

# Rancang Bangun Exhaust Pipe Fuel Preheating System (EP2FS) Serta Uji Performa dan Analisis Efisiensi Pembakaran Engine

Budiprasojo A.<sup>1</sup>, Irawan A.<sup>1</sup>

# Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember Jl. Mastrip Jember 68121

Email: azamataufiq@polije.ac.id

## Abstract

The Exhaust Pipe Preheated Fuel System (EP2FS) is a fuel preheating system that utilizes wasted heat from the muffler. Fuel heating aims to improve the homogeneity of fuel and air mixtures to improve the combustion process in the engine. Making EP2FS requires careful design and calculation because the fuel temperature should not exceed 60 °C so as not to evaporate. Design and calculation, using heat transfer theory of helical heat exchanger will be used. A Prototype of The Exhaust Pipe Preheated Fuel System will be applied in motor vehicles to be tested. The value changes of flue gas percentage, combustion efficiency, power, torque and acceleration will be the purpose in this research. The Result of this research are from the calculations known to make EP2FS copper pipes are required with an outer diameter of 9.5mm and an internal diameter of 8.3mm and a length of 40cm. The insulator are added to the outer of the coil to prevent heat lost. The number of windings is 2.5 loops. The average fuel temperature out of EP2FS is 59.7 °C. Increased power and torque on the engine using EP2FS is 10% at low engine speed and 1.5% at high engine speed. The exhaust gas composition of EP2FS vehicles is measured better than standard. Use of EP2FS can reduce emissions. Significant differences in emissions are in Carbon Monoxide (CO) gas which is decrease 40% from standard. The combustion efficiency obtained from the use of EP2FS is increased by 6% from standard.

*Keywords*— Performance, Preheated Fuel, Efficiency.

## I. PENDAHULUAN

Dalam bidang rekayasa *engine*, *engine* dengan performa tinggi namun irit, bisa diciptakan dengan menyempurnakan proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar. Pembakaran di ruang bakar dikatakan sempurna apabila seluruh bahan bakar yang masuk ke ruang bakar terbakar seluruhnya.

Pembakaran dengan menggunakan bahan bakar yang telah terlebih dahulu dipanaskan dapat lebih baik karena bahan bakar dalam fase cair jenuh lebih mudah terbakar bila dibandingkan dalam fase cairnya. Pemanasan bahan bakar bertujuan meningkatkan homogenitas campuran bahan bakar dan udara untuk menyempurnakan proses pembakaran di mesin.

Metode pemanasan awal sebagai usaha perbaikan kualitas pembakaran pernah dilakukan dengan Upaya pemberian panas awal pada bahan bakar (*fuel preheating*). Sugiarto (2011) yang meneliti pengaruh pemanasan bahan bakar bensin melalui media pipa tembaga di dalam upper tank radiator terhadap emisi gas buang CO pada mesin

Daihatsu Taruna tahun 2000. Hasil analisa statistik menunjukkan pengaruh yang signifikan pada pemanasan bahan bakar bensin dengan media pipa tembaga di dalam upper tank radiator.

Penggunaan radiator sebagai sumber pemanas awal bagi sistem pemanas bahan bakar merupakan ide yang amat baik, karena memanfaatkan rugi panas dari mesin yang tidak terpakai menjadi suatu sumber energi yang terpakai. Suatu siklus pemakaian ulang energi (*recycling of energy*) terjadi pada sistem ini. Energi yang terbuang dapat diubah menjadi energi yang bermanfaat.

Sayangnya tidak semua kendaraan menggunakan radiator, sehingga perlu dipikirkan suatu alternatif sistem pemanasan awal bahan bakar yang dapat diaplikasikan pada kendaraan yang lebih umum. Berangkat dari ini maka dibuatlah penelitian yang berisi perancangan *exhaust pipe preheating fuel system* (EP2FS) berbasis alat penukar kalor tipe pipa dingin sebagai upaya peningkatan efisiensi pembakaran *engine*.

Penelitian kali ini ingin mendesain suatu sistem pemanas awal bahan bakar menggunakan panas terbuang mesin yang dibuang melalui knalpot sebagai sumber panasnya. Penelitian ini diharapkan mampu membuat suatu sistem pemanas awal bahan bakar yang dapat diaplikasikan pada kendaraan secara lebih umum (tidak hanya pada kendaraan dengan radiator).

