @7500 rpm
Torsi maksimum	: 1,03 kgf.m/4000 rpm

Pendingin	: udara
Transmisi	: 4 speed (N-1-2-3-4) rotary
Kopling	: otomatis sentrifugal
Starter	: electric dan kick.
Kelistrikan	
Baterai	: 12 v – 4 Ah
Busi	: ND U20EPR9
Pengapian	: CDI-DC
Dimensi	
Panjang x lebar x tinggi	: 1889 x 702 x 1094 mm
Jarak sumbu roda	: 1242mm
Kapasitas oil mesin	: 0,9
Tangki BBM	: 3,7 liter
Berat	: 105 kg
Ban Depan	: 70/90 – 17M
Ban Belakang	: 80/90 – 17M
Rem Depan dan Belakang	: cakram

b. Motor Cycle Dinamometer

c. *Gas Analyzer*

d. Perlengkapan Pendukung: *Tool Set, Heater, Thermokopel, Gelas ukur, blower, thermokontrol.*

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri :

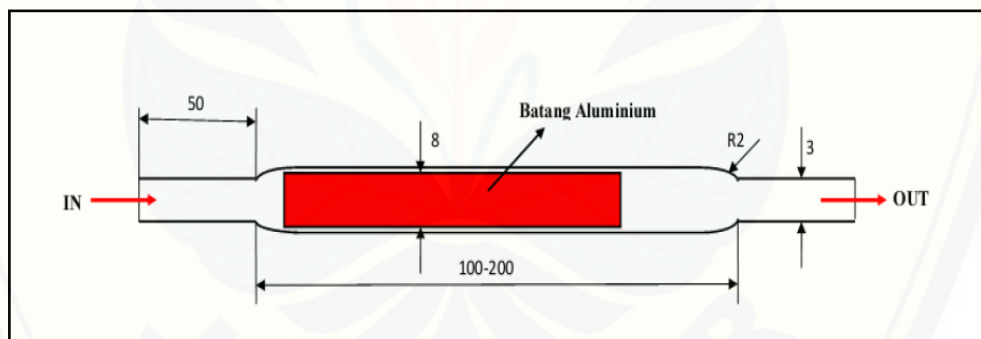
- Pertalite (standart SPBU) yang dibeli pada satu waktu pada satu tempat
- Pipa tembaga (Cu) sebagai katalis.
- Kawat nikelin dengan diameter 0,5 mm
- Kertas Teflon (kertas tahan panas)
- Karet ban bekas
- Lem besi

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari guna memperoleh informasi mengenai kajian dari penelitian tersebut yang selanjutnya ditarik sebuah kesimpulan.

3.4.1 Variabel Bebas (Independen)

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti dalam rangka untuk menerangkan hubungannya dengan fenomena yang diobservasi. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan panjang dari pipa katalis *annulus konsentris* 100 mm, 150 mm, dan 200 mm. untuk variasi bebas kedua adalah kecepatan putaran mesin pada 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, dan 7000 rpm, sesuai dengan spesifikasi putaran maksimum motor, rentan minimum alat uji. dengan bakar pertalite dan suhu konstan pada 200° C.



Gambar 3.1 Desain Pipa Katalis (Abdillah F, 2014)

3.4.2 Variabel Terikat

Merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung dengan variabel bebasnya. Variabel terikat dalam penelitian kali ini adalah:

- Torsi dan Daya
- Konsumsi bahan bakar spesifik
- Emisi gas buang (CO, HC, O₂ dan CO₂)

3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini dilaksanakan menggunakan 2 faktor dimana faktor yang pertama adalah perubahan panjang pipa katalis HCS dan faktor kedua yaitu putaran mesin. Perubahan panjang pipa katalis HCS menggunakan 3 variasi sedangkan faktor putaran mesin yang menggunakan 5 variasi, sehingga terdapat 15 kombinasi perlakuan dengan 3 kali pengulangan.

Faktor I: Mengatur panjang pipa katalis HCS (X):

- $X_1 = 100$ mm
- $X_2 = 150$ mm
- $X_3 = 200$ mm

Faktor II : Putaran Mesin (N)

- $N_1 = 3000$ rpm
- $N_2 = 4000$ rpm
- $N_3 = 5000$ rpm
- $N_4 = 6000$ rpm
- $N_5 = 7000$ rpm

Sehingga diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut:

Perlakuan	X_1	X_2	X_3
N_1	X_1N_1	X_2N_1	X_3N_1
N_2	X_1N_2	X_2N_2	X_3N_2
N_3	X_1N_3	X_2N_3	X_3N_3
N_4	X_1N_4	X_2N_4	X_3N_4
N_5	X_1N_5	X_2N_5	X_3N_5

3.6 Prosedur Penelitian

Rancangan penelitian ini dilaksanakan menggunakan 2 faktor dimana faktor yang pertama adalah perubahan panjang pipa katalis HCS dan faktor kedua yaitu putaran mesin. Perubahan panjang pipa katalis HCS menggunakan 3 variasi sedangkan faktor putaran mesin yang menggunakan 5 variasi, sehingga terdapat 15 kombinasi perlakuan dengan 3 kali pengulangan.

3.6.1 Persiapan dan Pemeriksaan Alat Pengujian

- a. Merangkai komponen pipa katalis HCS sesuai dengan perancangan
- b. Menyiapkan *heater* sebagai pemanas pipa katalis dengan menggunakan *thermokopel* dan *thermokontrol*.
- c. Melakukan pengecekan motor yang akan digunakan sesuai dengan standart pengujian
- d. Menyiapkan dan memeriksa alat uji *dyno test*, *gas analyzer* dan alat lainnya agar bekerja maksimal.

3.6.2 Tahap Pengambilan data

Tahap pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur variabel bebas dan variabel tetap saat pengujian. Tahapan yang dilakukan untuk pengambilan data adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian menggunakan *dyno test* dengan menggunakan HCS
 1. Merangkai dan mengecek kembali semua alat komponen pengujian, meliputi alat ukur suhu pada heater, dan alat uji *dyno test*.
 2. Melakukan pemasangan pipa katalis yang telah divariasikan panjang pipa katalisnya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan sebelumnya.
 3. Menjalankan alat uji *dyno test* sesuai dengan prosedur pengujian
 4. Menghidupkan mesin dan memposisikan bukaan *throttle* pada putaran mesin *idle* hingga putaran mesin maksimal pada transmisi gigi 3
 5. Mesin dimatikan.
 6. Pengambilan data berupa waktu pengujian, dan data hasil pengujian berupa torsi dan daya pada layar komputer

7. Pengambilan data dilakukan 3 kali pegulangan pengujian pada variabel yang sama.
 8. Mengubah variabel panjang pipa katalis dan mengulangi langkah 1-7 pada setiap percobaan.
- b. Pengujian laju konsumsi bahan bakar spesifik
1. Merangkai dan mengecek kembali semua alat komponen pengujian, meliputi alat ukur suhu pada heater.
 2. Mengukur volume bahan bakar pertalite yang digunakan.
 3. Menyiapkan stopwatch untuk menghitung waktu yang diperlukan, jika diketahui massa bahan bakar yang digunakan dalam satu kali pengujian adalah 30 ml.
 4. Menghidupkan mesin dan memposisikan gas stabil pada putaran mesin (N rpm) dengan posisi gigi 3.
 5. Menghentikan stopwatch dan mencatat waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar 30 ml
 6. Mematikan mesin
 7. Pengambilan data berupa data konsumsi bahan bakar per detik.
 8. Pengambilan data dilakukan 3 kali pegulangan pengujian dengan variabel yang sama
 9. Mengulangi langkah 1-8, dengan mengubah variabel panjang pipa katalis *annulus konsentris* dan putaran mesin (N rpm).
- c. Pengujian Emisi Gas Buang
1. Merangkai dan mengecek kembali semua alat komponen pengujian, meliputi HCS yang digunakan dan alat uji *gas analyzer*
 2. Mengukur volume bahan bakar pertalite yang digunakan.
 3. Pemasangan alat *gas analyzer* dan penyambungan perangkat *auto gas analyzer* ke komputer.
 4. Pengujian dilakukan pada kondisi netral.

5. Menghidupkan mesin dan memposisikan gas stabil pada putaran mesin N rpm dengan waktu pengujian selama ± 1 menit.
6. Pengambilan data berupa perubahan tekanan yang terjadi pada saluran *intake* dan *exhaust* ruang bakar dan data hasil pengujian berupa kadar emisi gas buang (CO, HC, O₂ dan CO₂) pada layar komputer
7. Mematikan mesin.
8. Pengambilan data dilakukan 3 kali pengulangan pengujian pada setiap variabel yang sama.
9. Mengulangi langkah pengujian 1-8 dengan mengubah variabel panjang pipa katalis *annulus konsentris* dan putaran mesin (N rpm).

