



**PENGARUH DIAMETER *ANNULUS KONSENTRIS* PADA HCS
(*Hydrocarbon Crack System*) TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BENSIN BERBAHAN BAKAR BIOETANOL**

SKRIPSI

Oleh :

**AHMAD MAHRUS
NIM 131910101061**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S1)
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**PENGARUH DIAMETER *ANNULUS KONSENTRIS* PADA HCS
(*Hydrocarbon Crack System*) TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BENSIN BERBAHAN BAKAR BIOETANOL**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Mesin
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**AHMAD MAHRUS
NIM 131910101061**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S1)
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan basmalah skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Syuri Tauladan Umat Manusia: Rasulullah Mukhammad SAW
2. Ayahanda Muniki dan Ibunda Siti Hotija/Hotimah atas semua kasih sayang, ilmu, pengorbanan dan do'a yang dengan setulus hati telah diberikan.
3. Semua Dosen Jurusan Teknik Mesin F. Teknik Unej yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bpk. Aris Zainul M., S.T., M.T. selaku DPU, Moch. Edoward R., S.T., M.T. selaku DPA, Bpk. Boy Arief F., S.T., M.T. Ph.D yang juga selaku Dosen Penguji I serta Bpk. Dr. Robertinus Koekoeh K.W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Guru dari TK, SD, SLTP dan MA yang telah membimbing dan memberikan ilmu.
5. Kakakku Ahmad Badrud Hidayat dan Adekku Yusril Ihza Mahendra yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
6. Seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan dan do'a.
7. Teman-teman HMM (TA 2015/2016) dan BEM (TA 2016/2017).
8. Teman-teman Teknik Mesin S1 Universitas Jember angkatan '11, '12, '13, '14, '15, dan '16 yang tidak dapat penulis sebutkan semuanya, terimakasih atas dukungan dan bantuannya;
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember

MOTO

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)
(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 6-7)¹

Jika kamu bersungguh-sungguh, kesungguhan itu untuk kebaikanmu sendiri
(terjemahan Surat *Al-Ankabut* ayat 6)²

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya.
(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 286)³

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

² Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

³ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Mahrus

NIM : 131910101061

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: “PENGARUH DIAMETER *ANNULUS KONSENTRIS* PADA HCS (*Hydrocarbon Crack System*) TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN BERBAHAN BAKAR BIOETANOL” 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,

Ahmad Mahrus
NIM. 131910101061

SKRIPSI

PENGARUH DIAMETER *ANNULUS KONSENTRIS* PADA HCS (*Hydrocarbon Crack System*) TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN BERBAHAN BAKAR BIOETANOL

Oleh

Ahmad Mahrus

NIM 131910101061

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Aris Zainul M., S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Moch. Edoward R., S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*PENGARUH DIAMETER ANNULUS KONSENTRIS PADA HCS (Hydrocarbon Crack System) TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN BERBAHAN BAKAR BIOETANOL*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 1 November 2017
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP 19681207 199512 1 002

Moch. Edoward R., S.T., M.T.
NIP. 19870430 201404 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19740901 199903 1 002.

Dr. R. Koekoeh K.W., S.T., M.Eng.
NIP 19670708 199412 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

PENGARUH DIAMETER ANNULUS KONSENTRIS PADA HCS (*Hydrocarbon Crack System*) TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN BERBAHAN BAKAR BIOETANOL; Ahmad Mahrus; 131910101061 : 2017, 66 halaman; Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan transportasi yang seiring dengan penambahan jumlah manusia merupakan faktor yang mengakibatkan terjadinya eksploitasi besar-besaran terhadap sumber energi minyak bumi yang bersifat unrenewable. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk penghematan penggunaan bahan bakar minyak. Pemanfaatan Hidrokarbon pada bahan bakar dapat dimanfaatkan sebagai metode untuk mengatasi permasalahan tersebut sehingga dapat menghemat konsumsi bahan bakar.

Hidrokarbon yang terdapat pada bahan bakar dipecah menjadi atom hidrogen (H) dan karbon (C) dengan menggunakan pipa katalis dipanaskan dari *exhaust* knalpot dan panas blok mesin, sistem ini disebut juga dengan *Hydrocarbon crack System* (HCS). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh diameter annulus konsentris pada HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) terhadap unjuk kerja motor bensin sehingga diperoleh unjuk kerja mesin yang optimal. Dalam penelitian ini data yang diambil meliputi torsi (Nm), daya (HP), konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe), dan emisi gas buang (CO, HC, CO₂, dan O₂). Pengujian menggunakan bahan bakar E10 dan motor Honda SupraX 125. Variabel bebas pengubahan diameter pipa dalam annulus konsentris sebesar ¾ Inch, 5/8 Inch, ½ Inch, 3/8 Inch, dan ¼ Inch dengan pipa bagian luar sebesar 1 Inch. Panjang katalis yang digunakan 200 mm. Variabel *speed* 3000-7000 rpm pada transmisi 3. kemudian hasilnya dibandingkan dengan kondisi penggunaan bahan bakar premium murni dan sepeda motor standart.

Hasil dari penelitian Torsi max rata-rata menunjukkan dengan perlakuan HCS dapat meningkatkan torsi pada motor bensin, dimana Torsi max rata-rata tertinggi sebesar 9.42 mm pada putaran mesin 3193 (rpm). Pada penggunaan bahan bakar premium menghasilkan torsi maksimum sebesar 9.17 Nm pada putaran 3573 (rpm) sedangkan pada penggunaan bahan bakar E10 menghasilkan torsi maksimum sebesar 3.24 Nm pada putaran mesin 3531 (rpm). Pemakaian bahan bakar dengan menambahkan etanol dalam bensin sebesar 10 % - 20 %, dihasilkan torsi maksimal pada putaran rendah. kemudian pengujian bahan bakar premium menghasilkan daya max tertinggi rata-rata sebesar 11,78 HP pada putaram mesin 9487 (rpm), sedangkan nilai daya max tertinggi rata-rata menggunakan bahan bakar E10 dengan perlakuan HCS sebesar 11.57 HP pada putaran mesin 9294 (rpm) pada HCS 5.

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (*SFCe*) bahan bakar E10 perlakuan HCS mempunyai nilai lebih rendah dibanding dengan bahan bakar premium tanpa perlakuan, pengujian bahan bakar premium menghasilkan *SFCe* terendah 0,36 Kg/HP.Jam pada putaran 7000 (rpm). Pengujian bahan bakar E10 perlakuan HCS menghasilkan *SFCe* terendah 0,35 Kg/HP.Jam pada putaran 7000 (rpm) yang terjadi pada HCS 5.

Hasil uji emisi secara keseluruhan menunjukkan peningkatan kualitas emisi gas buang, dimana prosentase CO menurun yang diakibatkan peningkatan O₂ dalam pembakaran yang sesuai dengan penurunan kadar HC. Dalam penelitian ini HC tidak menurun dengan signifikan, CO berkurang pada ruang annulus konsentris yang semakin besar. Kadar CO₂ berbanding terbalik dengan kadar O₂, dimana kadar CO₂ cenderung menurun dan kadar O₂ meningkat.

SUMMARY
VIII

Effect Of Diameter Concentric Annular HCS On (Hydrocarbon Cracking System) To Performance Based Motor Gasoline Fuel Bioethanol ; Ahmad Mahrus; 131910101061: 2017, 66 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Transportation needs along with the number of people who fast are the factors that result in large-scale exploitation of petroleum energy sources that are unrenowable. Therefore, it needs an effort to save fuel usage. Utilization Hydrocarbons pad a ingredients burn could utilized as method for resolve problems the so could menghe mat consumption ingredients fuel.

Hydrocarbons contained on ingredients burn broken down into hydrogen atoms (H) and carbon (C) use pipe catalyst heated from exhaust muffler and block machine, system is also called Hydrocarbon crack System (HCS). The purpose of this study was to determine the effect of concentric annulus diameter on HCS (Hydrocarbon Cracking System) on the performance of gasoline motor so that obtained the optimum machine performance. In this study the data included torque (Nm), power (HP), specific fuel consumption (SFCe), and exhaust emissions (CO, HC, CO₂, and O₂). Testing using E10 and HondaSupraX 125. Variable free pipe diameter change concentric annular of $\frac{3}{4}$ inch, $\frac{5}{8}$ inch, $\frac{1}{2}$ inch, $\frac{3}{8}$ inch and $\frac{1}{4}$ Inch with outer pipe for 1 inch. The catalyst lenght used is 200 mm. Variable speed of 3000-7000 rpm transmission 3. then results compared with condition use pure premium fuel and motorcycle standard.

The results of the average max Torque study showed that with HCS treatment can increase torque on the gasoline motor, where the highest average maximum torque is 9.42 mm at 3193 (rpm) engine speed. On the use of premium fuel produces maximum torque of 9.17 Nm at 3573 round (rpm) while on the use of fuel E10 produce maximum torque of 3.24 Nm at 3531 (rpm) engine speed. The use of fuel by adding ethanol in gasoline by 10% - 20%, generated maximum torque at low rotat^{ix} when premium fuel testing yielded the highest average max power of 11.78 HP at 9487 (rpm) engine suction, while the highest average max power value using E10 fuel with HCS treatment was 11.57 HP at 9294 (rpm) on HCS 5.

The Specific effective Fuel Consumption (SFCE) of E10 HCS treated fuel has a lower value compared to premium fuel without treatment, premium fuel testing yield the lowest SFCE 0.36 Kg / HP.Jam round 7000 (rpm). The HCS treatment E10 fuel test resulted in the lowest SFCE 0.3 5 Kg / HP .Jam round 7000 (rpm) occurring on HCS 5.

The Overall emission test results showed an increase in the quality of exhaust emissions, where the percentage of CO decreases resulting from the increase in O₂ in the combustion corresponding to the decreased levels of HC. In this study HC did not decrease significantly, CO reduced in concentric annular space. Levels of CO₂ compared upside down with levels of O₂, where levels of CO₂ tend decreased and levels of O₂ increased.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Diameter *Annulus Konsentris* Pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Berbahan Bakar Bioetanol”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Strata 1 Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Aris Zainul M., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Moch. Edoward R., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini;
4. Bapak Boy Arief F., S.T., M.T. Ph.D dan Bapak Dr. Robertinus Koekoeh K.W., ST., M. Eng. selaku Dosen Penguji, yang telah banyak memberikan bantuan, saran, waktu, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi.
5. Bapak Adib Rosyadi. S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak Muhammad Nurkoyim K, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Nasrul Ilminnafi, S.T., M.T. yang sudah berkenan untuk meluangkan waktu, pikiran dan perhatian untuk membimbing dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini;

7. Ayahanda, Ibunda dan kakak-adikku tercinta di Lumajang dan terima kasih atas semua doa, semangat, motivasi dan kasih sayang kalian semua sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
8. Sahabat-sahabatku yang selalu mengukir senyuman dalam hari-hariku. Tiada canda dan pelepas lelah tanpa kalian semua dan semua teman-teman Teknik Mesin Angkatan '12, '13, '14, '15 yang tidak dapat penulis sebutkan semuanya, terimakasih atas dukungan dan bantuannya;
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

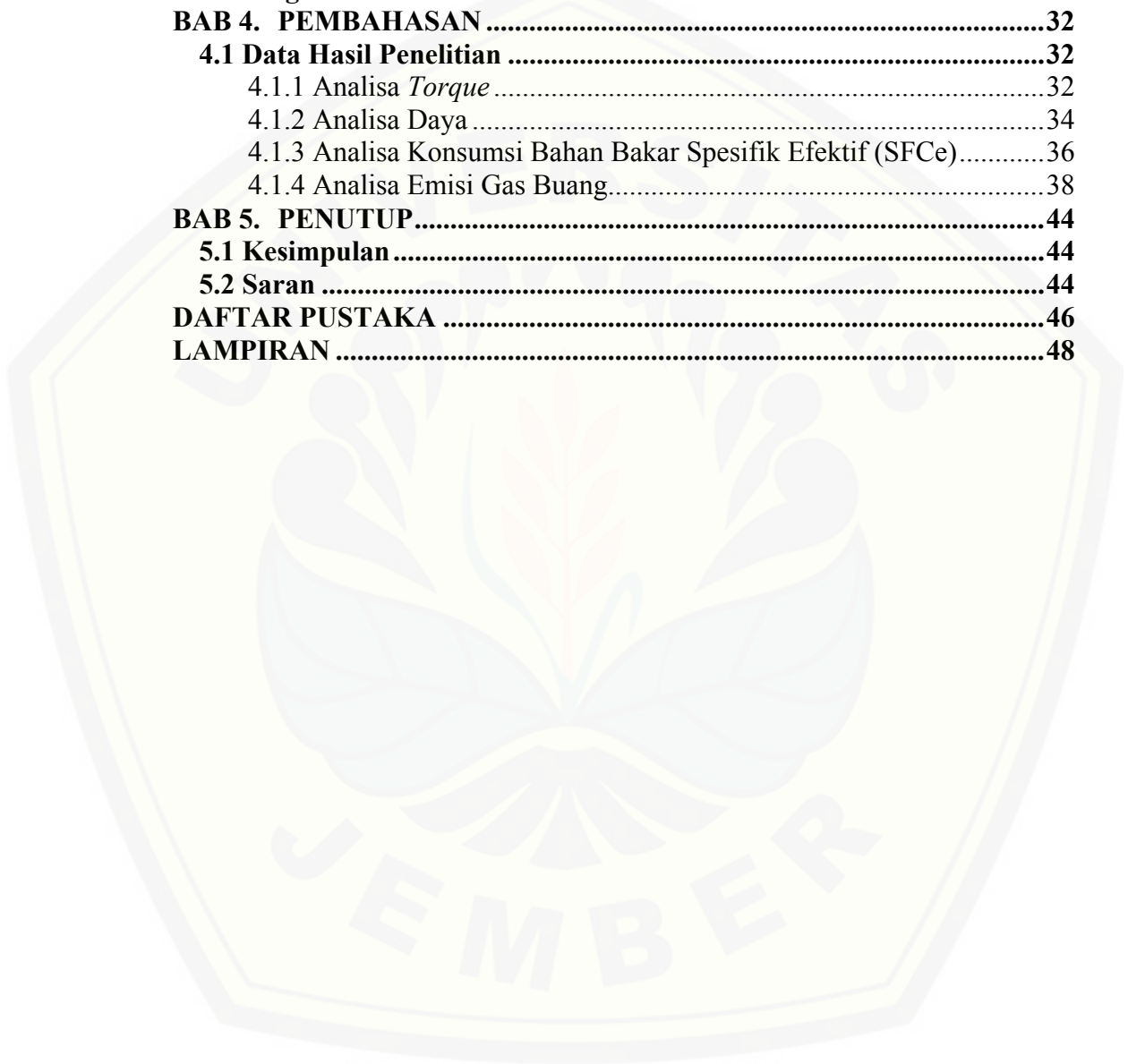
Jember, 12 November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4.1 Tujuan.....	6
1.4.2 Manfaat.....	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Potensi Bahan Bakar Minyak di Indonesia	8
2.2 Bahan Bakar Bioetanol	9
2.3 HCS (Hydrocarbon Crack System)	10
2.4 Pipa Katalis	11
2.5 Annulus Konsentris	12
2.6 Peneliti Terdahulu	12
2.6.1 Rubijanto JP, M.Amin (2013).....	12
2.6.2 Fuad Abdillah dan Sugono (2014).....	14
2.6.3 Solechan (2014).....	17
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian	21
3.2 Waktu dan Tempat	21
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.3.1 Alat.....	22
3.3.2 Bahan.....	23
3.4 Variabel Pengukuran	23
3.4.1 Variabel Bebas.....	23
3.4.2 Variabel Terikat.....	24
3.4.3 Variabel Moderator.....	24
3.4.4 Variabel Kontrol.....	25