Perhitungan untuk mendesain EP2FS menggunakan persamaan-persamaan dalam ilmu heat transfer khususnya tentang helical heat exchanger. Sumber panas yang digunakan dalam kasus ini adalah panas dari flue gas yang mengalir dalam suatu pipa dengan temperatur tinggi. Panas dari flue gas akan dimanfaatkan untuk memanaskan bahan bakar sebagai fluida kerja. Temperatur dari fluida kerja adalah rendah dan fluida kerja ini mengalir dalam pipa yang memiliki temperatur rendah pula.

Pembuatan EP2FS memerlukan desain dan perhitungan yang cermat karena temperatur bahan bakar tidak boleh melebihi 60 °C agar tidak menguap. Desain dan perhitungan menggunakan teori perpindahan panas alat penukar kalor tipe helical (Helical Heat Exchanger).

Setelah didapatkan suatu EP2FS yang adalah sistem pemanas awal bahan bakar dengan panas knalpot, maka akan diaplikasikan pada sepeda motor untuk diteliti berapa besar pengaruhnya merubah nilai dari emisi, daya, torsi serta akselerasinya.

## II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui Perubahan nilai dari emisi gas buang, efisiensi pembakaran, tenaga, torsi dan akselerasi akibat penggunaan alat EP2FS ini pada sepeda motor.

Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan suatu rancang bangun dan formula awal untuk pengembangan sistem pemanas awal bahan bakar guna meningkatkan efisiensi pembakaran.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

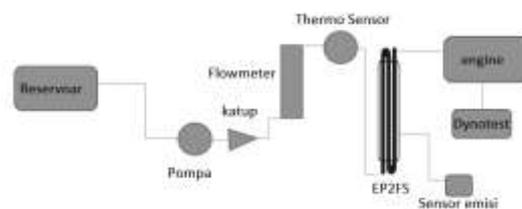
Penelitian ini meliputi tiga kegiatan utama yaitu perancangan, pembuatan dan pengujian. Untuk perancangan dan pembuatan dilakukan di workshop jurusan teknik Politeknik Negeri Jember. Untuk pengujiannya dilakukan di Laboratorium Mesin Otomotif Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- Dyno test

- Emission Gas Tester
- Chopper Pipe
- Resin and Fibre
- Bensin RON 90

### Prosedur Penelitian

- Melakukan pengukuran temperatur knalpot dari ukung knalpot sampai mufler. Pengukuran dilakukan tiap interval 5 cm. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui distribusi temperatur guna mendesain sistem pemanas bahan bakar.
- Melakukan pengukuran debit gas buang dan bensin, temperatur awal bensin, temperatur keluar gas buang.
- Mendesain suatu sistem pemanas bahan bakar berbahan pipa tembaga dengan menggunakan persamaan pada alat penukar kalor helical heat exchanger tipe pipa dingin. Temperatur bahan bakar yang keluar dari alat ini dijaga pada temperatur dibawah 60 °C.
- Membuat EP2FS sesuai hasil perhitungan.
- Mengaplikasikan sistem pemanas EP2FS ke kendaraan uji kemudian melakukan pengambilan data temperatur bahan bakar yang keluar dari EP2FS. Langkah ini dilakukan untuk menjamin bahwa bensin yang dipanaskan EP2FS harus dibawah 60 °C.
- Bila temperatur keluar EP2FS rata rata adalah dibawah 60 °C maka dilanjutkan dengan pengambilan data kadar emisi, serta daya dan torsi untuk tiap interval 1200, 4500, 7500 RPM *engine* menggunakan alat uji emisi dan dyno test.
- pengambilan data kadar emisi, serta daya dan torsi untuk tiap interval 1200, 4500, 7500 RPM *engine* menggunakan alat uji emisi dan dyno test untuk kendaraan standar tanpa EP2FS.
- Melakukan analisa data dan mengambil kesimpulan.