Tabel 3.1 Pengambilan data pengujian *Dyno test*

No	Panjang pipa katalis (X)	Rpm (N)	Percobaan	Torsi Maksimal (N.m)	Daya Maksimal (Hp)
1.	X ₁	<i>Idle</i>	Pertama		
	X ₁	s/d	Kedua		
	X ₁	maks	ketiga		
2.	X ₂	<i>Idle</i>	Pertama		
	X ₂	s/d	Kedua		
	X ₂	maks	ketiga		
3.	X ₃	<i>Idle</i>	Pertama		
	X ₃	s/d	Kedua		
	X ₃	maks	ketiga		

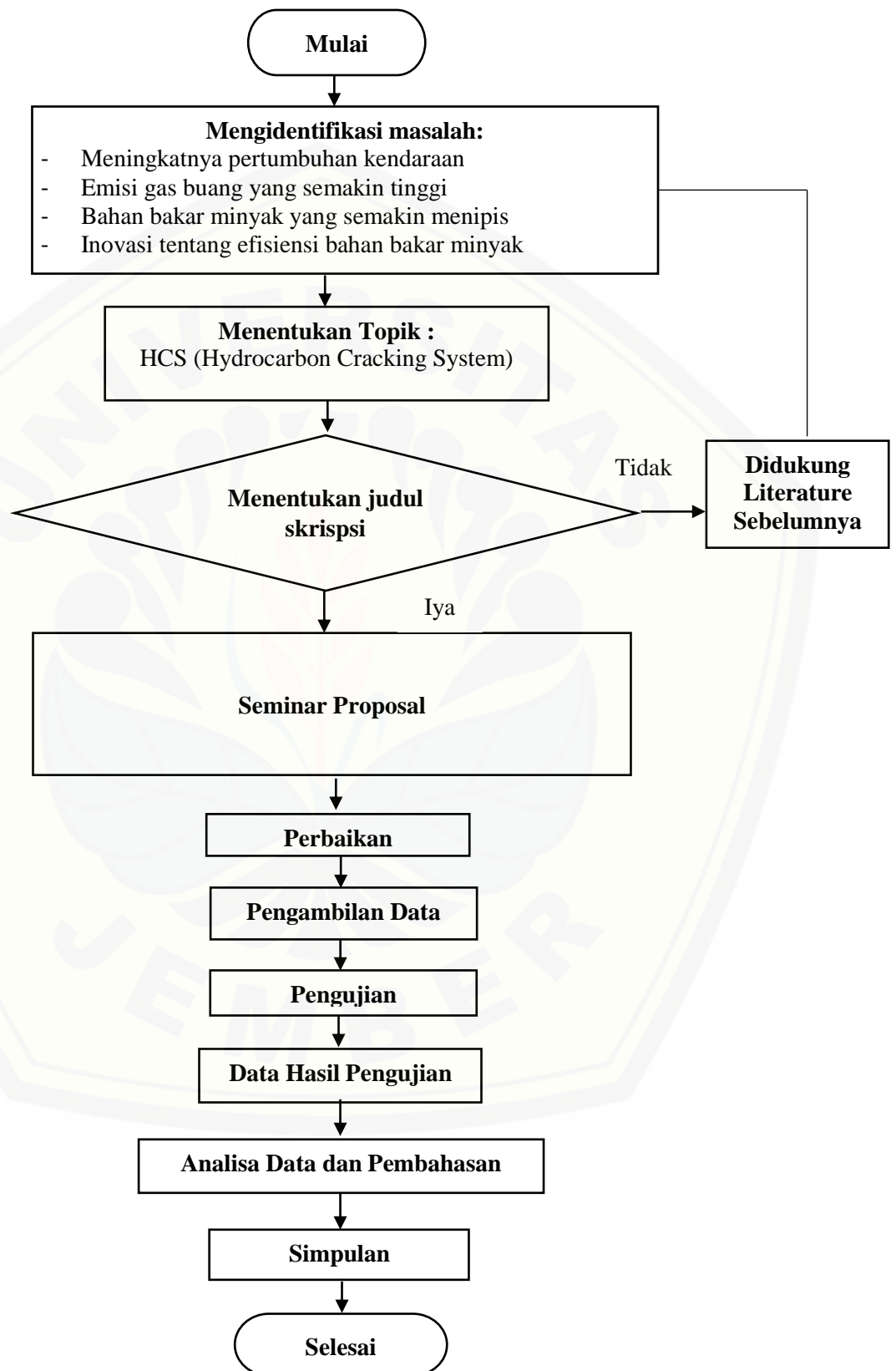
Tabel 3.2 Pengambilan data pengujian laju konsumsi bahan bakar

No	Panjang pipa katalis (X)	Rpm (N)	Percobaan	Massa (ml)	Waktu (s)
1.	X ₁	3000	Pertama	30	
	X ₁	s/d	Kedua	30	
	X ₁	7000	ketiga	30	
2.	X ₂	3000	Pertama	30	
	X ₂	s/d	Kedua	30	
	X ₂	7000	ketiga	30	
3.	X ₃	3000	Pertama	30	
	X ₃	s/d	Kedua	30	
	X ₃	7000	ketiga	30	

Tabel 3.3 Pengambilan data pengujian emisi gas buang

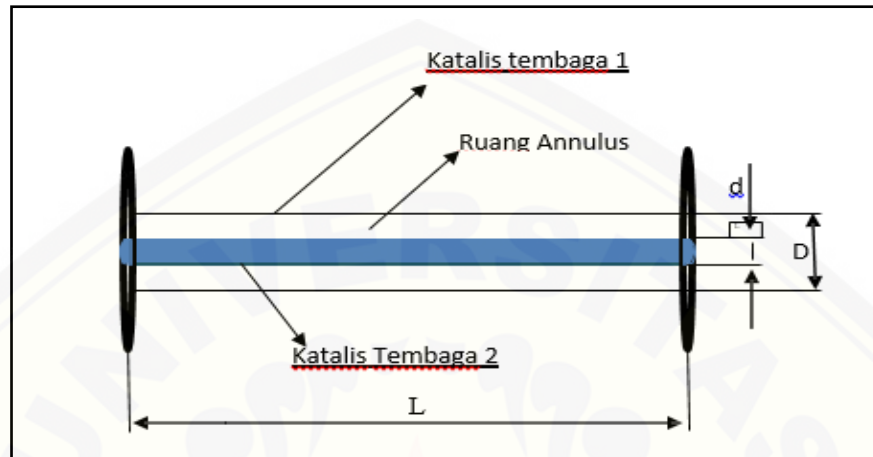
No	Panjang pipa katalis (X)	Rpm (N)	Percobaan	CO (%)	HC (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
1.	X ₁	3000	Pertama				
	X ₁	s/d	Kedua				
	X ₁	7000	ketiga				
2.	X ₂	3000	Pertama				
	X ₂	s/d	Kedua				
	X ₂	7000	ketiga				
3.	X ₃	3000	Pertama				
	X ₃	s/d	Kedua				
	X ₃	7000	ketiga				

3.7 Skema Flow Chart Alur Penelitian



3.8 Desain HCS (*Hydrocarbon Cracking System*)

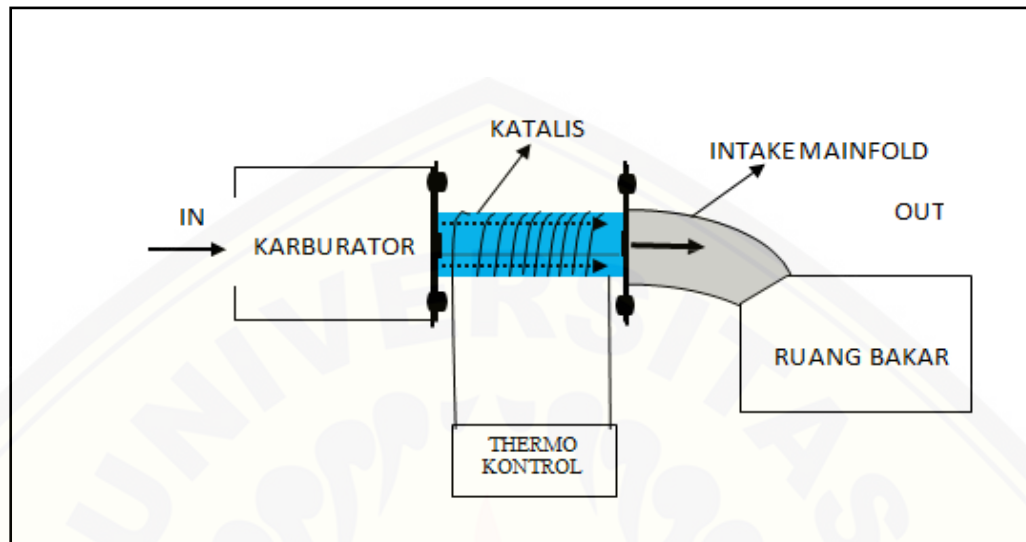
Desain pipa katalis pada HCS yang akan digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Desain Pipa Katalis

Dalam penelitian ini pipa katalis dibuat sesuai dengan Gambar 3.2, dengan diameter luar pipa adalah 25,4 mm dan panjang pipa divariasikan menjadi 3 yaitu 100 mm, 150 mm, dan 200 mm, dan terdapat pipa pejal tepat ditengah pipa utama dengan diameter 10 mm, seperti Gambar yang terlampir dalam lampiran.