3.4.5 Variabel Intervening.....	25
3.5 Prosedur Penelitian.....	25
3.6 Desain HCS.....	30
3.7 Skema Pemasangan Alat Uji.....	30
3.8 Diagram Penelitian	31
BAB 4. PEMBAHASAN	32
4.1 Data Hasil Penelitian	32
4.1.1 Analisa <i>Torque</i>	32
4.1.2 Analisa Daya	34
4.1.3 Analisa Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCE).....	36
4.1.4 Analisa Emisi Gas Buang.....	38
BAB 5. PENUTUP.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	48



DAFTAR TABEL

2.1 Produksi dan konsumsi minyak bumi di Indonesia (BP <i>Statistical Review of World Energy</i> , 2016).....	6
2.2 Perbandingan Sifat Thermal, Kimia, Fisika dari Etanol/Bioetanol dan Premium (Wahid dan Laode, 2006).....	8
3.1 Diameter pipa annulus konsentris.....	22
3.2 Pengambilan data pengujian Dinamometer.....	27
3.3 Pengambilan data pengujian konsumsi bahan bakar.....	27
3.4 Pengambilan data pengujian emisi gas buang.....	27
4.1 Hasil pengujian Torsi maksimum.....	31
4.2 Hasil pengujian Daya maksimum.....	32
4.3 Hasil pengujian Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	34
4.4 Hasil pengujian emisi gas CO (%).....	37
4.5 Hasil pengujian emisi gas HC (%).....	39
4.6 Hasil pengujian emisi gas CO ₂ (%).....	41
4.7 Hasil pengujian emisi gas O ₂ (%).....	42

DAFTAR GAMBAR

2.1 Ruang annulus konsentris	10
2.2 Desain Katalis (Rubijanto JP, M. Amin, 2013).....	10
2.3 Desain Pipa Katalis (Fuad Abdillah dan Sugono, 2014).....	12
2.4 Desain pipa katalis HCS (Solechan, 2014).....	16
3.1 Desain HCS	28
3.2 Skema pemasangan HCS.....	28
4.1 Grafik perbandingan torque maksimum rata-rata bahan bakar premium dan E10 terhadap perlakuan HCS	32
4.2 Grafik perbandingan Daya maksimum rata-rata bahan bakar premium dan E10 terhadap perlakuan HCS	34
4.3 Grafik perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik rata-rata bahan bakar premium dan E10 terhadap perlakuan HCS.....	36
4.4 Grafik perbandingan emisi gas buang CO rata-rata	38
4.5 Grafik perbandingan emisi gas buang HC rata-rata	40
4.6 Grafik perbandingan emisi gas buang CO ₂ rata-rata	42
4.7 Grafik perbandingan emisi gas buang O ₂ rata-rata	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Sket HCS (<i>Hydrocarbon Cracking System</i>) berdasarkan diameter annulus konsentris.....	48
Lampiran B1 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar Premium.....	53
Lampiran B2 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10.....	55
Lampiran B3 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 1.....	57
Lampiran B3 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 2.....	59
Lampiran B3 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 3.....	61
Lampiran B3 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 4.....	63
Lampiran B3 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 5.....	65
Lampiran C Foto-foto Pengujian, Alat, dan Bahan yang digunakan.....	66

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda motor merupakan salah satu alat transportasi yang biasa digunakan penduduk Indonesia. Alasannya praktis dan hemat, jika dibandingkan dengan angkutan umum. Sepeda motor dengan bahan bakar irit sebagai penentu konsumen untuk membelinya, dikarenakan harga bahan bakar yang semakin mahal (Prisca, 2012). Harga eceran per liter untuk bahan bakar jenis premium Rp 7.050, pertalite Rp 7.300, pertamax Rp 7.750, Pertamina Plus Rp 8.650, dan Pertamina Dex Rp 8.600 (Tempo, 2016). Menurut Collin Latung (konsultan perminyakan dari URS Indonesia) Penggunaan bahan bakar tergantung dari kompresi, karena berbanding lurus dengan angka oktan.

Sedangkan dalam beberapa tahun terakhir energi merupakan persoalan yang krusial di dunia. Dikarenakan nilai konsumsi minyak bumi berbanding terbalik dengan nilai produksinya dan menipisnya deposit sumber cadangan minyak dunia. Perlu adanya bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Penelitian mengenai energi terbarukan terus dikembangkan di Indonesia, bahkan menjadi program unggulan pemerintah guna mengurangi ketergantungan mengenai bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin lama semakin menipis meskipun dalam pelaksanaannya masih kurang. Salah satu energi terbarukan yang sangat berpeluang besar untuk dikembangkan adalah bioetanol (C_2H_5OH) untuk dapat memecahkan permasalahan energi saat ini.

Bioetanol memiliki beberapa kelebihan dibandingkan energi alternatif lainnya. Diantaranya memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi (35%) sehingga terbakar lebih sempurna, dengan memiliki oktan lebih tinggi (118), dan lebih ramah lingkungan karena mengandung emisi gas CO lebih rendah 19–25% (Indartono Y., 2005). Disamping itu substrat untuk memproduksi bioethanol di Indonesia cukup melimpah. Bioetanol diharapkan bisa menggantikan bahan bakar minyak kendaraan bermotor dan mesin industri. Akan tetapi banyak orang yang

belum mengerti tentang pentingnya nilai oktan terhadap kinerja mesin, sehingga banyak mesin yang memiliki performa tinggi dan dirancang untuk beroperasi dengan kompresi tinggi, namun menggunakan bahan bakar yang beroktan rendah. Menurut Collin Latung (konsultan perminyakan dari URS Indonesia) angka oktan adalah kandungan molekul iso oktan di bahan bakar. Molekul ini bisa menahan terjadinya detonasi. Kesesuaian angka oktan dengan kompresi akan memperkecil terjadinya gejala detonasi. Jika memaksakan sepeda motor kompresi tinggi menggunakan oktan rendah, mengakibatkan piston cepat rusak, ruang bakar mesin cepat berkerak dan berimisi gas buang yang tinggi. Pada dasarnya kendaraan bermotor berbahan bakar bensin merupakan salah satu kontributor adanya polusi udara dari sektor transportasi. Dengan kuantitas masing-masing sebagai berikut : $N_2 = 72\%$, $CO_2 = 18,1\%$, $H_2O = 8,2\%$, O_2 dan gas mulia = $1,1\%$, gas beracun = 1% . Dari 1% gas beracun tersebut terdiri atas $0,85\%$ CO, $0,05\%$ HC, $0,08\%$ NO dan sisanya bahan padat. Dari jumlah gas hasil pembakaran tersebut dapat dikatakan bahwa hampir 90% dari total polutan adalah gas karbon monoksida (SwissContact, 2000 :4).

Metode peningkatan oktan dengan cara yang salah akan memberi dampak negatif. Salah satu dampak negatif tersebut adalah emisi gas buang yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satu cara alternatif yang dapat dipakai untuk memperoleh bahan bakar dengan angka oktan tinggi adalah menggunakan zat aditif. Beberapa zat aditif yang dapat meningkatkan nilai oktan adalah *Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl (MMT)*, *Tetraethyl Lead (TEL)*, dan *Napthalene*. Sedangkan efek samping dari penambahan zat aditif tersebut mulai emisi gas buang beracun, menimbulkan kerak dan berefek *catalyst-poisoning*, mengganggu pengapian, dan performan mesin. Banyak Inovasi-inovasi yang berkaitan dengan peningkatan nilai oktan sebagai alternatif untuk penghematan bahan bakar, seperti metode *booster*, *coil*, *magnetik* dan *power* arus. Namun alat-alat tersebut masih memiliki beberapa Kekurangan, diantaranya dapat menyebabkan mesin *over heating*, *over vibration*, *over noise* dan yang paling parah bisa mengakibatkan mesin pecah (Suzuki, 2012). Berkaitan dengan kelebihan dan kekurangan dari alat penghemat bahan bakar tersebut, sekarang

banyak dilakukan riset berkaitan dengan pemanfaatan hidrokarbon yang terdapat pada premium atau pertamax. Hidrokarbon yang terdapat pada bahan bakar dipecah menjadi atom hidrogen (H) dan karbon (C) dengan menggunakan pipa katalis dipanaskan dari *exhaust* knalpot dan panas blok mesin, sistem ini disebut juga dengan *Hydrocarbon crack System* (HCS). Menurut (Muadi, 2012) *Hydrocarbon crack system* adalah sistem memecah atom *hydrocarbon* pada bahan bakar premium atau pertamax menjadi atom *hydrogen* (H_2) dan *carbon* (C) dengan cara menggunakan pipa katalisator yang dipanaskan. HCS menggunakan panas luar/*exothermic* dari mesin *internal combustion* maupun dari knalpot yang bisa mencapai temperatur hingga $400^\circ C$. Dalam hal ini *Hydrocarbon* diuapkan pada saat melewati katalisator sebelum akhirnya disalurkan ke ruang bakar.

HCS sangat efektif dipakai untuk penghemat bahan bakarnya. HCS (*Hydrocarbon crack system*) membutuhkan 5 sampai 10% dari tangki kendaraan untuk menghemat minimal 50% sampai 60% bahan bakar (Roy Union, 2004). Menurut Subchan (2013), HCS dapat menghemat bahan bakar 60-65%. Persentase penghematan pipa katalis HCS tergantung dari diameter, panjang pipa katalis, volume uap dan aliran uap hidrokarbon (David, 2012).

Dalam penelitian ini, peneliti tertarik melakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh diameter *annulus konsentris* pada penggunaan *Hydrocarbon Crack System* (HCS) berbahan bakar bioethanol (C_2H_5OH). Sehingga nantinya *Hydrocarbon* pada bioethanol (C_2H_5OH) dapat dipecah menjadi atom *Hydrogen* (H_2) dan *Carbon* (C) diharapkan dapat terbakar dengan sempurna sehingga performa yang dihasilkan menjadi lebih baik dan emisi gas buang menjadi rendah.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh diameter *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) dengan bahan bakar campuran premium dengan Bioethanol (E10) terhadap daya motor bakar?

2. Bagaimana pengaruh diameter *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) dengan bahan bakar campuran premium dengan Bioetanol (E10) terhadap *fuel consumption* motor bakar?
3. Bagaimana pengaruh diameter *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) dengan bahan bakar campuran premium dengan Bioetanol (E10) terhadap emisi gas buang motor bakar?

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. Penelitian hanya dilakukan pada daerah *entry region* pada katalis.
4. Tekanan pada intake manifold di anggap tetap pada setiap melakukan percobaan.
5. Tidak membahas reaksi kimia yang terjadi.

1.4 Tujuan dan Manfaat

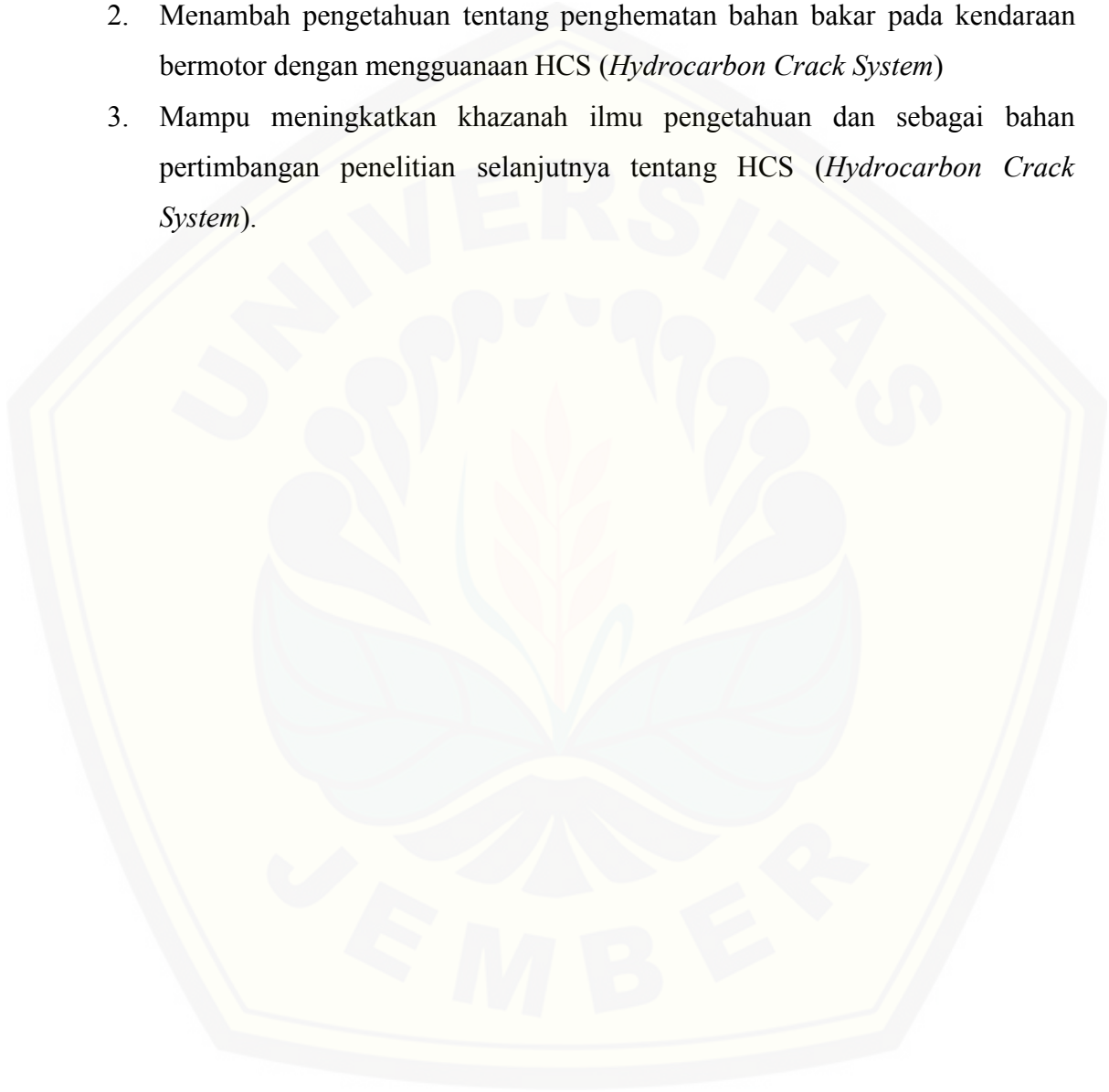
Adapun tujuan dan manfaat yang ingin dicapai pada penelitian dan pembahasan ini adalah sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh diameter *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) dengan bahan bakar campuran premium dengan Bioetanol (E10) terhadap daya motor bakar.
2. Untuk mengetahui pengaruh diameter *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) dengan bahan bakar campuran premium dengan Bioetanol (E10) terhadap *fuel consumption* motor bakar
3. Untuk mengetahui pengaruh diameter *Annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) dengan bahan bakar campuran premium dengan Bioetanol (E10) terhadap emisi gas buang motor bakar.

1.4.2 Manfaat

1. Memperoleh performa motor bensin yang efisien dan ramah lingkungan sebagai bahan pertimbangan untuk kemajuan teknologi di bidang otomotif
2. Menambah pengetahuan tentang penghematan bahan bakar pada kendaraan bermotor dengan menggunakan HCS (*Hydrocarbon Crack System*)
3. Mampu meningkatkan khazanah ilmu pengetahuan dan sebagai bahan pertimbangan penelitian selanjutnya tentang HCS (*Hydrocarbon Crack System*).