Gambar 1 Instalasi Penelitian

#### IV. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

##### Hasil Perhitungan dan Pembuatan EP2FS

Desain EP2FS memerlukan beberapa nilai properties heat transfer. Nilai dari properties diambil dari pengukuran langsung dan dari literatur. Properties yang akan digunakan dalam perhitungan EP2FS disajikan dalam tabel 1.

TABEL 1 PHYSICAL PROPERTIES TABLE

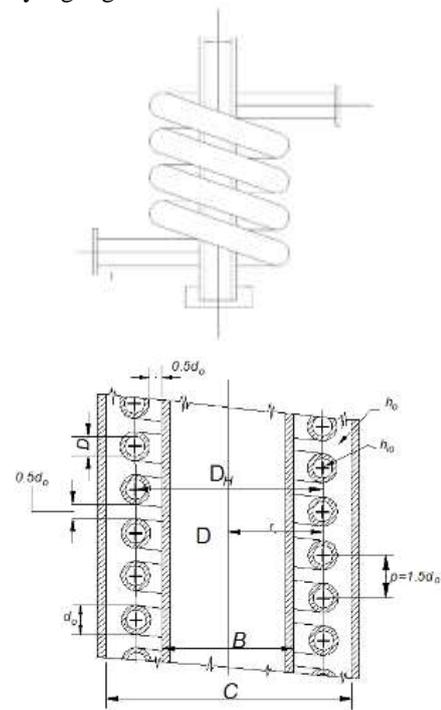
No	Physical Properties	Unit	Fuel	Flue Gas	Exhaust Pipe	Copper Coil
1	Debit	m <sup>3</sup> /s	1,6667E-05	0,003	0	0
2	Mass flow rate	kg/h	45	6,6658	0	0
3	Inlet Temp	°C	25	300	0	0
4	Outlet Temp	°C	Max 60	250	0	0
5	Heat capacity (Cp)	Kcal/kg °C	0,53	0,254	0	0
6	Thermal Conductivity (k)	Kcal/hrm <sup>2</sup> °C	0,1375	0,123	331,2	39,6
7	Viscosity	kg/m.h	0,23	0,1008	0	0
8	Density	kg/m <sup>3</sup>	750	0,617	0	0
9	Velocity	m/s	0,3081	10,9285	0	0
10	Cross section Area	m <sup>2</sup>	0	0	5,467E-05	0,00074407
11	Diameter in	m	0,0043	0,0187	0,0085	0,0187
12	Diameter Out	m	0,0097	0,0218	0,0095	0,0218
13	Peranti		0,8881	0,74	0	0
14	Radiasi bilian	m	0	0	0	0,2156
15	Perimeter bilian = 1,5 Dia. Out coil	m	0	0	0	0,0142

Dari tabel 1 kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan persamaan berikut. Untuk memudahkan proses perhitungan digunakan aplikasi pengolah data.

Untuk mempermudah perhitungan berikut disajikan nomenclature simbol.

- A Area untuk transfer panas, m<sup>2</sup>
- $DC_{in}$  Diameter dalam dari coil, m
- $DC_{out}$  Diameter luar dari coil, m
- $De_{in}$  Diameter dalam dari knalpot, m
- $De_{out}$  Diameter luar dari knalpot, m
- $h_f$  Koefisien perpindahan panas konveksi dari Bahan bakar
- $h_{fg}$  Koefisien perpindahan panas konveksi dari Flue gas
- $K_c$  Koefisien perpindahan panas konduksi dari coil
- $K_e$  Koefisien perpindahan panas konduksi dari exhaust pipa
- $k_{coil}$  Konduktivitas panas dari coil, kcal/(h)(m<sup>2</sup>)(°C)
- $k_{ex\ pipe}$  Konduktivitas panas dari exhaust pipe, kcal/(h)(m<sup>2</sup>)(°C)
- L Panjang coil helical yang diperlukan untuk membentuk putaran N, m
- M Laju aliran cairan, kg/h
- N Angka teoritis dari putaran helical coil
- n Angka riil dari putaran coil yang dibutuhkan untuk tugas proses panas yang diberikan (N dibulatkan ke integer tertinggi selanjutnya)
- $N_{Re}$  Angka Reynolds,  $Dup/\mu$  atau  $DG/\mu$ , dimensionless
- Q Beban panas, kcal/h
- $R_a$  Faktor fouling shell-side, (h)(m<sup>2</sup>)(°C)/kcal