3.9 Skema Pemasangan HCS (*Hydrocarbon Cracking System*)



Gambar 3.3 Skema Pemasangan HCS

Desain pemasangan alat *hydrocarbon cracking system* dapat dilihat pada Gambar 3.3, pipa katalis dipasang diantara karburator dan *intake manifold*, hal ini dilakukan agar campuran bahan bakar dan udara dari karburator akan melewati pipa katalis yang dipanaskan dengan heater dari lilitan kawat nikelin dengan suhu kerja yang terkontrol oleh *termokontrol*, sehingga bahan bakar akan mengalami proses *cracking* pada pipa katalis tersebut. Setelah terjadi proses *cracking* pada pipa katalis bahan bakar akan masuk kedalam ruang bakar melalui *intake manifold*

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisa pengaruh panjang pipa katalis annulus konsentris pada HCS (*hydrocarbon cracking system*) terhadap unjuk kerja motor 4-langkah, dengan variasi panjang katalis :

1. Semakin panjang pipa katalis *annulus konsentris* pada HCS (*hydrocarbon cracking system*) maka torsi maksimum yang dihasilkan akan meningkat.
2. Bertambahnya panjang pipa katalis pada HCS (*hydrocarbon cracking system*) dapat meningkatkan proses pembakaran menjadi lebih baik sehingga dapat mengurangi kadar emisi gas HC, CO pada kendaraan.
3. Dengan panjang pipa katalis 200 mm mampu meningkatkan efisiensi konsumsi bakar spesifik 5%-10%.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini yaitu antara lain:

1. Diperlukan kondisi alat uji yang sesuai dengan kalibrasi agar mendapat data yang lebih akurat.
2. Diperlukan blower atau alat pendinginan saat melakukan pengujian sebagai sarana mendinginkan temperature mesin saat pengujian.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan kombinasi penggunaan variabel panjang katalis dengan variabel yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F., dan Sugondo. 2014. Pengembangan prototipe alat penghemat bahan bakar sepeda motor dengan tambahan uap pertamax menggunakan Hydrocarbon Crack System. *Prosiding SNATIF Ke -1 Tahun 2014*. ISBN: 978-602-1180-04-4. Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, IKIP Veteran Semarang.
- Arismunandar, W. 2002. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Edisi Kelima. Bandung: ITB
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2016. *Indonesia energy outlook 2016*, Jakarta: BPPT Indonesia.
- Icke, D. 2012. Hydrocarbon Crack System (HCS). <http://www.baligifter.org/blog>., David Icke's Official Forums.
- Dewi, K. T., Medina. M., dan Nopektaria. H. 2014. Pengaruh Suhu Pada Hydrocracking Oli Bekas Menggunakan Katalis Cr/Zaa. *Jurnal Teknik Kimia* No. 2, Vol. 20, April 2014
- Haryono, G. 1987, *Mengenal Motor Bakar*, Penerbit Aneka Ilmu, Makassar.
- Gunawan, H., R. Fernando., dan G. Nyoman. 2013. Analisis Konsumsi Bahan Bakar Motor Bensin Yang Terpasang Pada Sepeda Motor Suzuki Smash 110cc Yang Digunakan Pada Jalan Menanjak. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi.
- Helmi. 2015., *Pertumbuhan Populasi Sepeda Motor Di Indonesia Tertinggi*, (online), (<http://beritatrans.com/2015/08/18/pertumbuhan-populasi-sepeda-motor-di-indonesia-tertinggi/>). Diakses Tanggal 19 Febuari 2017).
- Heywood, J. B. L. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Massachusetts Institute of Technology

- Ji, C., D, Xiaoxu., dan J, Bingjie. 2012. Improving the performance of a spark-ignited gasoline engine with the addition of syngas produced by onboard ethanol steaming reforming. *Journal hydrogen energy*. 37 : 7680-7868.
- Kementrian Energi Sumber Daya Mineral, 2012, Kajian Evaluasi Dan Analisis *Supply-Demand* Energi Tahun 2012, Jakarta: ESDM Indonesia.
- Ketta, Mc. 1988. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, vol 1. Marcell Dekker, New York.
- Mahendra, S. 2016. Pengaruh Panjang Pipa Spiral Katalis Hydrocarbon Crack System Untuk Penghemat Bahan Bakar Sepeda Motor 4 Tak Honda Mega Pro Terhadap Waktu Performa Mesin, Temperatur dan Kebisingan, *Jurnal ITEKS*. Edisi 8 No 1.
- Negara, S., I. W. S. Budiarsa., dan I. W. Suarna. 2009. Pengaruh Nilai Oktan Bahan Bakar Dan Putaran Mesin Pada Kendaraan Bermotor Terhadap Karakteristik Emisi Gas Buang. *Jurnal Ecotrophic*. 4(2):106-111.
- Nugraheni, I., dan R. Haryadi. 2017. Pengujian Emisi Gas Buang Motor Bensin Empat Tak Satu Silinder Menggunakan Campuran Bahan Bakar Premium Dengan Etanol. *Jurnal Elemen*, 4(1), 22-28
- Pulkrabek, W. W. 1997. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, University of Wisconsin
- Raharjo, S., dan Solechan. 2013. Studi Pengaruh Penambahan Pipa Katalis Hydrocarbon Crack System Terhadap Penghematan Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Mobil Kijang Super 1500 Cc. *Symposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 2013*. ISSN 2339-028X
- Rubijanto, JP. 2015. Penghemat Bahan Bakar HCS Pada Mesin Mobil Dengan Katalis Limbah Pipa A/C. *Jurnal TRAKSI* . Vol. 15 No. 1.
- Union, R. 2004. *Technical Perspective Hydrogen Boosted Engine Operation.*, SAE Technical Paper Series 972664), 5<http://www.hydrogenboost.com>

- Sananta, A. 2012. Analisis Variasi Temperatur Logam Katalis Tembaga (Cu) Pada *Catalytic Converter* Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbonmonoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) Kendaraan Bermotor. *Jurnal ROTOR*, Volume 5 Nomor 1, Januari 2012
- Solechan. 2014. Analisa Penambahan Pipa Katalis *Hydrocarbon Crack System* Dengan Memanfaatkan Uap Tangki Terhadap Penghematan Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Zupiter Z, *Jurnal Ilmiah Pawiyatan*. Vol : XXI, No : 2.
- Subchan. 2013. Pengaruh Penambahan Pipa Katalis Hydrocarbon Crack System Terhadap Penghematan Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Mobil Kijang Super, Skripsi, Teknik Mesin- Unimus
- Sudarmadi, J. P. 2007. Angka Oktan Dan Pencemaran Udara., Jakarta.1821-1829
- Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: Penerbit ITB.
- Suprpto, 2004., *Bahan Bakar dan Pelumas*., Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Sukarmin. 2004. *Hidrokarbon dan Minyak Bumi*., Departemen Pendidikan Nasional Indonsia. Kim. 13
- Tenaya, P, I. G. N., I. G. K. Sukadana., I.G.N. S. B. Pratama. 2013. Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar terhadap Unjuk Kerja Mesin. *Jurnal Energi dan Manufaktur* : Vol : 6 No : 2, Oktober 2013: 95-202
- Toyota Astra Motor. (1996). *Step 2 Engine Group*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- William L. H. 1985. *Automotive Cooling Exhaust, Fuel and Lubricating Systems*. A Prentice Hall Company, Reston, Virginia.

LAMPIRAN DATA HASIL PENELITIAN

Lampiran A Tabel Data Pengujian Emisi Gas Buang

Lampiran A.1 Tabel hasil rata – rata pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 3000 rpm.

PANJANG KATALIS	PERCOBAAN	EMISI GAS BUANG			
		CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Tanpa katalis (standart)	1	5	534	2,9	12,1
	2	5,2	578	3,12	11,53
	3	5,18	565	3,1	11,5
	Rata – rata	5,12	559	3,03	11,7
200 mm	1	6,22	435	3,9	9,32
	2	6,65	472	4,3	8,61
	3	6,82	477	4,3	8,63
	Rata - rata	6,56	302,33	4,16	8,85
150 mm	1	6,22	526	3,5	9,63
	2	6,67	563	3,8	9,1
	3	6,74	562	3,8	9,25
	Rata – rata	6,54	550,33	3,7	9,32
100 mm	1	6,19	447	3,5	9,4
	2	6,22	402	3,6	9,1
	3	6,44	492	3,4	10,56
	Rata - rata	6,28	447	3,5	9,6

Lampiran A.2 Tabel hasil rata – rata pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 4000 rpm.

PANJANG KATALIS	PERCOBAAN	EMISI GAS BUANG			
		CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Tanpa katalis (standart)	1	4,06	517	2,9	12,8
	2	4,4	552	2,9	12,6
	3	4,63	572	3	12,5
	Rata – rata	4,36	547	2,93	12,63
200 mm	1	4,41	314	2,9	12,1
	2	4,61	344	3,1	12,1
	3	4,7	381	3,2	12
	Rata - rata	4,57	219.3	3,06	12,06

150 mm	1	3,61	407	2,8	12,6
	2	4,08	475	3,3	12,2
	3	3,87	416	2,9	13,1
	Rata – rata	3,85	432,6	3	12,63
100 mm	1	4,89	570	3,4	13
	2	5,2	561	3,3	13,18
	3	4,78	580	3,5	11,83
	Rata - rata	4,95	570,3	3,4	12,67

Lampiran A.3 Tabel hasil rata – rata pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 5000 rpm.