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Bahan Bakar Minyak di Indonesia

Indonesia saat ini mengalami devisa energi dengan volume devisa yang semakin tahun semakin meningkat. Hal ini terjadi karena konsumsi terhadap energi semakin meningkat. Sebagai negara yang besar dengan jumlah penduduk mencapai 255 461,7 juta jiwa (BPS, 2015). Indonesia akan mengalami masalah energi yang sangat mendasar jika kita tidak melakukan upaya untuk mengatasi masalah tersebut dalam 10-15 tahun mendatang. Sumber energi tidak terbarukan (*non-renewable*) semakin lama semakin berkurang. Sebagai Contoh Indonesia dahulu merupakan anggota OPEC (*Organization of the Petroleum Exporting Countries*) sebagai salah satu pengekspor minyak bumi. Tetapi pada tahun 2008, Indonesia resmi keluar dari OPEC karena nilai produksi dalam negeri tidak dapat mengurangi konsumsi dalam negeri. Rata-rata kebutuhan dalam negeri adalah sekitar 1,3 juta barel per hari. Permintaan ini tidak diiringi dengan produksi minyak yang hanya sebesar 879 ribu barel per hari. Saat ini Indonesia masih memiliki cadangan minyak sebesar 7,73 miliar barel. Angka ini terdiri dari 4,039 miliar barel cadangan proven dan 3,692 miliar barel cadangan berpotensi. Selain ada upaya untuk mencari sumur produksi baru, para ahli perminyakan juga berusaha untuk meningkatkan teknologi untuk produksi minyak yang lebih maksimal. Cadangan minyak bumi terbesar di Indonesia terdapat di Sumatra bagian tengah dengan nilai 3,847 miliar barel cadangan (ESDM, 2011).

Tabel 2.1 Produksi dan konsumsi minyak bumi di Indonesia (BP *Statistical Review of World Energy*, 2016)

Tahun	Produksi (juta barel / hari)	Konsumsi (juta barel / hari)
2011	952	1589
2012	918	1631
2013	882	1643
2014	852	1676
2015	825	1628

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwasanya nilai produksi minyak bumi semakin tahun semakin menurun, sedangkan konsumsi rata-rata minyak bumi semakin tahun semakin meningkat.

2.2 Bahan Bakar Bioetanol

Bioetanol merupakan istilah untuk etanol yang terbuat dari bahan baku nabati dan diproduksi oleh mikroorganisme melalui proses fermentasi. Etanol merupakan nama trival dari *etil alcohol* (C_2H_5OH), sering pula disebut alkohol. Bentuknya berupa cairan yang tidak berwarna dan mempunyai bau yang khas. Jika dibakar, etanol menghasilkan karbondioksida dan air. Dengan campuran etanol dan bensin, maka dapat dihasilkan bahan bakar campuran yang dapat terbakar dengan sempurna dan dapat mengurangi emisi pencemaran udara (Ahring, 2007).

Umumnya, penggunaan bioetanol masih dalam bentuk campuran 90% bensin dan 10% bioethanol (E10) yang lebih dikenal dengan nama Gasohol (Gasoline – Alkohol). Campuran bioetanol dalam bensin disamping dapat menambah volume BBM, juga dapat meningkatkan nilai oktan sehingga mencapai poin ON 92-95. Penambahan etanol dalam bensin juga dapat berfungsi sebagai pengganti MTBE (metal tetra butyl eter) yang banyak digunakan sebagai bahan aditif alam bensin (Hambali et al., 2007).

Gasohol merupakan campuran antara bioetanol kering atau absolute (kadar etanol > 95%) terdenaturasi dengan bensin yang dapat langsung digunakan pada motor tanpa perlu memodifikasi mesin. Gasoline atau bensin adalah salah satu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk kendaraan bermotor. Jenis bensin yang diproduksi dan dipasarkan oleh Pertamina yaitu premium, pertalite, pertamax, dan pertamax plus. Setiap jenis bensin mempunyai karakteristik atau *peformance* yang berbeda. *Performance* bahan bakar bensin dikaitkan dengan jumlah ketukan (knocking) yang ditimbulkannya dan dinyatakan dengan nilai oktan. Semakin sedikit ketukannya, semakin baik mutunya, dan semakin tinggi nilai oktannya. Bilangan oktan bensin dapat juga ditingkatkan dengan menambah

zat aditif anti ketukan, seperti Tetraethyl lead (TEL), Methyl Tertier Butyl Ether (MTBE), dan etanol.

Tabel 2.2. Perbandingan Sifat *Thermal*, Kimia, Fisika dari Etanol/Bioetanol dan Premium (Wahid dan Laode, 2006)

Keterangan	Unit	Ethanol / Bioetanol	premium
Sifat Thermal :			
a. Nilai kalor	(kkal/liter)	5023,3	8308,0
b. Panas penguapan pada 20 °C	(kkal/liter)	6,4	1,8
c. Tekanan uap pada 38 °C	(Bar)	0,2	0,8
d. Angka oktan motor	(MON)	94,0	82,0
e. Angka oktan riset	(RON)	111,0	88,0
f. Index Cetan	(°C)	3,0	10,0
g. Suhu pembakaran sendiri	(°C)	363,0	221,0-260,0
h. Perbandingan nilai bakar		0,6	1,0
Sifat Kimia :			
a. Analisis berat:			
C		52,1	87,0
H		13,1	13,0
O		34,7	0
C/H		4,0	6,7
b. Keperluan udara (kg udara/ kg)		9,0	14,8
Sifat Fisika :			
a. Berat Jenis	(g/cm)	0,8	0,76
b. Titik Didih	(°C)	78,0	32,0-185,0
c. Kelarutan dalam air		Ya	tidak

2.3 HCS (*Hydrocarbon Crack System*)

Metode pengemat bahan bakar yang banyak digunakan adalah *Hydrocarbon Crack System* (HCS). HCS merupakan sistem memecah atom hidrokarbon menjadi atom hidrogen (H₂) dan karbon (C) dengan media pipa katalis yang dipanaskan untuk menyuplai proses pembakaran mesin. Panas yang digunakan yaitu panas luar atau *exothermic* dari mesin *internal combustion*. Mulai dari blok mesin sampai *exhaust* knalpot dengan temperatur mencapai hingga 400°C (Tirtoatmodjo, 2009). *Hydrocarbon Crack System* (HCS) dapat diaplikasikan pada semua jenis kendaraan bermotor baik jenis motor 2 tak atau 4 tak, jenis motor karburator atau injeksi, dan bahkan jenis motor diesel sekalipun.

HCS merupakan penemuan dari seorang putra Yogyakarta atas nama bapak Yuhariyono atau lebih dikenal dengan Pakde Hari yang sudah dirilis pada 17 juni 2008. Pertama kali ditemukan alat ini bertujuan untuk menambah tenaga (torsi). Bertambahnya torsi pada motor maka secara tidak langsung pengendara atau pengguna yang biasa memutar tuas gas sampai dalam menjadi hanya memutar tuas 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 (Yuhariyono, 2009). Premium rumus kimianya C_8H_{18} dan Pertamina rumus kimianya $C_{10}H_{24}$. C_8H_{18} dicrack atau diurai menjadi 8 atom carbon dan 18 atom hidrogen (H_2), sedangkan $C_{10}H_{24}$ jika di-crack atau diurai menjadi 10 atom karbon dan 24 atom hidrogen (H_2). Gas hidrogen merupakan gas yang paling ringan, tidak berwarna dan tidak berbau, dan bersifat mudah terbakar. Gas hidrogen membantu menyempurnakan sistem pembakaran pada kendaraan bermotor dan diperoleh daya mesin yang lebih besar. Semakin tinggi nilai oktan pada bahan bakar yang digunakan maka semakin besar tenaga kendaraan yang akan dihasilkan (Suprpto, 2004).

2.4 Pipa Katalis

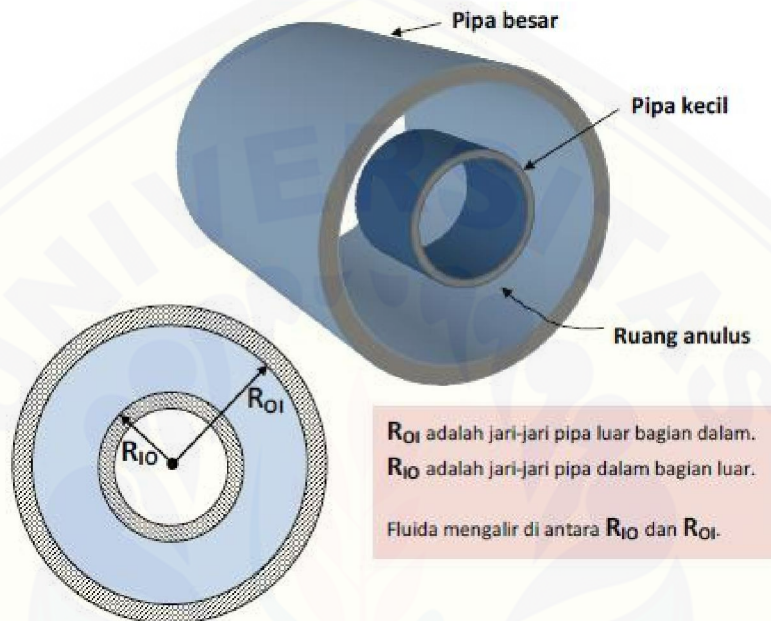
Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, dengan mengubah energi aktivasi yang diperlukan pada saat reaksi untuk diproses. Katalis digunakan dalam reaksi transesterifikasi, seperti pipa katalis untuk hidrokarbon (Ketta, 1978). Menurut (Wilhwlm Oswald, 1895) memberikan 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.

2.5 Annulus Konsentris

Ruang annulus konsentris merupakan sebuah ruang yang terbentuk di antara dua dinding pipa yang terdiri dari pipa kecil dan pipa besar, dimana pipa kecil berada didalam pipa besar sehingga terbentuk sebuah ruang yang segaris pusat.



Gambar 2.1 Ruang annulus konsentris

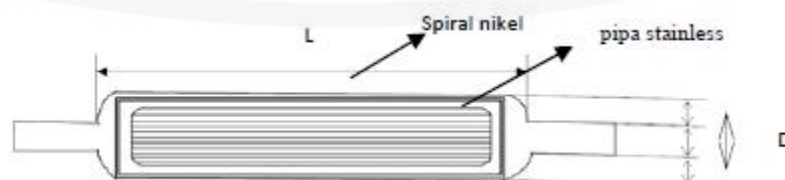
2.6 Peneliti Terdahulu

2.6.1 Rubijanto JP, M.Amin (2013)

Dalam penelitiannya tentang rancang bangun HCS berbahan pipa tembaga (Cu) untuk menguji konsumsi bahan bakar, kebisingan, emisi, dan suhu mesin.

a. Desain Katalis

Desain dan pembuatan sistem tabung katalis dengan menggunakan pipa tembaga bekas kondensor A/C ditunjukkan pada Gambar 2.17. berikut.



Gambar 2.2 Desain Katalis (Rubijanto JP, M. Amin, 2013)

b. Hasil penelitian

Dari hasil pengujian konsumsi bahan bakar dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar baik pada putaran *idle* (700 rpm) dan 2,500 rpm, volume bahan bakar pertamax 1,000 ml dan 1,500 ml pipa katalis dengan diameter 14 mm dan panjang menghasilkan durasi yang paling lama, yaitu 303 dan 358 detik pada putaran *idle* 700 rpm dan 129 dan 155 detik pada putaran 2,500 rpm. Hasil pengujian temperature menunjukkan adanya peningkatan suhu yang berbanding lurus dengan volume pipa katalis, walaupun tidak signifikan baik pada putaran *idle* maupun 2,500 rpm. Hasil pengujian kebisingan dalam penelitian ini tidak menunjukkan tren yang khusus, namun dapat dilihat bahwa kebisingan akan meningkat sekitar 20 sampai dengan 30 dB pada putaran 2,500 rpm dan menurun pada volume pipa katalis yang semakin besar. Sedangkan pada pengujian emisi gas buang prosentase karbon monoksida (CO) menurun dan berbanding lurus dengan volume pipa katalis. Kadar HC juga berkurang jika dibandingkan dengan volume bahan bakar dan pada putaran 2,500 rpm akan berkurang. Namun semakin besar volume total pipa katalis dan pada putaran mesin 2.500 rpm akan meningkatkan prosentase gas buang karbon dioksida (CO₂) dan sebaliknya menurunkan prosentase O₂. Hasil lambda yang dapat diinterpretasikan sebagai laju perbandingan jumlah O₂ yang ada dalam pembakaran untuk menghasilkan pembakaran sempurna menunjukkan hasil dibawah 1,00 yang berarti kurangnya kadar oksigen dalam pembakaran namun angka yang cukup baik untuk menghasilkan daya maksimum pada bahan bakar beroktan (lambda 0,85-0,901). Hasil ini meningkat bersamaan dengan peningkatan volume pipa katalis yang berarti pemasangan HCS akan meningkatkan kesempurnaan pembakaran bahan bakar.

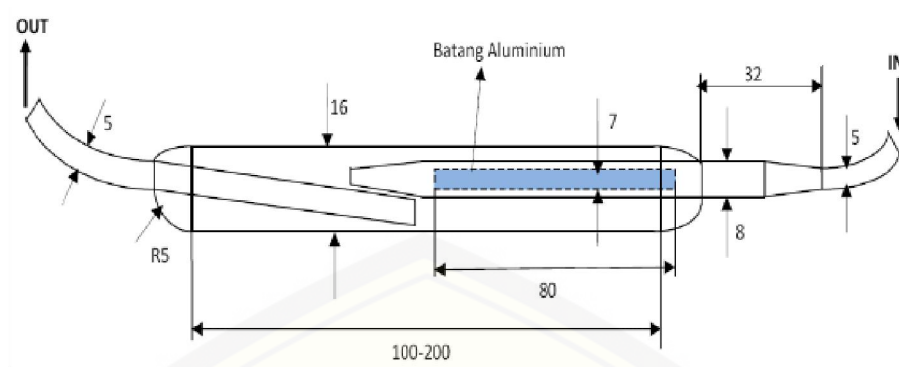
c. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa aplikasi sistem HCS dengan menggunakan pipa katalis pada mesin kijang super 1,500 cc akan menurunkan konsumsi bahan bakar yang digunakan, yaitu Pertamax. Hal ini disebabkan dengan pemasangan sistem HCS akan terjadi penguraian H yang akan menyempurnakan pembakaran bahan bakar yang disebabkan *hydrogen* terbakar

lebih cepat dan berkespansi dengan cepat ketika terjadi pembakaran yang menghasilkan perbandingan daya dan langkah mesin yang lebih efisien (Icke, 2013). Namun walaupun tidak signifikan, pembakaran yang sempurna akan meningkatkan suhu kerja mesin, yang juga ditunjukkan dari hasil pengujian suhu dalam penelitian ini. Kebisingan berkurang dengan pemasangan katalis HCS dikarenakan timing pembakaran yang tepat dibandingkan tanpa penggunaan HCS. Dengan penggunaan HCS, tidak terjadi penundaan penyalaan bahan bakar titik mati atas (TMA) pada mesin sehingga *noise* dan getaran akan berkurang (Carulcci, 2001). Hasil uji emisi secara keseluruhan menunjukkan peningkatan kualitas emisi gas buang, dimana prosentase CO menurun yang diakibatkan peningkatan O₂ dalam pembakaran yang sesuai dengan penurunan kadar HC. Dalam penelitian ini HC tidak menurun dengan signifikan, CO berkurang, dan kadar O₂ yang cenderung berkurang pada volume katalis total yang semakin besar. Ini menunjukkan adanya masalah pada mesin yang dikarenakan adanya ketidaktepatan waktu penyalaan bahan bakar. Adanya masalah pada mesin juga ditunjukkan oleh hasil HC yang berlebih yang akan terbentuk jika terjadi ketidaksesuaian penyalaan (Toyota *emission test manual*).

2.6.2 Fuad Abdillah dan Sugono (2014)

Dalam penelitiannya dengan tema Prototipe alat penghemat bahan bakar mobil menggunakan metode *Hydrocarbon Crack System* untuk menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang yang mana dengan menggunakan variable bebas panjang pipa katalis dengan panjang 100, 150, dan 200 mm. Variasi konsentrasi jumlah bahan bakar premium dalam tangki yang akan digunakan 20 ml dan 30 ml dengan pengujian pada putaran 700 rpm dan 2500 rpm.



Gambar 2.3 Desain Pipa Katalis (Fuad Abdillah dan Sugono, 2014)

a. Hasil Penelitian

Hasil pengujian penghematan bahan bakar mesin pada putaran idle atau putaran 700 rpm dan 2500 rpm menggunakan bahan bakar 100 ml pada mobil Kijang Super 1500 cc tahun 1995. Variable pengujian tanpa dan menggunakan pipa katalis HCS dengan volume tangki bahan bakar premium 20 ml dan 30 ml. Terjadi perbedaan yang signifikan sebelum dan setelah dipasang pipa katalis HCS. Sebelum dipasang pipa katalis HCS, waktu performa mesin sangat pendek. Baik pada putaran mesin 700 rpm maupun 2500 rpm yaitu 3:39 menit dan 1:25 menit. Setelah dipasang pipa katalis dengan panjang 100 mm dan volume premium 20 ml mengalami peningkatan 21 % , pipa katalis panjang 150 mm peningkatan 23%, sampai yang paling optimal 50 % pada pipa katalis 200 mm. Sedangkan untuk putaran mesin 2500 rpm sampai mengalami peningkatan 61%.

Hasil uji emisi gas buang menunjukkan bahwa sebelum menggunakan pipa katalis HCS kandungan CO sebesar 9.88 % pada putaran 700 rpm (idle), pada putaran 2500 rpm mengalami penurunan 6.05 %. Unsur CO tanpa katalis masih diatas nilai ambang batas yang diizinkan. Setelah dipasang pipa katalis HCS terjadi penurunan kandungan unsur CO, baik pada kecepatan 700 rpm maupun 2500 rpm. Penurunan CO juga dipengaruhi dari panjang pipa katalis dan volume premium. Pipa katalis 100 mm kecepatan 700 rpm kandungan CO sebesar 6.64 % terjadi penurunan 3.24 %. Pipa katalis 150 mm sebesar 4.494 dan pipa katalis 200 mm sebesar 3.432. Hasil CO yang paling baik pada untuk putaran 700 rpm dan volume premium 30 ml pada pipa katalis 200 mm sebesar 2.89 %, sedangkan

pada putaran 2500 rpm dan volume premium 30 ml pada pipa katalis 200 mm sebesar 1.46 %.

Unsur HC pada putaran idle 700 rpm sebesar 2.842 ppm dan 2500 rpm sebesar 658 ppm. Setelah dipasang pipa katalis dengan panjang 100 mm dan volume premium 20 ml pada kecepatan mesin 700 rpm mengalami penurunan HC sebesar 1651 ppm, pipa katalis 150 mm sebesar 1456 ppm dan pipa katalis 200 mm sebesar 1350 ppm. Setelah putaran mesin dinaikan menjadi 2500 rpm kandungan HC mengalami penurunan. Pada pipa katalis 100 mm dan volume premium 20 ml menjadi 497 ppm, padahal sebelum diberi pipa katalis sebesar 658 ppm. Bertambahnya panjang pipa katalis mengalami penurunan kadar HC. Pipa katalis 150 mm sebesar 430 ppm dan Pipa katalis 200 mm sebesar 405 ppm. Untuk kandungan HC yang paling rendah pada pipa katalis 200 mm dan volume premium 30 ml sebesar 280 ppm. AFR salah satu penyebab naiknya HC. Terlalu kaya atau terlalu miskin sangat berpengaruh pada HC. AFR yang ideal berpengaruh terhadap penurunan HC. AFR ideal pada pipa katalis 200 mm dan volume premium 30 ml pada putaran 700 rpm maupun 2500 rpm. Semakin miskin AFR, maka kandungan HC meningkat. HC yang paling tinggi 2842 ppm pada mobil tanpa katalis. Seiring meningkatnya putaran mesin yaitu 2500 rpm, HC semakin menurun.

Hasil pengujian unsur CO₂ tanpa pipa katalis pada putaran idle 11,38 % dan putaran 2500 sebesar 10,07 %, setelah dipasang pipa katalis mengalami kenaikan CO₂ pada pipa katalis 100 mm dan putaran 700 rpm 12,25 %, pipa katalis 1500 mm sebesar 12,4 % dan pipa katalis 200 mm sebesar 12.65%. CO₂ yang paling tinggi pada putran idle yaitu 14,23 % pada pipa katalis 200 mm dan volume premium 30 ml. kecepatan putaran mesin ditambah menjadi 2500 rpm mengalami kenaikan kandungan CO₂. Pada pipa katalis 100 mm dan volume premium 20 ml sebesar 12,35 %. pipa katalis 150 mm sebesar 12,7% dan pipa katalis 200 mm sebesar 13,1 %. Bertambahnya volume premium dan panjang pipa katalis dapat meningkatkan kandungan CO₂ (Arifuddin. 1999). Pada pipa 100 mm sebesar 13,35 %, pipa katalis 150 mm sebesar 14,15 % dan pipa katalis 200 mm sebesar 14,80 %.

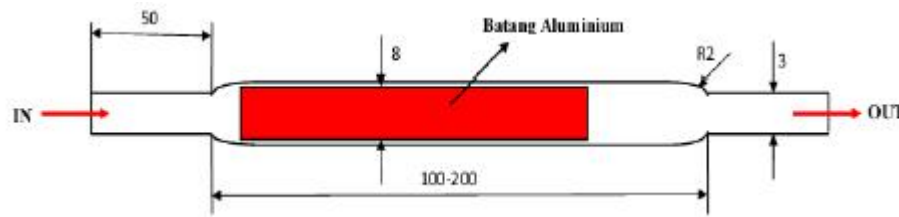
Hasil pengujian unsur O₂ tanpa pipa katalis pada pengujian ini sebesar 5,63 % pada putaran 700 rpm dan 2,98 % pada putaran 2500 rpm. Setelah dipasang pipa katalis dengan panjang 100 mm dan volume premium 20 ml kandungan O₂ menurun sebesar 4,96 %, pipa katalis 150 mm sebesar 4,89 % dan pipa katalis 200 mm sebesar 4,85 %. Kecepatan mesin 2500 rpm untuk kandungan unsur O₂ menurun, baik pada volume premium 20 ml ataupun 30 ml. Penurunan ini seiring bertambahnya panjang pipa katalis. Pipa katalis 100 mm dan volume premium 20 ml sebesar 2,11 %, pipa katalis 150 mm sebesar 1,95 % dan pipa katalis 200 mm sebesar 1,77 %. Setelah ditambah volume premium 30 ml pada pipa katalis 100 mm sebesar 1,45 %, pipa katalis 150 mm sebesar 1,21% dan yang paling rendah pada pipa katalis 200 mm sebesar 1,05%.

b. Kesimpulan

Bertambahnya panjang pipa katalis dan volume premium akan meningkatkan penghematan bahan bakar dan menurunnya emis gas buang. Penghematan bahan bakar meningkat seiring bertambahnya panjang pipa katalis dan volume premium. Penghematan bahan bakar sebesar 50 % pada putaran 700 rpm dan 61 % pada putaran 2500 rpm dengan panjang pipa katalis 200 mm dan volume premium 30 ml.

2.6.3 Solechan (2014)

Dalam penelitiannya dengan membuat alat penghemat BBM memakai metode *hydrocarbon crack system* (HCS) menggunakan pipa katalis untuk menghemat bahan bakar dan emisi gas buang. Metode penelitian menggunakan variabel bebas dengan mengatur putaran mesin, panjang pipa katalis dan volume pertamax untuk mengetahui pengaruh penghematan BBM, temperatur mesin, kebisingan, dan emisi gas buang Sepeda Motor Zupiter Z 113,7 cc. Dengan pipa katalis dari pipa tembaga bekas kondensor AC dengan diameter pipa 8 mm. Bagian dalam pipa katalis diisi batang aluminium yang diameter 7 mm. Bahan pendukung lain yaitu premium sebagai bahan bakar sepeda motor Zupiter Z, reservoir kapasitas 1.200 ml dari aluminium, dan kran pengatur aliran



Gambar 2.4 Desain pipa katalis HCS (Solechan, 2014)

a. Hasil Penelitian

Hasil pengujian waktu performa mesin tanpa pipa katalis dengan putaran mesin 900 rpm waktu performa mesin 3:57 menit, setelah dipasang pipa katalis dengan panjang 100 mm dan volume premium 1000 ml mengalami peningkatan 18%, pipa katalis panjang 150 mm peningkatan 33%, sampai yang paling optimal 35 % pada pipa katalis 200 mm. Sedangkan untuk putaran mesin 2000 rpm sampai mengalami peningkatan 52 %.

Pengujian kebisingan menggunakan sound level meter dengan jarak 30 cm dari mesin. Diharapkan hasil uji kebisingan dibawah nilai ambang batas yang diizinkan pemerintah. Berkurangnya volume premium juga sangat berpengaruh terhadap kebisingan. Menggunakan pipa katalis 100 ml mengalami penurunan nilai kebisingan sebesar 6 % atau 7 dB. Menggunakan pipa katalis 150 mm, kebisinganya stagnan 61 dB. Setelah dipasang pipa katalis 200 mm, kebisingan menurun 61 atau terjadi penurunan 7 % (7dB). Sepeda motor Zupiter Z 113,7 cc tanpa katalis memiliki kebisingan yang tinggi, ini dipengaruhi dari bahan bakar yang dipakai yaitu premium atau bensin. Premium memiliki nilai oktan yang rendah, sedangkan mobil kijang mempunyai perbandingan kompresi yang tinggi yaitu 9,3:1. Nilai oktan rendah mempengaruhi pembakaran mesin. Sehingga pembakaran tidak sempurna dan menyebabkan knocking atau detonasi (Suyanto, 1989).

Hasil pengujian CO menunjukkan bahwa sebelum menggunakan pipa katalis HCS kandungan CO sebesar 5,97 % pada putaran 900, pada putaran 2000 rpm mengalami penurunan 5,43 % yang diterangkan pada Gambar 2.13. Unsur CO tanpa katalis masih diatas nilai ambang batas yang diizinkan. Setelah dipasang pipa katalis HCS terjadi penurunan kandungan unsur CO, baik pada kecepatan

900 rpm, 1500 rpm maupun 2000 rpm. Penurunan CO juga dipengaruhi dari panjang pipa katalis dan volume premium. Pipa katalis 100 mm kecepatan 900 rpm kandungan CO sebesar 4,52 % terjadi penurunan 24 %. Pipa katalis 150 mm sebesar 4,43 % dan pipa katalis 200 mm sebesar 6,04 %. Hasil CO yang paling baik pada untuk putaran 900 rpm dan volume pertamax 1000 ml pada pipa katalis 200 mm sebesar 6,04 %, sedangkan pada putaran 2000 rpm dan volume pertamax 1500 ml pada pipa katalis 200 mm sebesar 4,57 %.

Nilai HC pada sepeda motor tanpa katalis sangat besar. Pada putaran 900 rpm sebesar 1.864 ppm, 1500 rpm sebesar 576 ppm, dan 2000 rpm sebesar 396 ppm. Setelah dipasang pipa katalis dengan panjang 100 mm dan volume premium 1000 ml pada kecepatan 900 rpm mengalami penurunan HC sebesar 1636 ppm, pipa katalis 150 mm sebesar 1598 ppm dan pipa katalis 200 mm sebesar 1443 ppm. Hasil unsur HC baik tanpa pipa katalis dan menggunakan pipa katalis masih jauh diatas nilai batas ambang yang diizinkan, sehingga sepeda motor ini tidak lolos uji emisi gas buang. Apabila emisi HC tinggi, kemungkinan penyebabnya yaitu AFR terlalu kaya dan pembakaran tidak sempurna (Satudju, Dj, 1991). Setelah putaran mesin dinaikan menjadi 1500 sampai 2000 rpm kandungan HC mengalami penurunan. Pada pipa katalis 100 mm dan volume premium 1000 ml dan putaran mesin 2000 ppm menjadi 351 ppm, padahal sebelum diberi pipa katalis sebesar 398 ppm. Bertambahnya panjang pipa katalis mengalami penurunan kadar HC. Pipa katalis 150 mm sebesar 325 ppm dan Pipa katalis 200 mm sebesar 307 ppm. Untuk kandungan HC yang paling rendah pada pipa katalis 200 mm dan volume premium 1000 ml sebesar 307 ppm.

Hasil pengujian unsur CO₂ tanpa pipa katalis pada putaran 900 rpm sebesar 5,98 % , 1500 rpm sebesar 7,44 dan putaran 2000 rpm sebesar 8,55 %, setelah dipasang pipa katalis mengalami kenaikan CO₂ pada pipa katalis 100 mm dan putaran 900 rpm yaitu 9,94 %, pipa katalis 150 mm sebesar 11,36 % dan pipa katalis 200 mm sebesar 12,98 %. CO₂ yang paling tinggi pada putaran 2000 rpm yaitu 12,98 % pada pipa katalis 200 mm dan volume premium 1000 ml. Kecepatan putaran mesin ditambah menjadi 1500 rpm dan 2000 rpm mengalami kenaikan kandungan CO₂. Pada pipa katalis 100 mm dan volume premium 1500 ml sebesar

9,32 %. pipa katalis 150 mm sebesar 11,17% dan pipa katalis 200 mm sebesar 12,11%

Hasil pengujian unsur CO₂ tanpa pipa katalis dan putaran 900 rpm sebesar 9,78 % pada, putaran 1500 rpm sebesar 7,63 %, dan putaran 2000 rpm sebesar 5,63 %. Setelah dipasang pipa katalis dengan panjang 100 mm dan volume premium 1000 ml kandungan O₂ menurun sebesar 7,89 %, pipa katalis 150 mm sebesar 5,59 % dan pipa katalis 200 mm sebesar 3,03 %. Kecepatan mesin 1500 rpm dan 2000 rpm untuk kandungan unsur O₂ menurun. baik pada volume premium 1000 ml maupun 1500 ml, dan penurunan ini seiring bertambahnya panjang pipa katalis. Pada putaran 2000 rpm dengan panjang pipa katalis 100 mm dan volume premium 1000 ml sebesar 3,91 %, pipa katalis 150 mm sebesar 1,42 % dan pipa katalis 200 mm sebesar 1,06 %. Setelah ditambah volume premium menjadi 1500 ml pada pipa katalis 100 mm sebesar 4,16 %, pipa katalis 150 mm sebesar 1,96% dan yang paling rendah pada pipa katalis 200 mm sebesar 1,21%. Terjadi kenaikan O₂ setelah bahan bakar premium ditambah.

b. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan maka kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut :

- a) Terjadi perbedaan yang signifikan sebelum dan setelah dipasang pipa katalis HCS pada sepeda motor Zupiter Z 113,7 cc tahun 2006. Penghematan bahan bakar mencapai 50 % yang dipengaruhi oleh panjang pipa katalis, volume premium, dan putaran mesin.
- b) Bertambahnya panjang pipa katalis akan meningkatkan waktu performa mesin dan meningkatkan jumlah hidrogen dan karbon tanpa kandungan H₂O. Kandungan bahan bakar di dalam ruang bakar menjadi oktan tinggi, daya mesin yang lebih besar dan konsumsi bahan bakar rendah sehingga berpengaruh terhadap temperatur mesin, *noise* (kebisingan), dan emisi gas buang mobil yang rendah.
- c) Prototipe desain pipa katalis HCS dipengaruhi oleh panjang pipa tembaga, semakin panjang pipa katalis untuk penghematan bahan bakar semakin besar.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan kali ini adalah metode eksperimental. Metode eksperimental adalah suatu penelitian yang dilakukan terhadap variabel dengan data-data yang belum ada sehingga diperlukan proses manipulasi dengan memberikan perlakuan tertentu pada obyek penelitian serta dengan kontrol yang diukur dampak dari perlakuan tersebut (Jaedun, 2011). Penelitian ini dilakukan dengan variasi diameter *annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) dan putaran mesin dengan melakukan 3 kali pengulangan percobaan, masing-masing variasi dilakukan pengujian performa mesin meliputi *dyno test*, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

Berikut merupakan variasi yang digunakan pada penelitian :

- a. Material katalis yang digunakan adalah tembaga
- b. Panjang HCS (*Hydrocarbon Crack System*) yaitu 20 cm
- c. Diameter pipa tembaga yang digunakan untuk ruang *annulus* adalah 6.3 mm atau ($\frac{1}{4}$ Inch), 9.5 mm atau ($\frac{3}{8}$ Inch), 12.8 mm atau ($\frac{1}{2}$ Inch), 15.9 mm atau ($\frac{5}{8}$ Inch), 19 mm atau ($\frac{3}{4}$ Inch) dan 25.4 mm atau (1 Inch).
- d. Material katalis yang diberi perlakuan yaitu pada diameter 25.4 mm (1 Inch).
- e. Suhu yang digunakan pada *Heater* untuk memanaskan HCS (*Hydrocarbon Crack System*) yaitu 150°C
- f. Bahan bakar yang digunakan yaitu menggunakan bahan bakar campuran bioetanol (10%) dan bensin (90%).
- g. Etanol yang digunakan dengan *grade* normal dengan kadar 97%

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 Maret 2017 sampai dengan bulan Mei 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:

- 1) Merk Mesin : Supra X 125
 - 2) Tipe Mesin : 4-Langkah SOHC
 - 3) Diameter x Langkah : 52,4 mm x 57,9 mm
 - 4) Pencampuran Bahan Bakar : Karbulator
 - 5) Jumlah Silinder : 1 Silinder
 - 6) Volum Langkah Toran Total : 124.8 cc (125 cc)
 - 7) Sistem Transmisi : Roda Gigi
 - 8) Perbandingan Kompresi : 9.0 : 1
 - 9) Pendingin : Udara
 - 10) Max. power : 9,3 ps @ 7500 rpm
 - 11) Max. torsi : 1,03 kgf.m / 4000 rpm
 - 12) Transmisi : 4 speed (N-1-2-3-4) rotary
 - 13) Starter : electric dan kick.
 - 14) Tipe Kopling : Otomatis, sentrifugal
 - 15) System pelumasan : Basah
 - 16) Negara Pembuat : Jepang
 - 17) Tahun Pembuatan : 2010
- Kelistrikan
- 18) Baterai : 12 v – 3,5 Ah
 - 19) Busi : (ND) U20EPR9 / (NGK) CPR6EA-9
 - 20) Pengapian : CDI-DC
- Dimensi
- 21) Panjang x lebar x tinggi : 1889 x 702 x 1094 mm
 - 22) Jarak sumbu roda : 1242 mm
 - 23) Jarak ke Tanah : 136 mm
 - 24) Kapasitas olie mesin : 0,7
 - 25) Tangki BBM : 3,7 liter

- 26) Berat : 105 kg
- 27) Ban Depan : 70/90-17 M/C 38P
- 28) Ban Belakang : 80/90-17 M/C 44P
- 29) Rem Depan : Cakram Hidrolik dengan piston ganda
- 30) Rem Belakang : Cakram Hidrolik dengan piston ganda

b. Perlengkapan Pendukung:

- 1) *Gas Analyzer*
- 2) *Dynotest*
- 3) *Buret*
- 4) *Thacometer*
- 5) *Tool set*
- 6) *Stopwatch*
- 7) *Termokontrol*
- 8) *Termokople*

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri :

- a. Premium (standart SPBU) yang dibeli pada satu waktu pada satu tempat
- b. Bioetanol dengan kadar normal 97%
- c. Pipa Tembaga (Cu) sebagai katalis.

3.4 Variabel Pengukuran

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian dalam rangka untuk menerangkan hubungannya dengan fenomena yang diobservasi. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu perubahan diameter pipa bagian dalam untuk membentuk ruang *annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) dengan tanpa mengubah diameter pipa luar yang digunakan untuk membentuk annulus dengan diameter 1 inch atau 25.4 mm dengan tebal 0.7 mm yang dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 3.1 Diameter pipa *annulus konsentris*

No	Nama	Diameter pipa Dalam		Diameter Pipa Luar		Ruang annulus (mm)
		Inch	mm	Inch	mm	
1.	HCS 1	$\frac{3}{4}$	19.0	1	25.4	5.7
2.	HCS 2	$\frac{5}{8}$	15.9	1	25.4	8.8
3.	HCS 3	$\frac{1}{2}$	12.7	1	25.4	12
4.	HCS 4	$\frac{3}{8}$	9.5	1	25.4	15.2
5.	HCS 5	$\frac{1}{4}$	6.4	1	25.4	18.3

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel Terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian motor bakar. Tujuan dari pengujian motor bakar adalah untuk mengetahui unjuk kerja mesin tersebut dengan menganalisa data-datanya yang meliputi:

- a. Torsi
- b. Daya
- c. *Fuel consumption*
- d. Emisi Gas buang (CO, HC dan CO₂)

3.4.3 Variabel Moderator

Variable moderator adalah faktor-faktor atau aspek-aspek yang diukur, dimanipulasi atau dipilih oleh peneliti untuk menentukan apakah variabel tersebut mengubah hubungan antara variable bebas dan variable terikat. Variabel moderator yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

- a. Suhu ruangan pada saat pengujian
- b. Tekanan pada intake manipold

3.4.4 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dinetralisasi yang diidentifikasi sebagai variabel kontrol atau kendali atau dengan kata lain variabel kontrol adalah variabel yang diusahakan untuk dinetralisasi oleh peneliti, meliputi :

- a. Putaran mesin pada gigi 3 dengan range 1000 rpm pada putaran 3000-7000 rpm.
- b. Bahan bakar yang dipakai sebesar 30 ml meliputi premium (90%) dan bioetanol (10%)

3.4.5 Variabel Intervening

Variabel intervening adalah variabel yang tidak pernah diamati dan hanya disimpulkan berdasarkan pada variabel terikat dan bebas. Variabel intervening pada penelitian ini adalah

- a. Dari penelitian sebelumnya dikatakan bahwasanya bertambahnya volume bahan bakar dan panjang dari katalis pada HCS maka akan membuat tingkat efisiensi bahan bakar meningkat.
- b. Dengan bertambah besarnya diameter annulus konsentris dan semakin besar putaran rpm yang digunakan akan meningkatkan tingkat efisiensi pada bahan bakar semakin meningkat, daya semakin besar dan membuat emisi gas buang semakin berkurang, ini terjadi karena katalis membuat terjadinya pembakaran sempurna

3.5 Prosedur Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Tahap Persiapan dan pemeriksaan

Persiapan alat pengujian ini meliputi persiapan alat dan bahan, baik melalui tahap pembelian, penyewaan, perakitan sampai proses pemodifikasian alat. Setelah alat dan bahan terkumpul, perlu adanya pemeriksaan meliputi kesiapan dan kelengkapan alat uji agar bekerja sesuai dengan sistem pengujian. Adapun tahap persiapan dan pemeriksaan alat dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Merancang dan memasang komponen HCS (*Hyrocarbon Crack System*) sesuai dengan perancangan

- 2) Merancang dan memasang alat kontrol voltase output dari *heater* yaitu termokopel dan termokontrol supaya kita dapat mengatur temperatur yang akan digunakan untuk memanaskan HCS.
 - 3) Melakukan pengecekan pada HCS (*Hydrocarbon Crack System*) sudah terpasang dengan baik pada motor sesuai dengan standart pengujian
 - 4) Melakukan pengecekan motor yang akan digunakan sesuai dengan standart pengujian
 - 5) Menyiapkan dan memeriksa alat uji *gas analyzer* dan alat lainnya agar bekerja maksimal
- b. Tahap Analisa Data
- 1) Pengujian *Dyno test*
 - a) Merangkai dan mengecek kembali semua alat komponen pengujian, meliputi alat pemanas (*heater*), HCS yang digunakan dan seperangkat *dynotest*
 - b) Mengatur ulang pada temperatur berapa HCS akan digunakan.
 - c) Mengukur volume bahan bakar yang digunakan dengan 10% bioethanol dan 90% premium murni
 - d) Menjalankan alat uji *dyno test* sesuai dengan prosedur pengujian
 - e) Menghidupkan mesin dan memposisikan gas stabil pada putaran gas *idle* dan setelah itu memposisikan bukaan *throttle* hingga mencapai putaran mesin 3000 rpm pada transmisi gigi 3
 - f) Mesin dimatikan.
 - g) Pengambilan data terhitung pada waktu bukaan throtel penuh pada putaran mesin 3000 rpm sampai dengan 7000 rpm
 - h) Pengambilan data berupa hasil pengujian berupa torsi maksimum dan daya maksimum pada layar komputer
 - i) Pengambilan data dilakukan 3 kali pegulangan pengujian pada variabel yang sama.
 - j) Mengubah variabel diameter *annulus konsentris* pada HCS dan mengulangi langkah a-i pada setiap percobaan.

- 2) Pengujian konsumsi bahan bakar
 - a) Merangkai dan mengecek kembali semua alat komponen pengujian, meliputi alat ukur voltase, HCS yang digunakan.
 - b) Mengatur ulang pada temperatur berapa HCS akan digunakan.
 - c) Mengukur volume bahan bakar yang digunakan dengan 10% bioethanol dan 90% premium murni
 - d) Menyiapkan *stopwatch* untuk menghitung waktu yang diperlukan, jika diketahui volume bahan bakar yang digunakan dalam satu kali pengujian adalah 30 ml
 - e) Menghidupkan mesin dan memposisikan gas stabil pada putaran mesin (N rpm)
 - f) Menghentikan *stopwatch* dan mencatat waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar 30 ml
 - g) Mematikan mesin
 - h) Pengambilan data berupa data konsumsi bahan bakar per detik
 - i) Pengambilan data dilakukan 3 kali pengulangan pengujian dengan variabel yang sama
 - j) Mengulangi langkah a-i, dengan mengubah variabel diameter *annulus konsentris* dan putaran mesin (N rpm).
- 3) Pengujian emisi gas buang
 - a) Merangkai dan mengecek kembali semua alat komponen pengujian, meliputi perangkat *Heater* yang digunakan, HCS yang digunakan dan alat uji *gas analyzer*
 - b) Mengatur ulang pada temperatur berapa HCS akan digunakan.
 - c) Mengukur volume bahan bakar yang digunakan dengan 10% bioethanol dan 90% premium murni
 - d) Pemasangan alat *gas analyzer* dan penyambungan perangkat *auto gas analyzer* ke komputer
 - e) Menghidupkan mesin dan memposisikan gas stabil pada putaran mesin N rpm

- f) Pengambilan data hasil pengujian berupa kadar emisi gas buang (CO, HC dan CO₂) pada layar komputer
- g) Mematikan mesin
- h) Pengambilan data dilakukan 3 kali pengulangan pengujian pada setiap variabel yang sama
- i) Mengulangi langkah pengujian a-h dengan mengubah variabel diameter *annulus konsentris* dan putaran mesin (N rpm).

c. Akhir Pengujian

Setelah proses pengujian atau pengambilan data selesai, langkah yang selanjutnya adalah:

1. Mematikan semua alat elektronik yang dipergunakan selama pengujian.
2. Melepaskan semua sensor-sensor serta perlengkapan lainnya dari mesin uji.
3. Menurunkan motor uji dan memeriksa seluruh keadaan bagian HCS (*Hydrocarbon Crack System*) serta motor uji.

Tabel 3.2 Pengambilan data pengujian Dinamometer

Perlakuan	Bahan Bakar	Putaran Mesin (RPM)	Torsi Max (Nm)/ Daya Max (HP)
Tanpa HCS	Premium		
Tanpa HCS	E10		
HCS 1	E10		
HCS 2	E10		
HCS 3	E10		
HCS 4	E10		
HCS 5	E10		

Tabel 3.3 Pengambilan data pengujian konsumsi bahan bakar

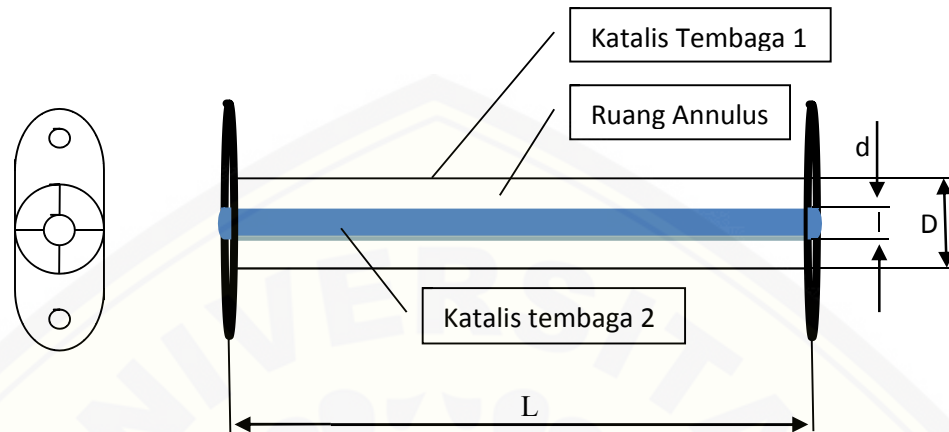
Putaran mesin (rpm)	SFCe premium (kg/HP.Jam)	SFCe E10 (kg/HP.Jam)	SFCe E10/HCS 1 (kg/HP.Jam)	SFCe E10/HCS 2 (kg/HP.Jam)	SFCe E10/HCS 3 (kg/HP.Jam)	SFCe E10/HCS 4 (kg/HP.Jam)	SFCe E10/HCS 5 (kg/HP.Jam)
3000							
4000							
5000							
6000							
7000							

Tabel 3.4 Pengambilan data pengujian emisi gas buang

Putaran mesin (rpm)	Emisi premium (%)	Emisi E10 (%)	Emisi E10 / HCS 1 (%)	Emisi E10 / HCS 2 (%)	Emisi E10 / HCS 3 (%)	Emisi E10 / HCS 4 (%)	Emisi E10 / HCS 5 (%)
3000							
4000							
5000							
6000							
7000							

3.6 Desain HCS

Berikut merupakan desain dan pembuatan katalis yang akan digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.1. berikut.

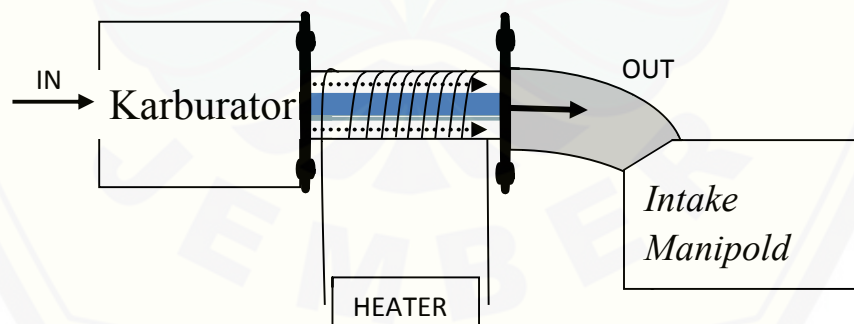


Gambar 3.1 Desain HCS

Diameter katalis tembaga 2 divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel-variabel pengujian sedangkan panjang dari katalis peneliti menggunakan panjang 20 cm berdasarkan penelitian terdahulu.