PANJANG KATALIS	PERCOBAAN	EMISI GAS BUANG			
		CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Tanpa katalis (standart)	1	4,11	455	2,6	12,7
	2	4,38	500	2,8	12,4
	3	4,75	562	3	12,2
	Rata – rata	4,41	505,6	2,8	12,43
200 mm	1	4,41	442	3,2	12,1
	2	4,61	479	4,4	8,56
	3	4,7	412	3,2	12,1
	Rata - rata	4,57	307	3,6	10,92
150 mm	1	4,31	524	3,4	12
	2	4,48	506	3,4	12
	3	5,76	482	3,5	10,5
	Rata – rata	4,85	504	3,43	11,5
100 mm	1	4,9	489	3,4	11,8
	2	4,41	502	3,5	12,87
	3	5,5	476	3,4	10,8
	Rata - rata	4,93	489	3,4	11,82

Lampiran A.4 Tabel hasil rata – rata pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 6000 rpm.

PANJANG KATALIS	PERCOBAAN	EMISI GAS BUANG			
		CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Tanpa katalis (standart)	1	4,92	499	3	12,1
	2	4,92	499	3	11,8
	3	5,08	524	3,1	11,7
	Rata – rata	4,97	507,33	3,03	11,86
200 mm	1	4,5	429	3,2	12
	2	4,57	429	3,4	12,1
	3	4,4	429	3,12	12,2
	Rata - rata	4,49	286	3,24	12,1
150 mm	1	5,76	484	3,3	10,7
	2	5,81	503	3,5	10,5
	3	5,76	493	3,5	10,6
	Rata – rata	5,77	493,3	3,43	10,6
100 mm	1	5,3	552	3,3	11,1
	2	5,5	556	3,1	10,5
	3	5,1	560	3,4	12
	Rata - rata	5,3	556	3,2	11,2

Lampiran A.5 Tabel hasil rata – rata pengujian emisi gas buang pada putaran mesin 7000 rpm.

PANJANG KATALIS	PERCOBAAN	EMISI GAS BUANG			
		CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Tanpa katalis (standart)	1	5,52	507	3.2	10.8
	2	5,9	549	3.5	10.4
	3	5,9	470	3	10.8
	Rata – rata	5,77	508.6	3.23	10.6
200 mm	1	3,8	441	2,6	13,2
	2	4,06	469	2,8	13
	3	4,3	480	3	12,6
	Rata - rata	4,05	303,33	2,8	12,93
150 mm	1	3,81	404	2,7	13,1
	2	3,89	410	2,8	13
	3	3,93	401	2,9	13

	Rata – rata	3,87	405	2,8	13,03
100 mm	1	4,33	550	3,2	11,87
	2	4,12	568	3,5	12,65
	3	4,48	534	3,1	9,88
	Rata - rata	4,31	550,6	3,26	11,46



Lampiran B Tabel Data Pengujian Laju Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Lampiran B.1 Tabel hasil rata – rata pengujian laju konsumsi bahan bakar spesifik tanpa pipa katalis dengan bahan bakar pertalite 30 ml.

Putaran mesin (RPM)	Percobaan (detik)			Rata – rata (detik)	Laju Konsumsi (kg/jam)	Daya (Kw)	SFCE (gr/kw.Jam)
	1	2	3				
3000	166.5	162	171	249,75	0,319	8,4	39,266
4000	136.25	132	140	204,375	0,385	8,4	47,983
5000	128.5	110	147	192,75	0,411	8,4	50,877
6000	114	105	123	171	0,462	8,4	57,349
7000	100.5	93	108	150,75	0,552	8,4	65,052

Lampiran B.2 Tabel hasil rata – rata pengujian laju konsumsi bahan bakar spesifik dengan panjang katalis 200 mm dan bahan bakar pertalite 30 ml.

Putaran mesin (RPM)	Percobaan (detik)			Rata – rata (detik)	Laju Konsumsi (Kg/jam)	Daya (Kw)	SFCE (gr/kw.Jam)
	1	2	3				
3000	163.5	153	174	245,25	0,339	8,004	39,986
4000	139.5	138	141	209,25	0,397	8,004	46,865
5000	129	126	132	193,5	0,430	8,004	50,680
6000	120	114	126	180	0,462	8,004	54,481
7000	112.5	108	117	168,75	0,493	8,004	58,113

Lampiran B.3 Tabel hasil rata – rata pengujian laju konsumsi bahan bakar spesifik dengan panjang katalis 150 mm dan bahan bakar pertalite 30 ml.

Putaran mesin (RPM)	Percobaan (detik)			Rata – rata (detik)	Laju Konsumsi (Kg/jam)	Daya (Kw)	SFCE (gr/kw.Jam)
	1	2	3				
3000	174	171	177	262	0,319	8,8504	37,573
4000	144	129	159	216	0,385	8,8504	45,401
5000	135	105	165	202,5	0,411	8,8504	48,428
6000	127	120	134	190,5	0,437	8,8504	51,478
7000	100.5	96	105	150,75	0,552	8,8504	65,052

Lampiran B.4 Tabel hasil rata – rata pengujian laju konsumsi bahan bakar spesifik dengan panjang katalis 100 mm dan bahan bakar pertalite 30 ml.

Putaran mesin (RPM)	Percobaan (detik)			Rata – rata (detik)	Laju Konsumsi (Kg/jam)	Daya (Kw)	SFCE (gr/kw.Jam)
	1	2	3				
3000	168	156	180	252	0,330	8,467	38,915
4000	141.5	130	153	212,25	0,392	8,467	46,203
5000	124.5	123	126	186,75	0,445	8,467	52,512
6000	100	95	105	150	0,554	8,467	65,377
7000	98.25	99	97.5	147,375	0,564	8,467	66,542

Lampiran C. Tabel Data Pengujian Torsi dan Daya

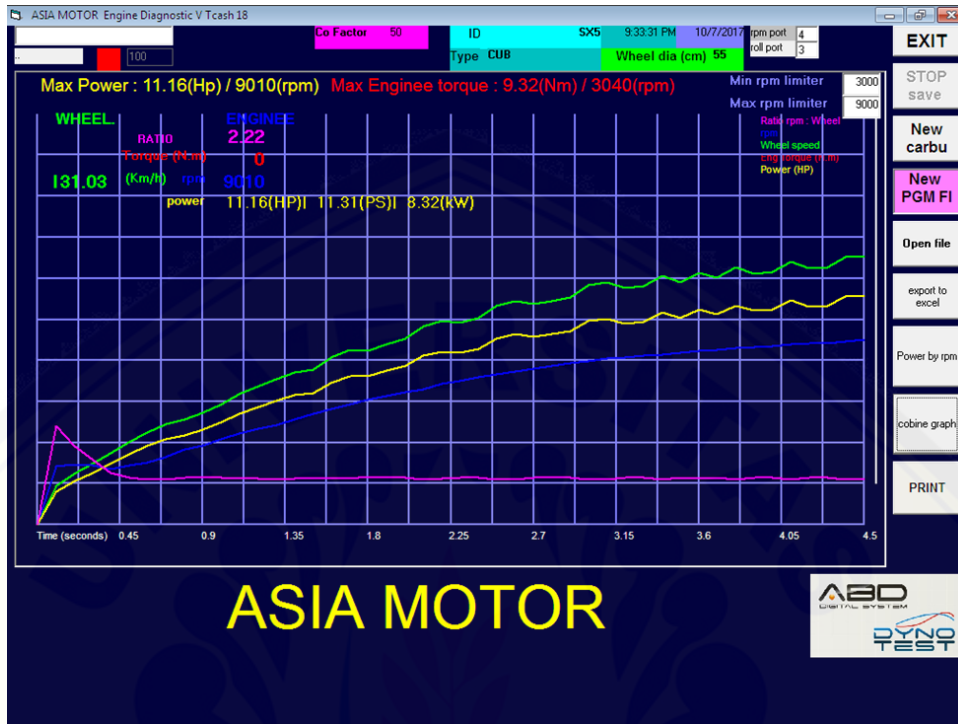
Lampiran C.1 Tabel hasil rata – rata pengujian torsi.

PUTARAN MESIN (RPM)	PANJANG KATALIS (MM)			
	Tanpa Katalis	100	150	200
3000	8,14	8,21	8,09	8,78
3500	8,97	8,65	9,22	9,28
4000	8,92	8,94	8,54	8,83
4500	8,91	8,48	8,77	8,96
5000	8,93	8,69	8,52	8,93
5500	8,78	8,96	8,71	8,91
6000	8,69	8,81	8,66	8,53
6500	8,53	8,54	8,63	8,90
7000	8,70	8,74	8,47	8,59
7500	8,68	8,53	8,76	8,79
8000	8,64	8,85	8,58	8,84
8500	8,75	8,59	8,63	8,59
9000	8,92	8,71	8,92	8,49
9500	8,63	8,51	8,54	8,04