3.7 Skema Pemasangan Alat Uji

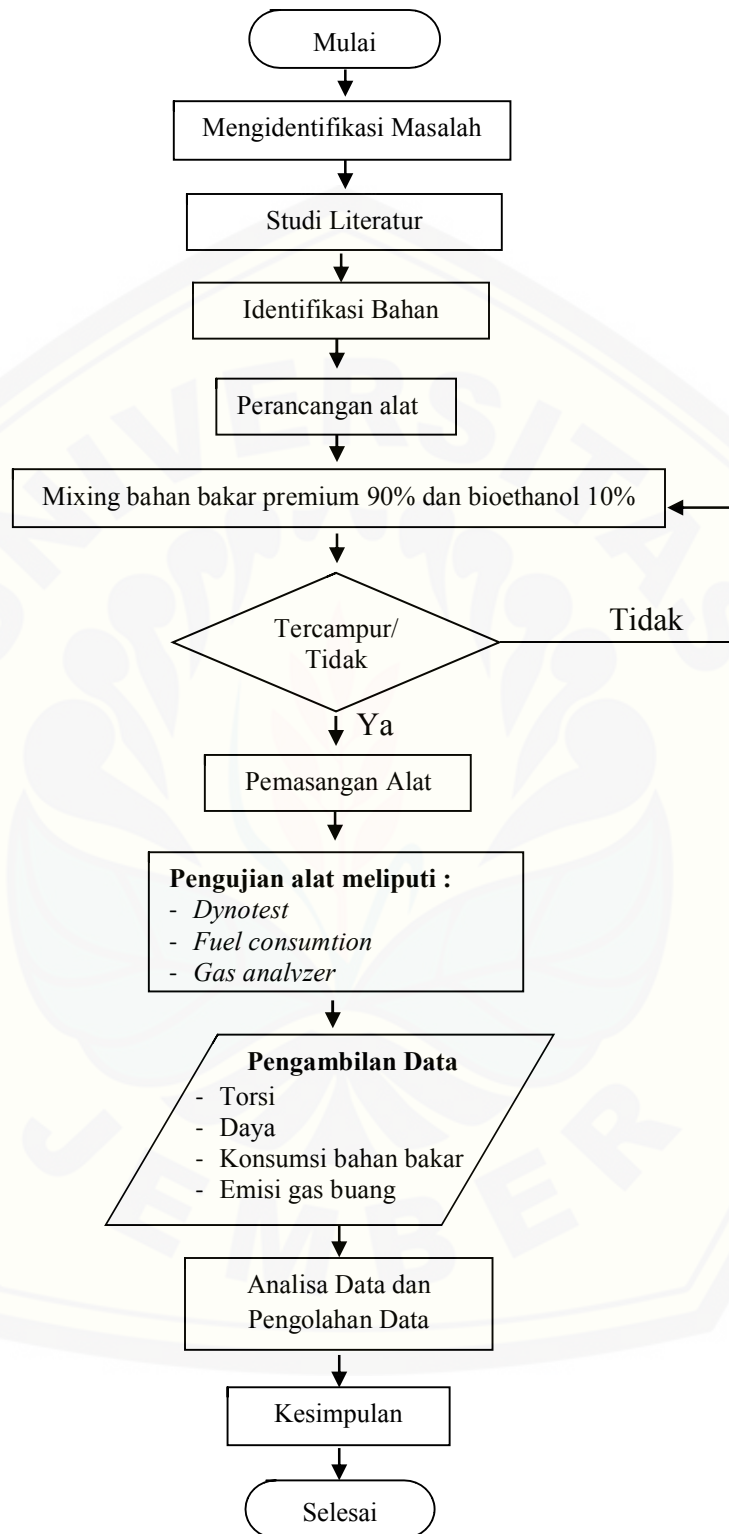
Berikut merupakan pemasangan dari katalis yang akan digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.2. berikut.



Gambar 3.2 Skema pemasangan HCS

Udara dan bahan bakar disalurkan melalui karburator supaya bahan bakar dan udara tercampur secara optimal, kemudian disalurkan menuju katalis HCS yang sudah dipanaskan heater sehingga terjadi proses *Hydrocarbon Cracking System*. Bahan bakar dan udara bisa di *cracking* pada saat melewati katalis HCS.

3.8 Diagram Penelitian



Gambar 3.3 Skema Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh diameter *annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) terhadap unjuk kerja motor bensin menggunakan bahan bakar bioethanol diperoleh kesimpulan bahwa dengan aplikasi system HCS akan menurunkan konsumsi bahan bakar yang digunakan dengan hasil optimal pada diameter *annulus konsentris* pada HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) kelima yang menggunakan pipa dalam sebesar 6.4 mm, hal ini disebabkan dengan pemasangan HCS akan terjadi penguraian atom *Hydrogen* (H) yang akan membuat terbakar lebih cepat dan berekspansi dengan kecepatan ketika terjadi pembakaran (Icke, 2013).

Hasil uji emisi secara keseluruhan menunjukkan peningkatan kualitas emisi gas buang, dimana prosentase CO menurun yang diakibatkan peningkatan O₂ dalam pembakaran yang sesuai dengan penurunan kadar HC. Dalam penelitian ini HC tidak menurun dengan signifikan, CO berkurang, dan kadar O₂ yang cenderung berkurang pada ruang *annulus konsentris* yang semakin besar. Ini menunjukkan adanya masalah pada mesin yang dikarenakan adanya ketidaktepatan waktu penyalaan bahan bakar. Adanya masalah pada mesin juga ditunjukkan oleh hasil HC yang berlebih yang akan terbentuk jika terjadi ketidaksesuaian penyalaan (Toyota emission test manual).

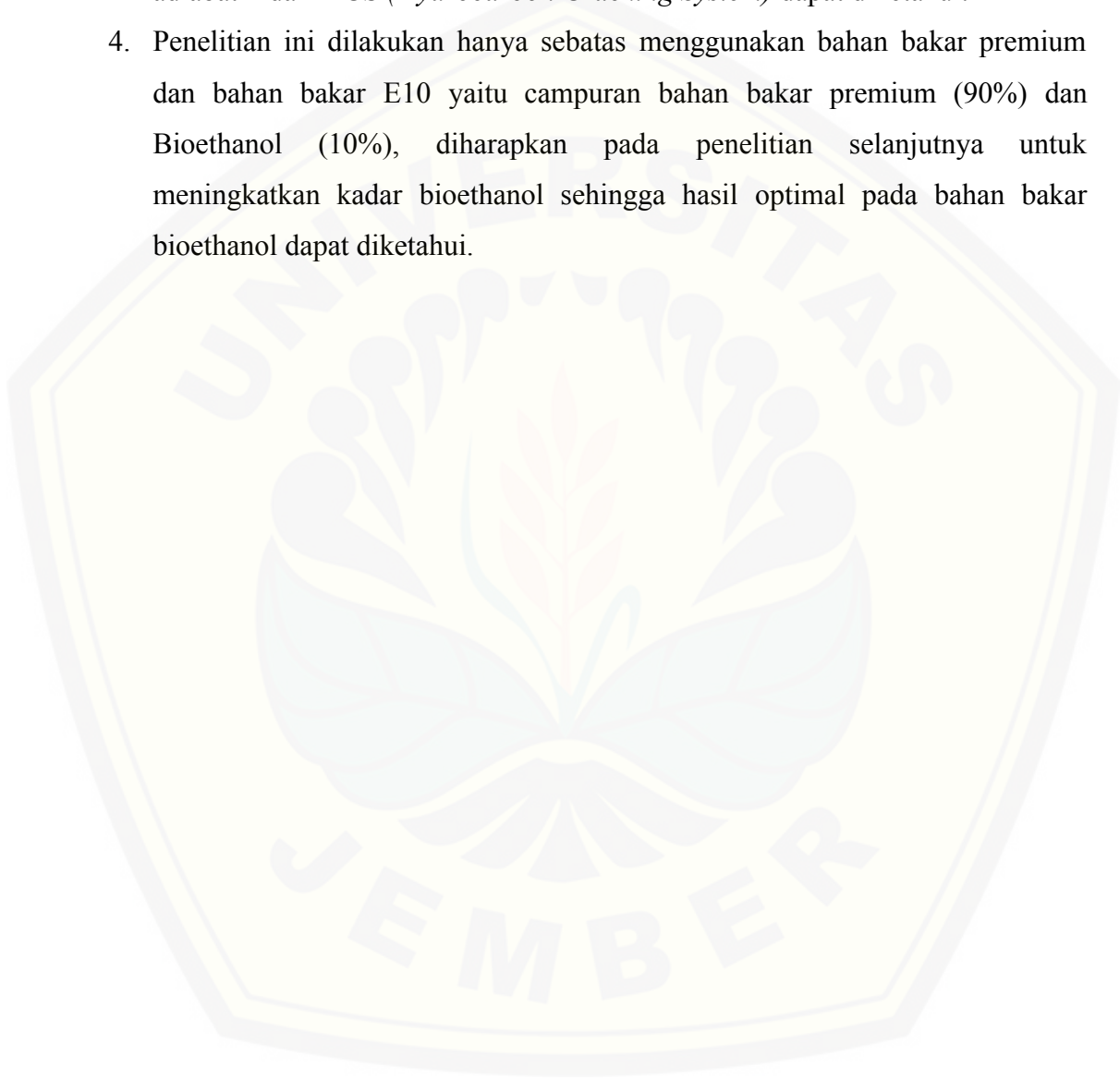
5.2 Saran

Dalam penelitian dan analisa yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian masih terbatas pada tembaga (Cu) sebagai material HCS (*Hydrocarbon Cracking System*), pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat memvariasikan beberapa material HCS untuk dilakukan pengujian.
2. Pada penelitian ini, tingkat *heat losses* atau temperatur yang efektif yang digunakan untuk HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) belum diketahui

secara pasti, untuk selanjutnya dapat dikaji ulang tentang besarnya tingkat *heat losses* yang terjadi.

3. Penelitian ini dilakukan pada ruangan terbuka dan pada penelitian selanjutnya diharapkan penelitian dilakukan pada ruangan yang terisolir sehingga energi adiabatik dari HCS (*Hydrocarbon Cracking System*) dapat diketahui.
4. Penelitian ini dilakukan hanya sebatas menggunakan bahan bakar premium dan bahan bakar E10 yaitu campuran bahan bakar premium (90%) dan Bioethanol (10%), diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk meningkatkan kadar bioethanol sehingga hasil optimal pada bahan bakar bioethanol dapat diketahui.

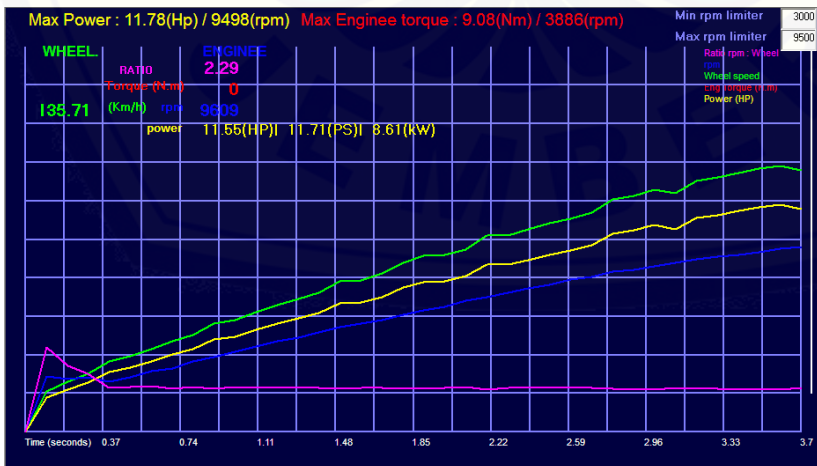
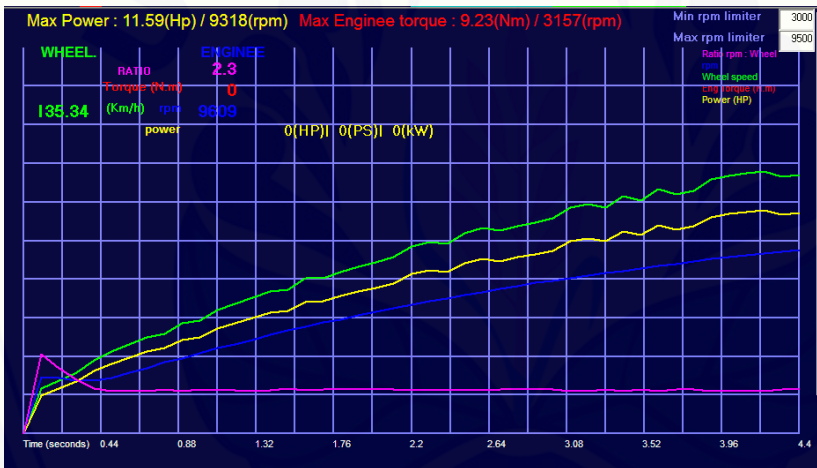


DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F. dan Sugondo. 2014. *Pengembangan prototipe alat penghemat bahan bakar sepeda motor dengan tambahan uap pertamax menggunakan Hydrocarbon Crack System*. Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, IKIP Veteran Semarang.
- Akula Venugopal, Jelliarko Palgunadi, Jung Kwang Deog, Oh-Shim Joo, Chae-Ho Shin, *Dimethyl ether synthesis on the admixed catalysts of Cu-Zn-Al-M (M = Ga, La, Y, Zr) and γ -Al₂O₃: The role of modifier*, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 302 (2009) 20-27
- Arismunandar, Wiranto. 2002. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Edisi Kelima. Bandung: ITB
- Aryanto A, Razif M. 2000. *Study Penggunaan Tembaga (Cu) Sebagai Catalytic Converter Pada Knalpot Sepeda Motor Dua Tak Terhadap Emisi Gas CO* (jurnal), Teknik Lingkungan, ITS.
- BP Statistical. 2015. *BP Statistical Review of World Energy June 2016*. 65th Edition. BP Statistical Review Energi.
- David icke. 2012. *Hydrocarbon Crack System (HCS)*.,<http://www.baligifter.org/blog>., David Icke's Official Forums.
- Heywood, J and Bandvadeker. 2004. *Assessment of future ICE and fuel cell powered vehicle, and their potential impact 10th annulal Diesel engines Emission Reduction*. 29 Agustus - 2 September – www.wtsap.org
- Indartono Y. 2005. *Bioetanol, Alternatif Energi Terbarukan : Kajian prestasi mesin dan Implementasi di Lapangan*, LIPI.
- Jaedun, J. 2008. *Teknik Sepeda Motor Jilid 2*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Ketta Mc, J.J. 1988. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, vol 1. Marcell Dekker, New York.
- Kristanto, P., 2015. *Motor Bakar Torak [Teori dan Implementasinya]*. Yogyakarta. ANDI
- Muadi Ikhsan., 2010., *Pengaruh jumlah katalisator pada hydrocarbon crack system (HCS) dan jenis busi terhadap daya mesin sepeda motor yamaha jupiter z tahun 2008.*, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP-UNS.
- Mursalin. *pengaruh campuran bahan bakar bensin dengan etanol terhadap unjuk kerj dan emisi gas buang pada kendaraan supra x 125 cc*. universitas muhammadiyah pontianak
- Niels R. Udengaard. 2004. *Hydrogen production by steam reforming of hydrocarbons*, *Houston, Texas* 77058. 49 (2), 906.