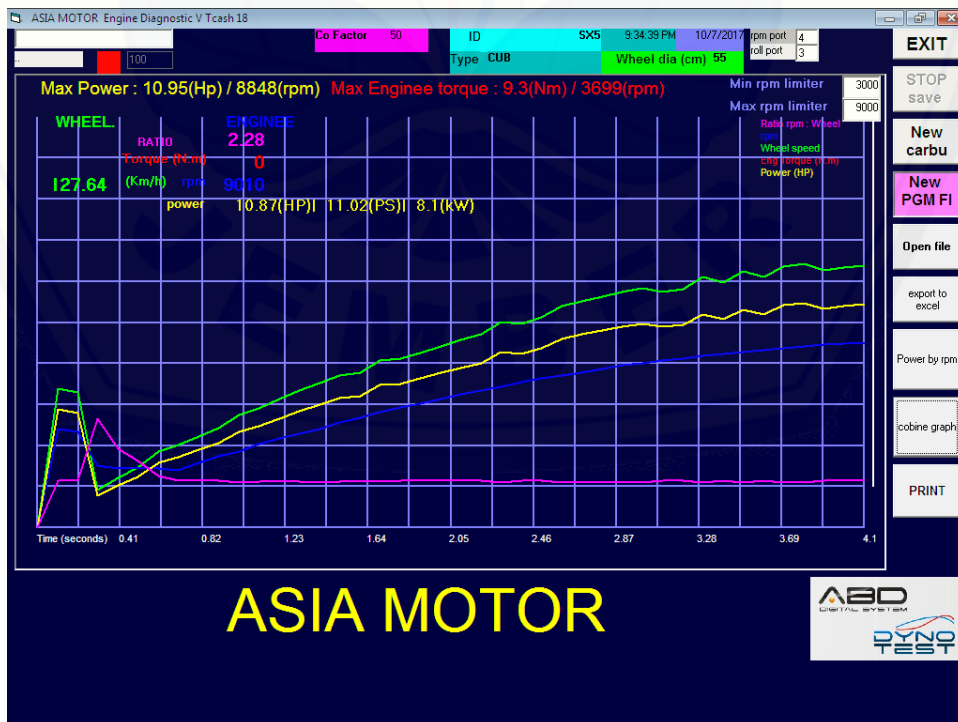
Lampiran C.2 Tabel hasil rata – rata pengujian daya.

PUTARAN MESIN (RPM)	PANJANG KATALIS (MM)			
	Tanpa Katalis	100	150	200
3000	3,43	3,46	3,41	3,7
3500	4,41	4,25	4,53	4,56
4000	5,01	5,02	4,80	4,96
4500	5,63	5,36	5,54	5,66
5000	6,27	6,10	5,98	6,27
5500	6,78	6,92	6,73	6,88
6000	7,32	7,42	7,30	7,19
6500	7,79	7,80	7,88	8,12
7000	8,55	8,59	8,33	8,44
7500	9,14	8,98	9,23	9,26
8000	9,71	9,94	9,64	9,93
8500	10,44	10,26	10,30	10,26
9000	11,38	11,01	11,28	10,73
9500	11,51	11,35	11,40	10,73

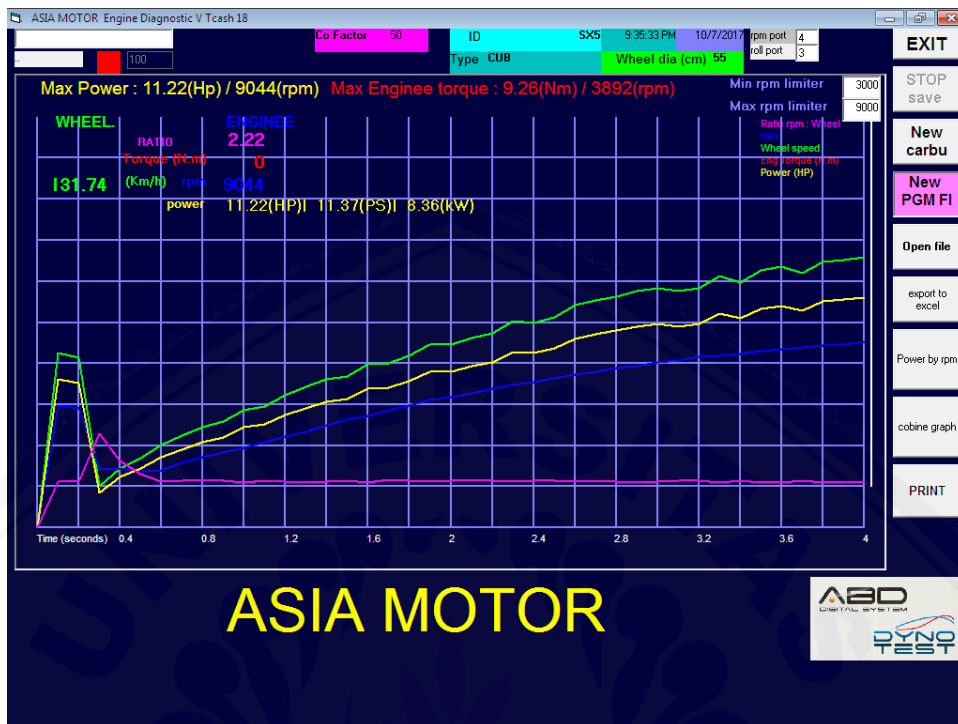
Lampiran C.3 Gambar hasil pengujian Dynotest



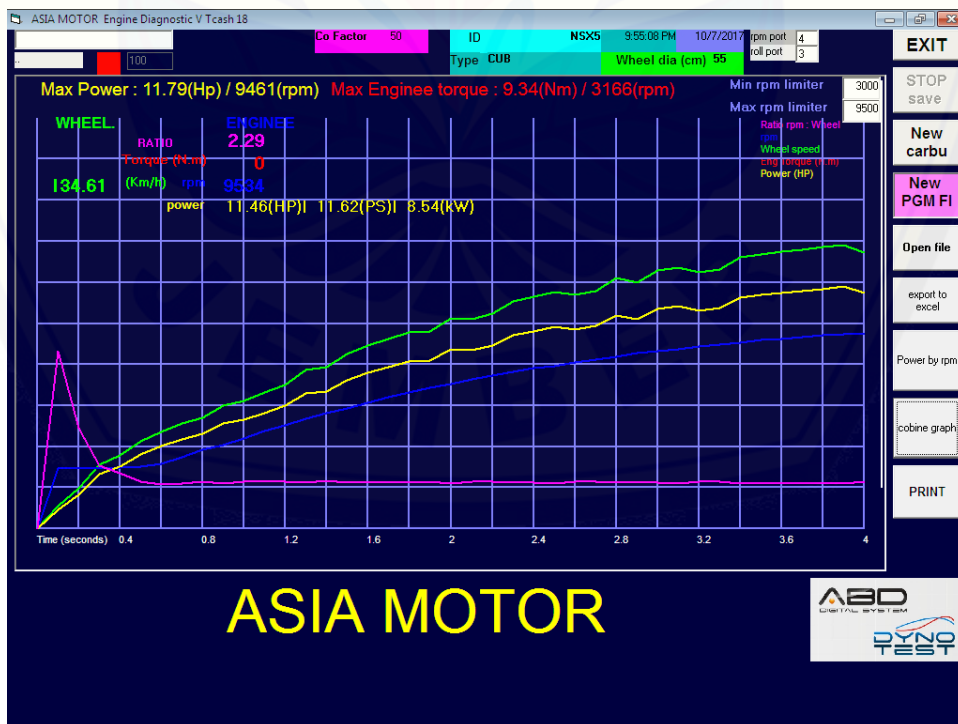
Lampiran C.2.1 Grafik percobaan 1 dengan panjang katalis 200 mm



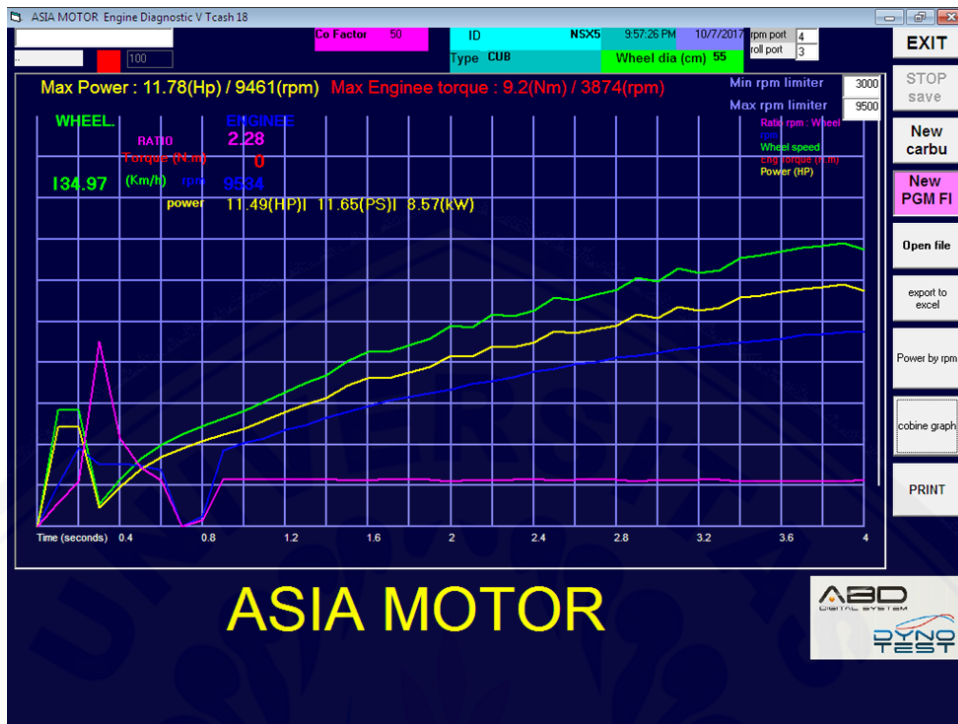
Lampiran C.2.2 Grafik percobaan 2 dengan panjang katalis 200 mm



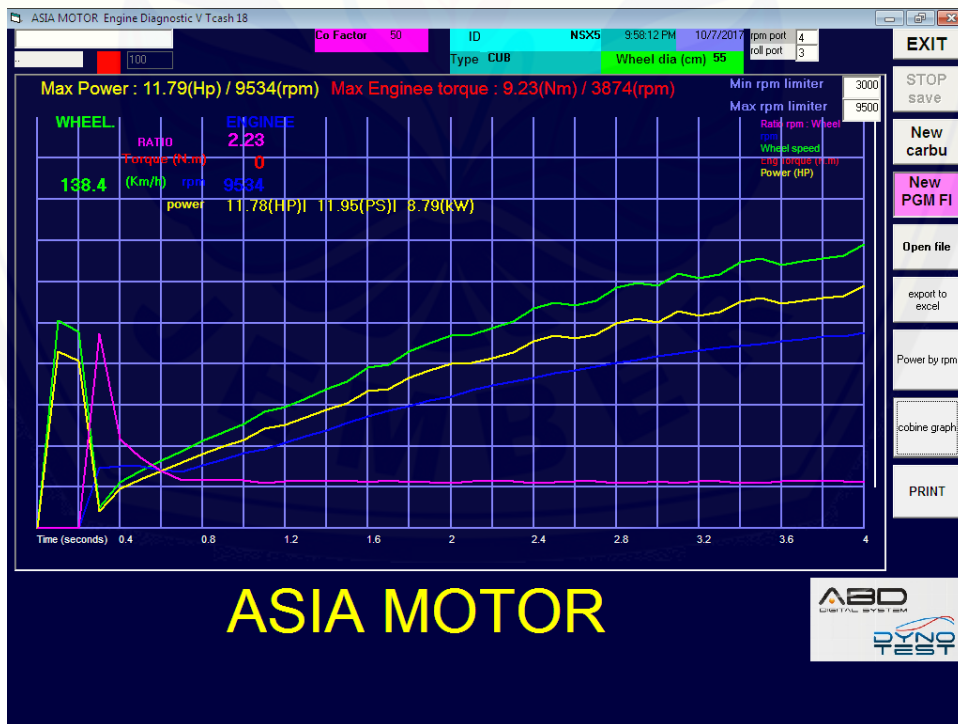
Lampiran C.2.3 Grafik percobaan 3 dengan panjang katalis 200 mm



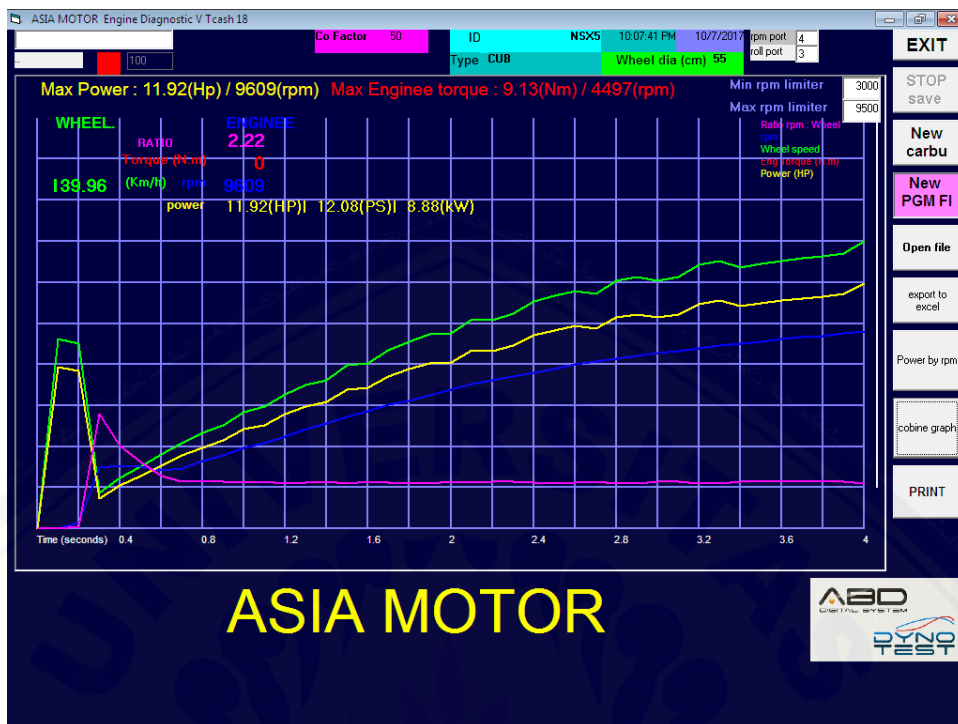
Lampiran C.2.4 Grafik percobaan 1 dengan panjang katalis 150 mm



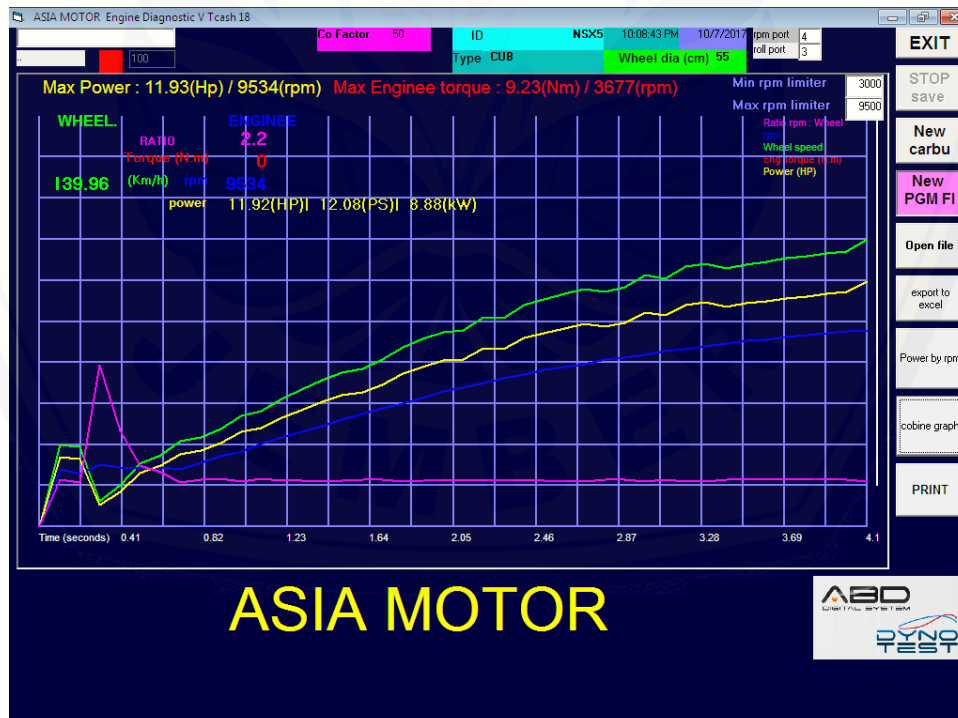
Lampiran C.2.5 Grafik percobaan 2 dengan panjang katalis 150 mm



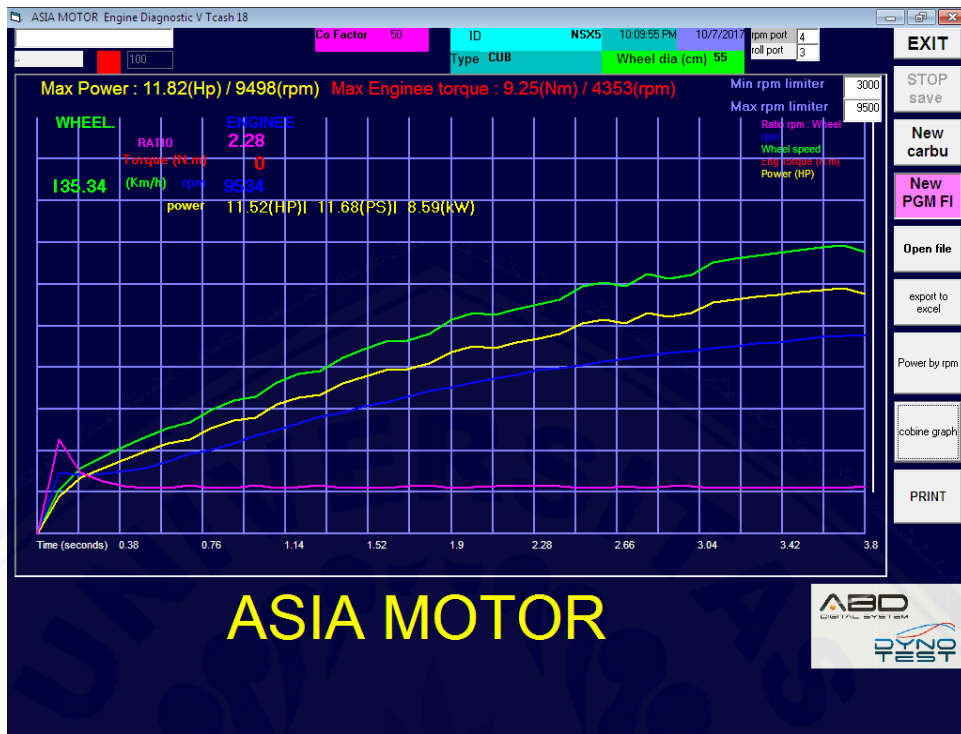
Lampiran C.2.6 Grafik percobaan 3 dengan panjang katalis 150 mm