- Prisca Andini. 2012. *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keputusan Pembelian Mobil Hyundai i20*. Fakultas Ekonomika Dan Bisnis Universitas Diponegoro Semarang.
- Pulkrabek, W.W. 1985. *Engineering Fundamental of the Internal Combustion Engine*. New Jersey.
- Rahardjo Tirtoatmodjo. 2009. *Pemanfaatan Energi Gas Buang Motor Diesel Stasioner untuk Pemanas Air*. *JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 1, No. 1, April 1999 : 24 – 29*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical>
- Roy Union. 2004. *Technical Perspective Hydrogen Boosted Engine Operation.*, SAE Technical Paper Series 972664)
- Rubijanto, JP. dan M.Amin. 2013. *desain dan pembuatan penghemat bahan bakar dengan metode hydrogen crack system (hcs) pada mobil dengan memanfaatkan limbah pipa tembaga kondensor air conditioner (a/c) sebagai katalis*, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- 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*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- 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.
- Suprpto. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumas.*, Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Suzuki Indonesia.,(2012)., *Mesin Hemat Bahan Bakar dengan Service Berkala.*, *Book Manual Service.*,vol 2.,hal 23-24
- Swisscontact. 1998. *Program Udara Bersih Uji Emisi, Seri Otomotif*, Jakarta.
- Wahid, La Ode. dan M Abdul. 2006. *Pemanfaatan Bio-etanol Sebagai Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Premium*.
- Wijaya Kusuma, I GB. (2002). *Alat Penurun Emisi Gas Buang pada Motor, Mobil, Motor Tempel dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak Program Studi Teknik Mesin*. Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali.
- William L.Husselbee. 1985. *Automotive Cooling Exhaust, Fuel and Lubricating Systems*. A Prentice Hall Company, Reston, Virginia.

LAMPIRAN B1 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar Premium



Data hasil pengujian Torsi maksimum dan Daya maksimum dengan Putaran Mesin menggunakan bahan bakar Premium

τ (N m)	$\bar{\tau}$ (N m)	RPM	\overline{RPM}	Ne (HP)	\overline{Ne} (HP)	RPM	\overline{RPM}
9.22	9.17	3677	3573	11.99	11.78	9647	9487
9.23		3157		11.59		9318	
9.08		3886		11.78		9498	

Data hasil pengujian *Fuel Consumption* (FC) dan *Spesifik Fuel Consumption Effective* (SFCe) menggunakan bahan bakar Premium

Putaran Mesin (rpm)	FC 1 (30ML /Jam)	FC 2 (30ML /Jam)	FC 3 (30ML /Jam)	FC (30ML /Jam)	SFCe 1 (kg/HP. Jam)	SFCe 2 (kg/HP. Jam)	SFCe 3 (kg/HP. Jam)	SFCe rata-rata (kg/HP.Jam)
3000	0.041	0.043	0.04	0.041	0.532	0.511	0.557	0.533
4000	0.036	0.034	0.034	0.034	0.478	0.514	0.487	0.493
5000	0.032	0.029	0.03	0.030	0.416	0.445	0.444	0.435
6000	0.029	0.025	0.027	0.027	0.379	0.44	0.405	0.408
7000	0.028	0.025	0.026	0.026	0.335	0.385	0.363	0.361

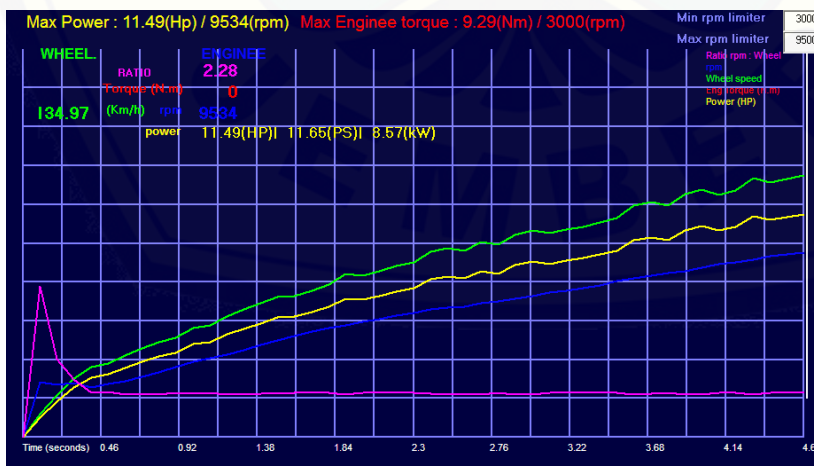
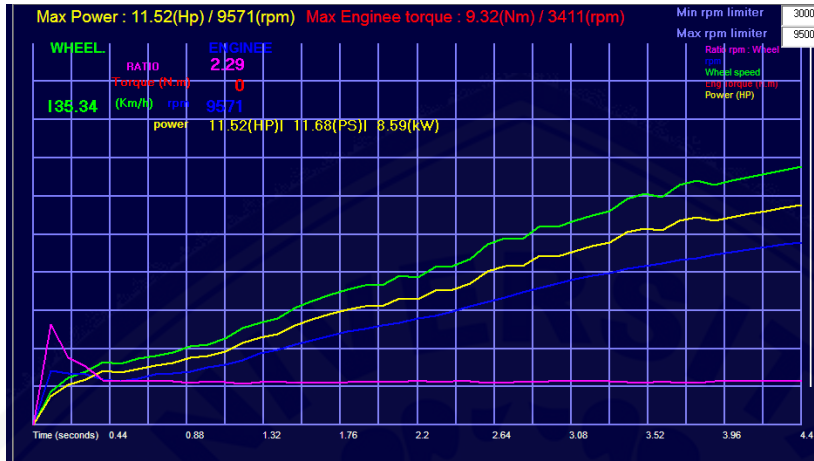
Data hasil pengujian Emisi CO (%) dan Emisi HC (ppm) menggunakan bahan bakar Premium

Putaran mesin (rpm)	CO 1 (%)	CO 2 (%)	CO 3 (%)	\overline{CO} (%)	HC 1 (ppm)	HC 2 (ppm)	HC 3 (ppm)	\overline{HC} (ppm)
3000	2.87	2.84	2.85	2.85	864	864	858	862
4000	3.74	3.75	3.73	3.74	1537	1534	1616	1562
5000	5.13	5.17	5.28	5.13	2962	2962	2738	2887
6000	6.06	6.03	6.03	6.04	1827	1820	1997	1881
7000	6.76	3.76	3.74	4.75	1616	1624	1381	1540

Data hasil pengujian Emisi CO₂ (%) dan Emisi O₂ (%) menggunakan bahan bakar premium

Putaran mesin (rpm)	CO ₂ 1 (%)	CO ₂ 2 (%)	CO ₂ 3 (%)	$\overline{CO_2}$ (%)	O ₂ 1 (%)	O ₂ 2 (%)	O ₂ 3 (%)	$\overline{O_2}$ (%)
3000	1.5	1.5	1.5	1.5	15.8	15.9	15.8	15.83
4000	2.1	2	2.1	2.06	14.3	14.4	14.3	14.33
5000	2.8	2.8	2.9	2.83	12.1	12.1	12.1	12.1
6000	3.4	3.4	3.4	3.4	10.6	10.2	10.4	10.4
7000	2.1	4.3	2.1	2.83	8.12	8.12	8.12	8.12

LAMPIRAN B2 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10



Data hasil pengujian Torsi maksimum dan Daya maksimum dengan Putaran Mesin menggunakan bahan bakar E10

τ (N m)	$\bar{\tau}$ (N m)	RPM	\overline{RPM}	Ne (HP)	\overline{Ne} (HP)	RPM	\overline{RPM}
9.32	9.27	3411	3159	11.52	11.50	9571	9451
9.22		4300		11.5		9248	
9.29		3000		11.49		9534	

Data hasil pengujian *Fuel Consumption* (FC) dan *Spesifik Fuel Consumption Effective* (SFCe) menggunakan bahan bakar E10

Putaran Mesin (rpm)	FC 1 (30ML /Jam)	FC 2 (30ML /Jam)	FC 3 (30ML /Jam)	FC (30ML /Jam)	SFCe 1 (kg/HP. Jam)	SFCe 2 (kg/HP. Jam)	SFCe 3 (kg/HP. Jam)	SFCe rata-rata (kg/HP.Jam)
3000	0.04	0.041	0.048	0.043	0.55	0.511	0.439	0.5
4000	0.035	0.036	0.037	0.036	0.494	0.452	0.411	0.452
5000	0.032	0.033	0.032	0.032	0.363	0.36	0.411	0.378
6000	0.028	0.028	0.028	0.028	0.413	0.395	0.413	0.407
7000	0.025	0.025	0.025	0.025	0.369	0.382	0.382	0.377

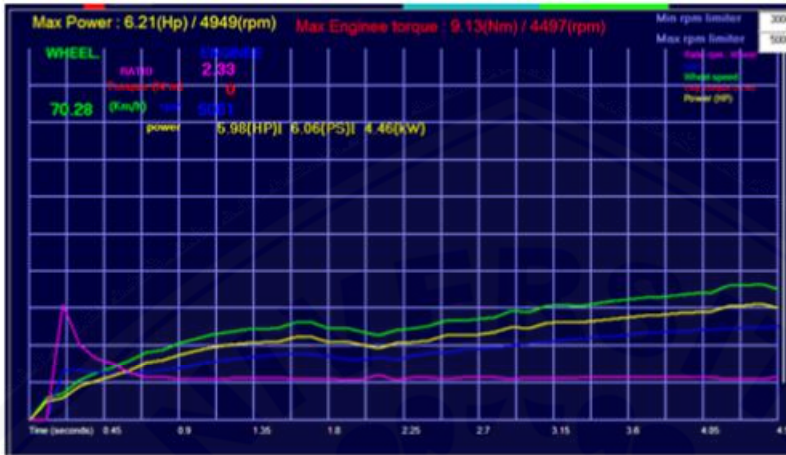
Data hasil pengujian Emisi CO (%) dan Emisi HC (ppm) menggunakan bahan bakar E10

Putaran mesin (rpm)	CO 1 (%)	CO 2 (%)	CO 3 (%)	\overline{CO} (%)	HC 1 (ppm)	HC 2 (ppm)	HC 3 (ppm)	\overline{HC} (ppm)
3000	4.8	4.74	4.76	4.76	5059	5187	5201	5149
4000	5.38	5.41	5.38	5.39	4275	4345	4274	4298
5000	5.63	5.63	5.63	5.63	2538	2538	2538	2538
6000	6.54	6.57	6.57	6.56	1642	1642	1642	1642
7000	4.78	4.78	4.78	4.78	237	237	237	237

Data hasil pengujian Emisi CO₂ (%) dan Emisi O₂ (%) menggunakan bahan bakar E10

Putaran mesin (rpm)	CO ₂ 1 (%)	CO ₂ 2 (%)	CO ₂ 3 (%)	$\overline{CO_2}$ (%)	O ₂ 1 (%)	O ₂ 2 (%)	O ₂ 3 (%)	$\overline{O_2}$ (%)
3000	2.4	2.4	2.4	2.4	12.8	12.8	12.8	12.8
4000	2.8	2.8	2.8	2.8	12.1	11.7	11.7	11.83
5000	3	3	3	3	10.8	10.8	10.8	10.8
6000	3.7	3.9	3.8	3.8	9.25	9.25	9.25	9.25
7000	6	6	6	6	6.68	6.68	6.68	6.68

LAMPIRAN B3 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 1



Data hasil pengujian Torsi maksimum dan Daya maksimum dengan Putaran Mesin menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 1

τ (N m)	$\bar{\tau}$ (N m)	RPM	\overline{RPM}	Ne (HP)	\overline{Ne} (HP)	RPM	\overline{RPM}
9.13	9.20	4497	4166	6.21	6.20	4949	5006
9.23		3677		6.21		5010	
9.25		4353		6.19		5061	

Data hasil pengujian *Fuel Consumption* (FC) dan *Spesifik Fuel Consumption Effective* (SFCe) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 1

Putaran Mesin (rpm)	FC 1 (30ML /Jam)	FC 2 (30ML /Jam)	FC 3 (30ML /Jam)	FC (30ML /Jam)	SFCe 1 (kg/HP. Jam)	SFCe 2 (kg/HP. Jam)	SFCe 3 (kg/HP. Jam)	SFCe rata-rata (kg/HP.Jam)
3000	46	48	46	46.6	0.581	0.568	0.61	0.586
4000	37	40	38	38.3	0.538	0.496	0.416	0.483
5000	34	35	34	34.3	0.49	0.455	0.457	0.467
6000	32	30	32	31.3	-	-	-	-
7000	30	29	28	29	-	-	-	-

Data hasil pengujian Emisi CO (%) dan Emisi HC (ppm) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 1

Putaran mesin (rpm)	CO 1 (%)	CO 2 (%)	CO 3 (%)	\overline{CO} (%)	HC 1 (ppm)	HC 2 (ppm)	HC 3 (ppm)	\overline{HC} (ppm)
3000	3.93	4.24	4.2	4.12	5819	5677	5763	5753
4000	5.09	4.8	4.99	4.96	5531	5031	5289	5283
5000	4.95	5.04	5.02	5.00	4618	4595	4526	4579
6000	7.18	7.33	7.18	7.23	1498	1471	1498	1489
7000	6.97	6.54	6.85	6.78	1139	1180	1156	1158

Data hasil pengujian Emisi CO₂ (%) dan Emisi O₂ (%) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 1

Putaran mesin (rpm)	CO ₂ 1 (%)	CO ₂ 2 (%)	CO ₂ 3 (%)	$\overline{CO_2}$ (%)	O ₂ 1 (%)	O ₂ 2 (%)	O ₂ 3 (%)	$\overline{O_2}$ (%)
3000	1.9	1.9	1.8	1.86	13.7	14.2	14.1	14
4000	2.5	2.3	2.4	2.4	12.6	12.6	12.6	12.6
5000	2.5	2.5	2.5	2.5	12.5	12.5	12.5	12.5
6000	3.7	3.8	3.8	3.76	8.66	9.07	8.72	8.81
7000	3.7	3.4	3.6	3.56	8.75	8.75	8.75	8.75

LAMPIRAN B4 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 2



Data hasil pengujian Torsi maksimum dan Daya maksimum dengan Putaran Mesin menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 2

τ (N m)	$\bar{\tau}$ (N m)	RPM	\overline{RPM}	Ne (HP)	\overline{Ne} (HP)	RPM	\overline{RPM}
9.34	9.256	3166	3638	8.67	8.71	6949	7019
9.2		3874		8.81		7109	
9.23		3874		8.67		7001	

Data hasil pengujian *Fuel Consumption* (FC) dan *Spesifik Fuel Consumption Effective* (SFCe) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 2

Putaran Mesin (rpm)	FC 1 (30ML /Jam)	FC 2 (30ML /Jam)	FC 3 (30ML /Jam)	FC (30ML /Jam)	SFCe 1 (kg/HP. Jam)	SFCe 2 (kg/HP. Jam)	SFCe 3 (kg/HP. Jam)	SFCe rata-rata (kg/HP.Jam)
3000	48	50	48	48.6	0.534	0.531	0.557	0.540
4000	40	40	42	40.6	0.496	0.494	0.465	0.485
5000	34	36	36	35.3	0.466	0.428	0.432	0.442
6000	30	32	32	31.3	0.433	0.415	0.402	0.416
7000	28	30	29	29	0.421	0.371	0.394	0.395

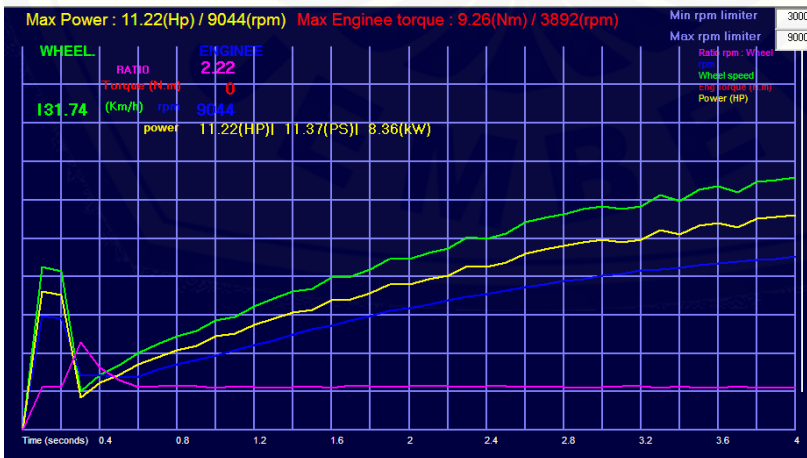
Data hasil pengujian Emisi CO (%) dan Emisi HC (ppm) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 2

Putaran mesin (rpm)	CO 1 (%)	CO 2 (%)	CO 3 (%)	\overline{CO} (%)	HC 1 (ppm)	HC 2 (ppm)	HC 3 (ppm)	\overline{HC} (ppm)
3000	3.81	3.47	3.81	3.69	6103	4865	6103	5690
4000	3.47	3.9	3.9	3.75	4849	4849	6300	5332
5000	3.79	3.65	3.65	3.69	5901	3966	5036	4967
6000	5.76	5.76	5.76	5.76	4864	3829	2007	3566
7000	5.48	5.48	5.48	5.48	1326	1468	1388	1394

Data hasil pengujian Emisi CO₂ (%) dan Emisi O₂ (%) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 2

Putaran mesin (rpm)	CO ₂ 1 (%)	CO ₂ 2 (%)	CO ₂ 3 (%)	$\overline{CO_2}$ (%)	O ₂ 1 (%)	O ₂ 2 (%)	O ₂ 3 (%)	$\overline{O_2}$ (%)
3000	1.6	1.5	1.6	1.56	14.4	14.8	14.8	14.66
4000	1.6	1.8	1.8	1.73	14.3	14.3	14.3	14.3
5000	1.8	1.7	1.7	1.73	14.6	13.8	13.8	14.06
6000	2.8	2.8	2.8	2.8	11.3	11.3	11.3	11.3
7000	4.4	3.9	4.2	4.16	6.65	7.62	8.56	7.61

LAMPIRAN B5 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 3



Data hasil pengujian Torsi maksimum dan Daya maksimum dengan Putaran Mesin menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 3

τ (N m)	$\bar{\tau}$ (N m)	RPM	\overline{RPM}	Ne (HP)	\overline{Ne} (HP)	RPM	\overline{RPM}
9.32	9.29	3040	3543	11.25	11.2	9077	9022
9.3		3699		11.13		8945	
9.26		3892		11.22		9044	

Data hasil pengujian *Fuel Consumption* (FC) dan *Spesifik Fuel Consumption Effective* (SFCe) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 3

Putaran Mesin (rpm)	FC 1 (30ML /Jam)	FC 2 (30ML /Jam)	FC 3 (30ML /Jam)	FC (30ML /Jam)	SFCe 1 (kg/HP. Jam)	SFCe 2 (kg/HP. Jam)	SFCe 3 (kg/HP. Jam)	SFCe rata-rata (kg/HP.Jam)
3000	50	52	52	51.33	0.518	0.494	0.506	0.506
4000	42	40	42	41.33	0.469	0.499	0.458	0.475
5000	38	44	42	41.33	0.418	0.367	0.368	0.384
6000	34	34	36	34.66	0.408	0.397	0.376	0.393
7000	28	30	28	28.66	0.404	0.384	0.424	0.404

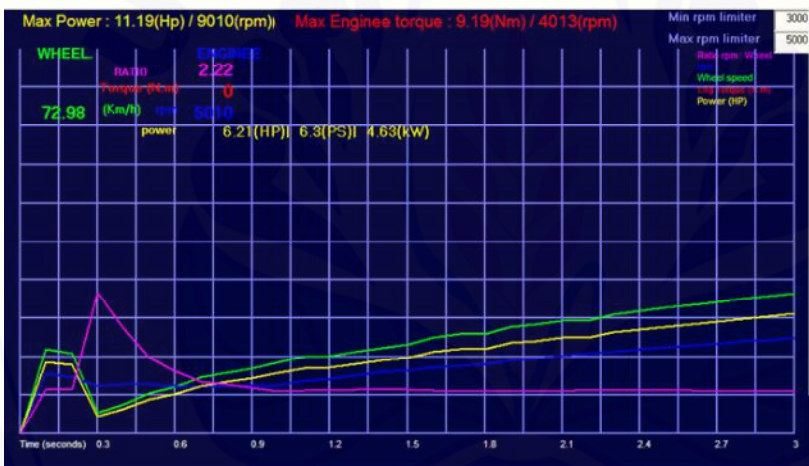
Data hasil pengujian Emisi CO (%) dan Emisi HC (ppm) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 3

Putaran mesin (rpm)	CO 1 (%)	CO 2 (%)	CO 3 (%)	\overline{CO} (%)	HC 1 (ppm)	HC 2 (ppm)	HC 3 (ppm)	\overline{HC} (ppm)
3000	5.24	4.69	4.9	4.94	3372	3923	3961	3752
4000	4.3	4.32	4.3	4.30	5160	5160	5160	5160
5000	4.25	3.45	4.23	3.97	6474	4078	4078	4876
6000	6.45	6.16	6.29	6.3	2226	2226	2226	2226
7000	6.12	6.12	6.12	6.12	1992	1823	1334	1716

Data hasil pengujian Emisi CO₂ (%) dan Emisi O₂ (%) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 3

Putaran mesin (rpm)	CO ₂ 1 (%)	CO ₂ 2 (%)	CO ₂ 3 (%)	$\overline{CO_2}$ (%)	O ₂ 1 (%)	O ₂ 2 (%)	O ₂ 3 (%)	$\overline{O_2}$ (%)
3000	2.6	2.4	2.3	2.43	13	12.7	12	12.5
4000	2	2	2	2	14.5	14.5	14.5	14.5
5000	2	2	2	2	13.7	14	13.7	13.8
6000	3.2	3.2	3.2	3.2	10.1	10.1	10.1	10.1
7000	3.9	3.9	3.9	3.9	8.23	8.49	8.68	8.46

LAMPIRAN B6 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 4



Data hasil pengujian Torsi maksimum dan Daya maksimum dengan Putaran Mesin menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 4

τ (N m)	$\bar{\tau}$ (N m)	RPM	\overline{RPM}	Ne (HP)	\overline{Ne} (HP)	RPM	\overline{RPM}
9.43	9.34	3275	3531	11.16	11.22	8945	9010
9.19		4013		11.19		9010	
9.4		3306		11.31		9077	

Data hasil pengujian *Fuel Consumption* (FC) dan *Spesifik Fuel Consumption Effective* (SFCe) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 4

Putaran Mesin (rpm)	FC 1 (30ML /Jam)	FC 2 (30ML /Jam)	FC 3 (30ML /Jam)	FC (30ML /Jam)	SFCe 1 (kg/HP. Jam)	SFCe 2 (kg/HP. Jam)	SFCe 3 (kg/HP. Jam)	SFCe rata-rata (kg/HP. Jam)
3000	48	50	58	52	0.501	0.519	0.444	0.488
4000	40	42	44	42	0.502	0.456	0.436	0.464
5000	43	42	44	43	0.369	0.389	0.363	0.373
6000	34	40	40	38	0.381	0.362	0.36	0.367
7000	32	30	32	31.3	0.358	0.369	0.353	0.36

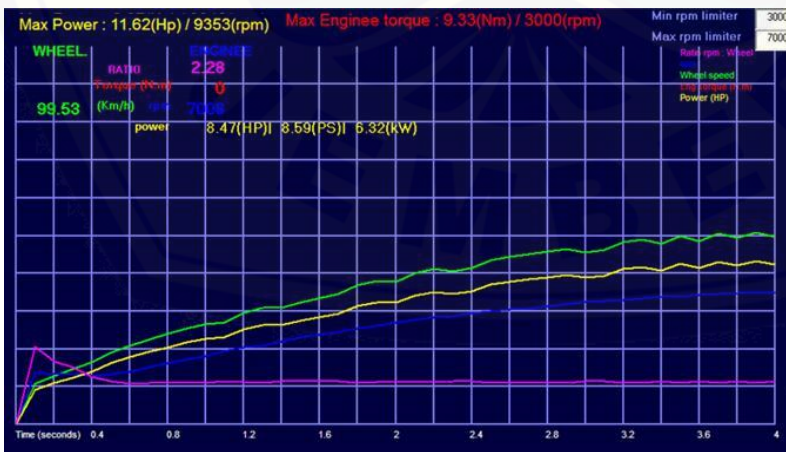
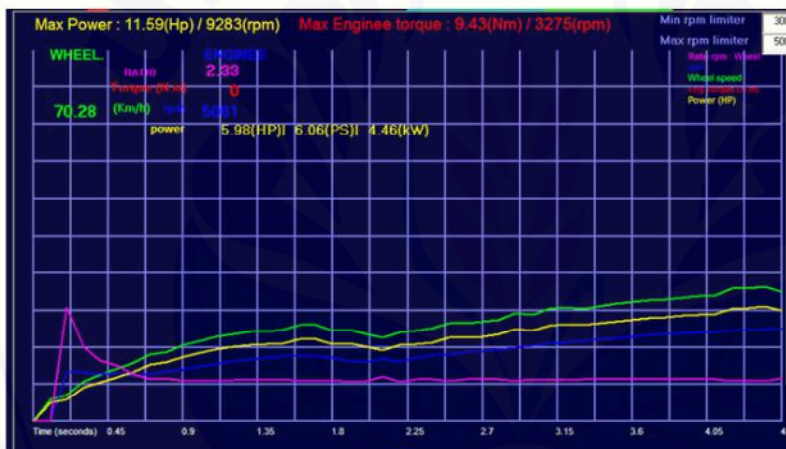
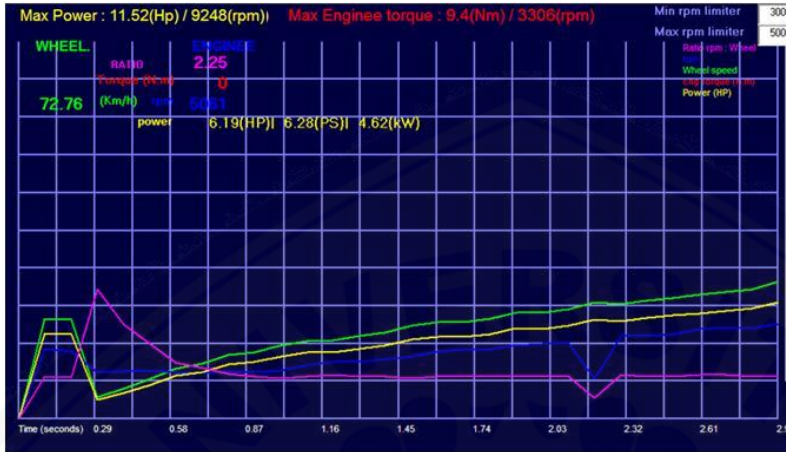
Data hasil pengujian Emisi CO (%) dan Emisi HC (ppm) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 4

Putaran mesin (rpm)	CO 1 (%)	CO 2 (%)	CO 3 (%)	\overline{CO} (%)	HC 1 (ppm)	HC 2 (ppm)	HC 3 (ppm)	\overline{HC} (ppm)
3000	3.19	3.6	4.13	3.64	3850	4523	5723	4698
4000	2.9	3.01	2.9	2.93	4688	4565	4565	4606
5000	3.68	3.65	3.66	3.66	3854	3403	3667	3641
6000	4.15	6.2	6.12	5.49	2271	1999	2159	2143
7000	4.87	4.19	4.8	4.62	1584	1532	1599	1571

Data hasil pengujian Emisi CO₂ (%) dan Emisi O₂ (%) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 4

Putaran mesin (rpm)	CO ₂ 1 (%)	CO ₂ 2 (%)	CO ₂ 3 (%)	$\overline{CO_2}$ (%)	O ₂ 1 (%)	O ₂ 2 (%)	O ₂ 3 (%)	$\overline{O_2}$ (%)
3000	1.4	1.6	1.8	1.6	13.3	14.9	14.5	14.23
4000	1.3	1.3	1.3	1.3	15.8	15.8	15.8	15.8
5000	1.6	1.6	1.6	1.6	14.9	14.9	14.9	14.9
6000	1.9	1.9	1.9	1.9	13.9	14.2	14.1	14.06
7000	2.3	1.9	2.2	2.13	12.8	13.7	13.5	13.33

LAMPIRAN B7 Data Pengujian Unjuk Kerja menggunakan bahan bakar E10 / HCS 5



Data hasil pengujian Torsi maksimum dan Daya maksimum dengan Putaran Mesin menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 5

τ (N m)	$\bar{\tau}$ (N m)	RPM	\overline{RPM}	Ne (HP)	\overline{Ne} (HP)	RPM	\overline{RPM}
9.4	9.386	3306	3193	11.52	11.57	9248	9294
9.43		3275		11.59		9283	
9.33		3000		11.62		9353	

Data hasil pengujian *Fuel Consumption* (FC) dan *Spesifik Fuel Consumption Effective* (SFCe) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 5

Putaran Mesin (rpm)	FC 1 (30ML /Jam)	FC 2 (30ML /Jam)	FC 3 (30ML /Jam)	FC (30ML /Jam)	SFCe 1 (kg/HP. Jam)	SFCe 2 (kg/HP. Jam)	SFCe 3 (kg/HP. Jam)	SFCe rata-rata (kg/HP.Jam)
3000	60	58	58	58.6	0.405	0.483	0.463	0.450
4000	42	42	42	42	0.45	0.444	0.45	0.448
5000	39	42	42	41	0.414	0.364	0.374	0.384
6000	34	34	36	34.6	0.385	0.381	0.357	0.374
7000	30	34	34	32.6	0.385	0.344	0.344	0.357

Data hasil pengujian Emisi CO (%) dan Emisi HC (ppm) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 5

Putaran mesin (rpm)	CO 1 (%)	CO 2 (%)	CO 3 (%)	\overline{CO} (%)	HC 1 (ppm)	HC 2 (ppm)	HC 3 (ppm)	\overline{HC} (ppm)
3000	2.56	2.68	2.61	2.61	2984	2256	2364	2534
4000	2.62	2.78	2.7	2.7	2836	3020	3020	2958
5000	3.4	3.4	3.54	3.44	3028	2595	3028	2883
6000	6.38	5.91	5.39	5.89	2071	2272	2605	2316
7000	4.51	4.52	4.61	4.54	611	742	623	658

Data hasil pengujian Emisi CO₂ (%) dan Emisi O₂ (%) menggunakan bahan bakar E10 dengan variasi HCS 5

Putaran mesin (rpm)	CO ₂ 1 (%)	CO ₂ 2 (%)	CO ₂ 3 (%)	$\overline{CO_2}$ (%)	O ₂ 1 (%)	O ₂ 2 (%)	O ₂ 3 (%)	$\overline{O_2}$ (%)
3000	1.1	1.1	1.1	1.1	16.7	16.6	16.6	16.63
4000	1.1	1.1	1.1	1.1	16.2	16.2	16.4	16.26
5000	1.6	1.5	1.6	1.56	15	15.3	15	15.1
6000	2.8	2.1	2.1	2.33	12	12	12	12
7000	2.1	2.1	2.1	2.1	13.3	13.2	13.3	13.26