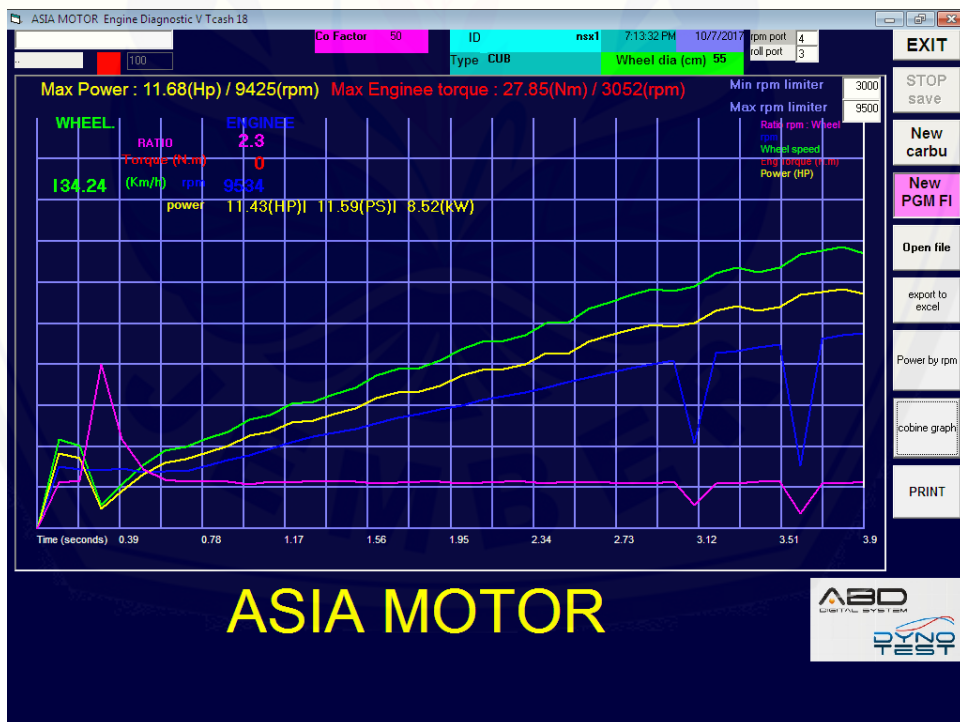
Lampiran C.2.7 Grafik percobaan 1 dengan panjang katalis 100 mm



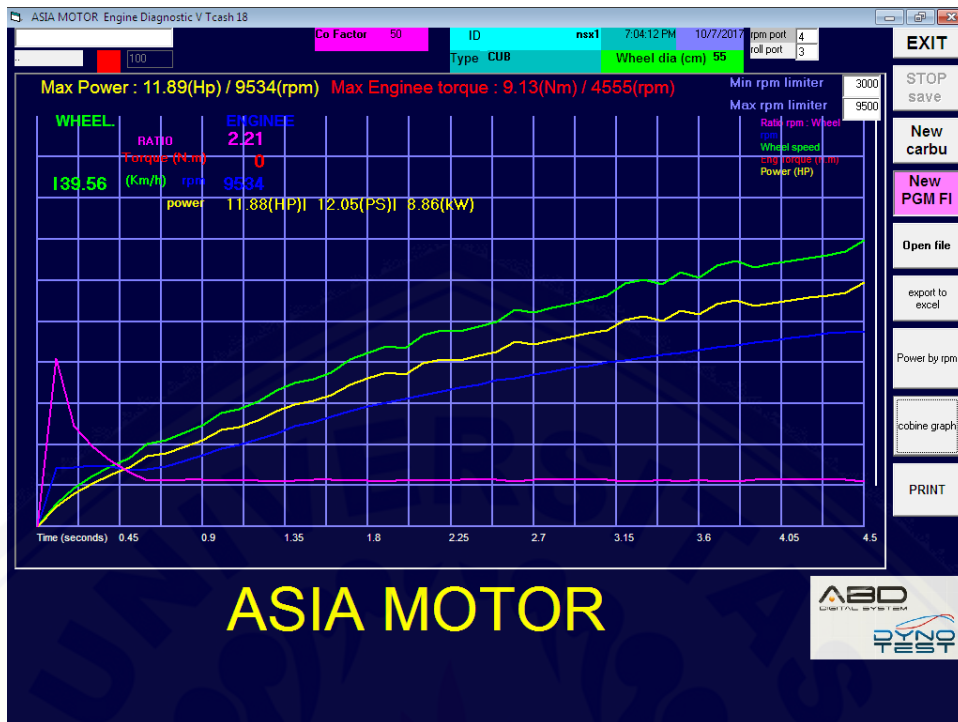
Lampiran C.2.8 Grafik percobaan 2 dengan panjang katalis 100 mm



Lampiran C.2.8 Grafik percobaan 3 dengan panjang katalis 100 mm



Lampiran C.2.9 Grafik percobaan 1 dengan kondisi standart



Lampiran C.2.10 Grafik percobaan 2 dengan kondisi standart

LAMPIRAN D. Gambar Proses Pengujian



Lampiran D.1 Gambar pengujian dynotest



Lampiran D.2 Gambar pengambilan data dynotest



Lampiran D.3 Gambar pengambilan laju konsumsi bahan bakar



Lampiran D.4 Gambar pengambilan laju konsumsi bahan bakar



Lampiran D.5 Gambar pengambilan laju konsumsi bahan bakar



Lampiran D.6 Gambar pengambilan laju konsumsi bahan bakar

LAMPIRAN E. Gambar Alat dan Bahan Penelitian



Lampiran E.1 Gambar Pipa Katalis Dalam Penelitian



Lampiran E.2 Gambar Pipa Katalis Dalam Penelitian

Lampiran E.3 Gambar Alat Dan Bahan Dalam Penelitian



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

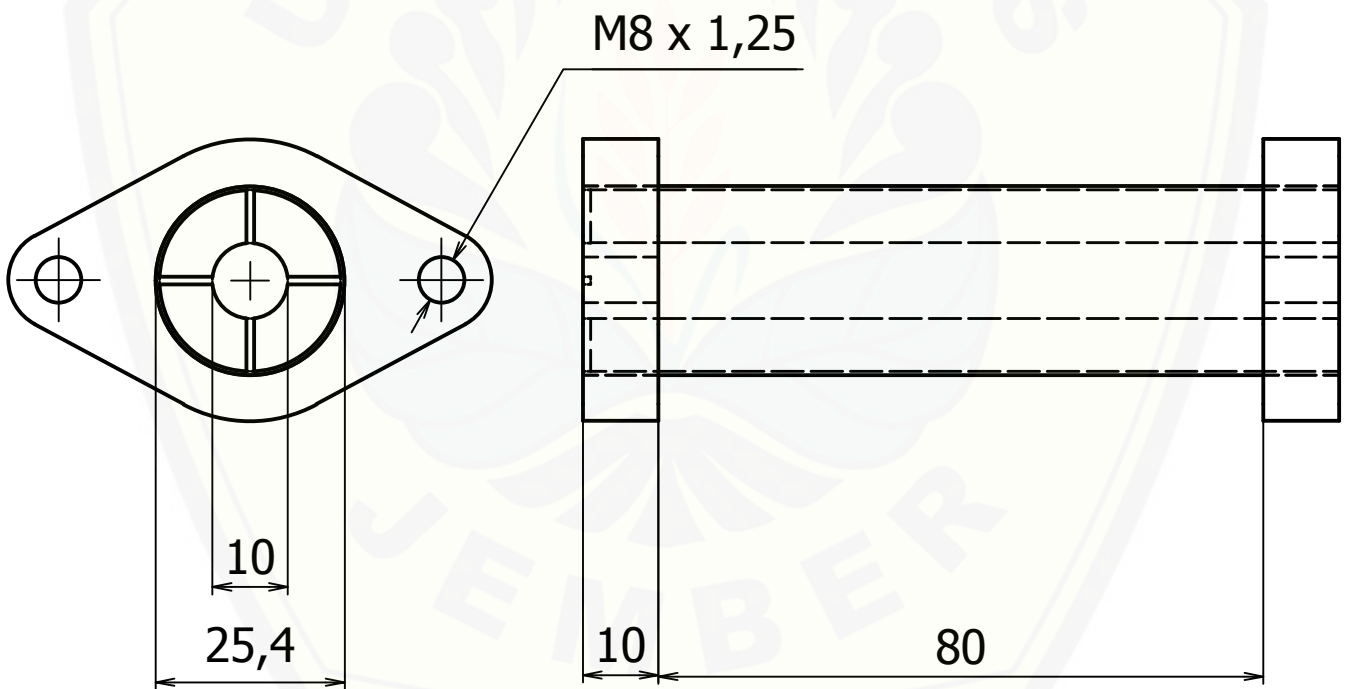
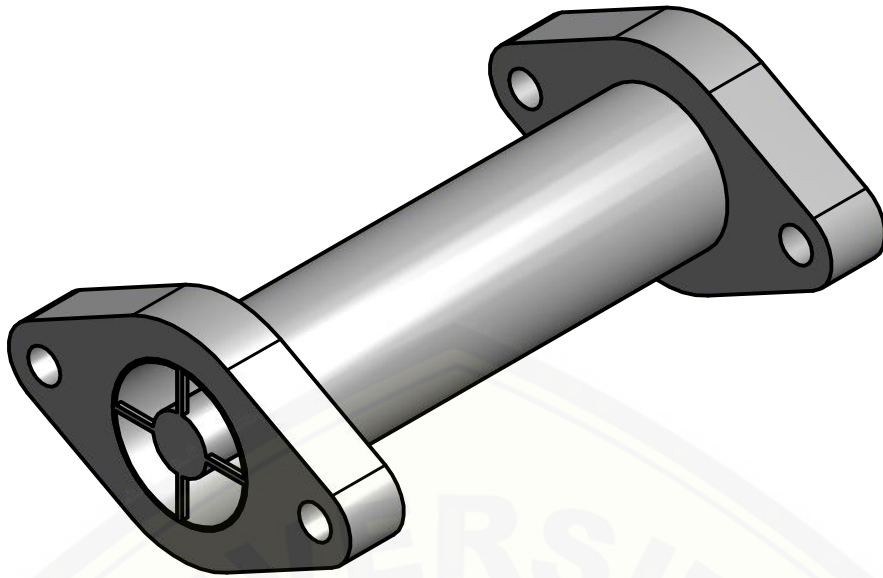
Keterangan :

- a). Blower
- b). Thermokontrol
- c). Kawat Nikelin
- d). Kertas Teflon
- e). Thermokopel

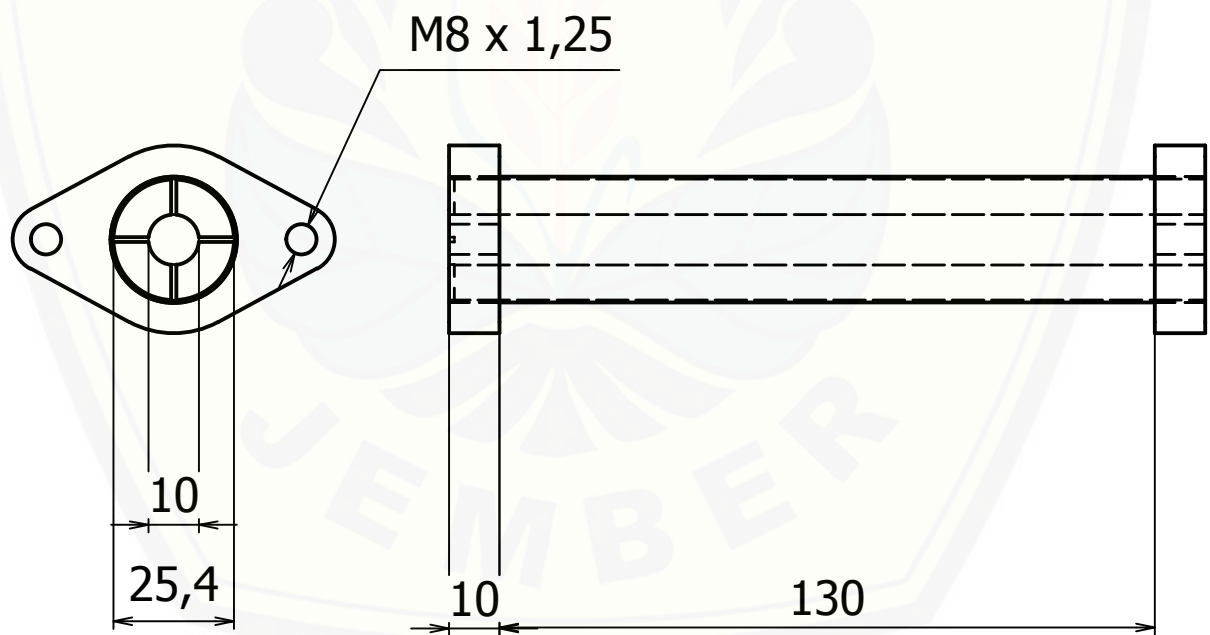
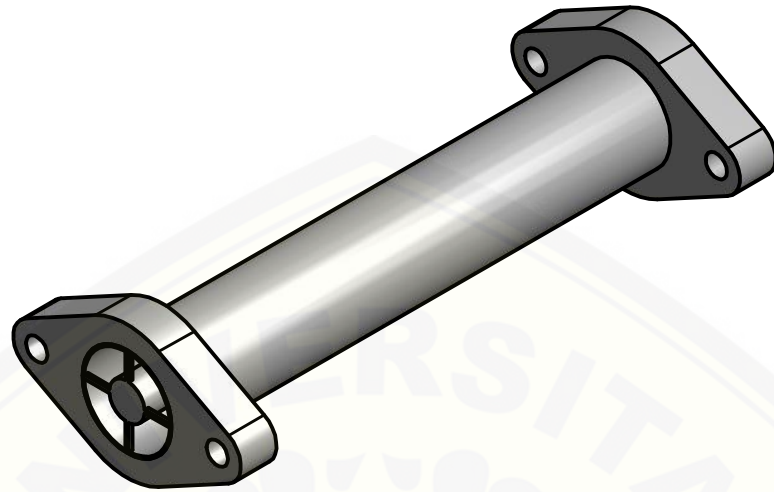
f). Gas Analyzer

g). Peralite

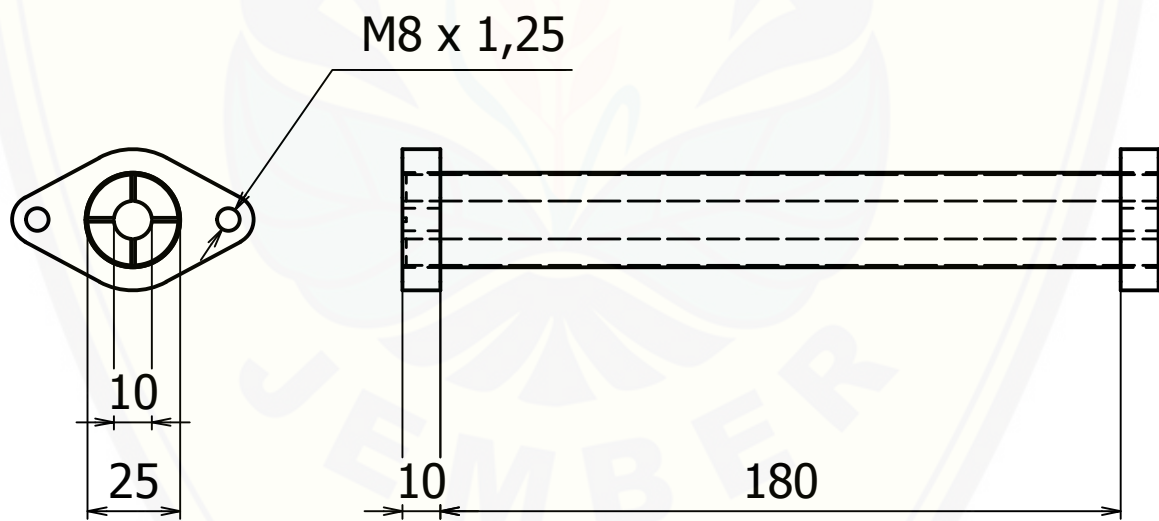
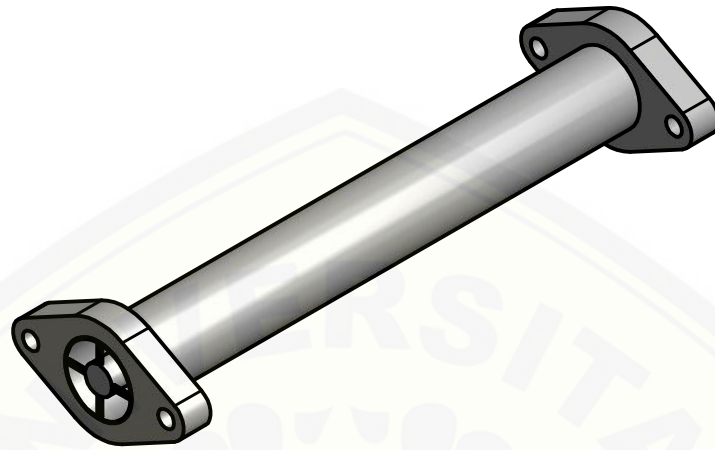
h). Buret



	Skala : 1 : 1	Di Gambar : Masruri Wardhana	Peringatan :	
	Satuan : mm	NRP/DEPT : S1 Teknik Mesin		
	Tanggal :	Di Lihat :		
Teknik Mesin Universitas Jember	Pipa Katalis HCS 100 mm		01	A4



	Skala : 1 : 1,5	Di Gambar : Masruri Wardhana	Peringatan :	
	Satuan : mm	NRP/DEPT : S1 Teknik Mesin		
	Tanggal :	Di Lihat :		
Teknik Mesin Universitas Jember	Pipa Katalis HCS 150 mm		01	A4



	Skala : 1 : 2	Di Gambar : Masruri Wardhana	Peringatan :	
	Satuan : mm	NRP/DEPT : S1 Teknik Mesin		
	Tanggal :	Di Lihat :		
Teknik Mesin Universitas Jember	Pipa Katalis HCS 200 mm		01	A4