- $R_t$  Faktor fouling tube-side, (h)(m<sup>2</sup>)(°C)/kcal
  - $Re_f$  Angka Reynolds bahan bakar, dimensionless
  - $Re_{fg}$  Angka Reynolds flue gas, dimensionless
  - $\mu$  Viskositas cairan pada rata-rata suhu bulk-fluid, kg/(m)(h)
  - 1/U Hambatan thermal total, (h)(m<sup>2</sup>)(°C)/kcal
  - u Kecepatan cairan, m/h
  - U Koefisien perpindahan panas total, kcal/(h)(m<sup>2</sup>)(°C)
  - $\rho$  Densitas cairan, kg/m<sup>3</sup>
  - $\rho_f$  Densitas bahan bakar, kg/m<sup>3</sup>
  - $\rho_{fg}$  Densitas flue gas, kg/m<sup>3</sup>
  - $\Delta X_c$  Tebal pipa tembaga, m
  - $\Delta X_e$  Tebal pipa knalpot, m
- Berikut adalah gambar desain EP2FS beserta simbol yang digunakan



Gambar 2. Desain EP2FS

EP2FS Formula adalah sebagai berikut :

1. Koefisien perpindahan panas konveksi dari Flue gas ( $h_{fg}$ )  
Diasumsikan aliran dalam pipa adalah fully development flow.

$$Re_{fg} = \frac{D_{in\ ep} \cdot u_{gas} \cdot 3600 \cdot \rho_{gas}}{\mu_{gas}}$$

Perhitungan perpindahan panas konveksinya menggunakan persamaan :

$$h_{fg} = 0,6 \cdot Re_{fg}^{0,5} \cdot Pr_{fg}^{0,31}$$

2. Koefisien perpindahan panas konveksi dari Bahan bakar ( $h_f$ )  
Diasumsikan aliran dalam pipa adalah fully development flow.

$$Re_f = \frac{D_{in\ coil} \cdot u_{fuel} \cdot 3600 \cdot \rho_{fuel}}{\mu_{fuel}}$$

Perhitungan perpindahan panas konveksinya menggunakan persamaan :

$$h_f = 0,6 \cdot Re_f^{0,5} \cdot Pr_f^{0,31}$$

3. Koefisien perpindahan panas konduksi pipa tembaga setebal  $\Delta Xc$  (Kc)

Tebal pipa tembaga  $\Delta Xc$  :

$$\Delta Xc = Dc\ out - Dc\ in$$

Koefisien perpindahan panas :

$$kc = \frac{K_{coil}}{\Delta Xc}$$

4. Koefisien perpindahan panas konduksi pipa knalpot setebal  $\Delta Xe$  (Ke)

Tebal pipa knalpot  $Dx\ ce$  :

$$\Delta Xe = De\ out - De\ in$$

Koefisien perpindahan panas :

$$ke = \frac{K_{ex\ pipe}}{\Delta Xe}$$

5. Hambatan thermal total (1/U)

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{fg}} + \frac{1}{h_{fg}} + \frac{\Delta Xc}{K_{coil}} + \frac{\Delta Xe}{K_{ex\ pipe}} + Ra + Rt$$

Faktor fouling,  $R_f$  dan  $R_a$ , merupakan suatu konstanta tergantung dari sifat alami fluida, campuran dalam fluida, temperatur operasi fluida serta kecepatan dari fluida.

6. Koefisien perpindahan panas total (U)  
 $U = 1 / ( 1/U )$

7. Log Mean Temperature Difference (LMTD)

LMTD

$$= \frac{(T_{inFG} - T_{inFuel}) - (T_{outFG} - T_{outFuel})}{\ln((T_{inFG} - T_{inFuel}) / (T_{outFG} - T_{outFuel}))}$$

8. Kalor yang di alirkan (Q)

$$Q = (U) \cdot A \cdot (T_{out\ Fuel} - T_{in\ Fuel})$$

9. Area yang dibutuhkan untuk menghasilkan Q (A)

$$A = \frac{Q}{U \times LMTD}$$

Area ini adalah area dengan asumsi seluruh bagian coil tembaga bersentuhan dengan pipa suber panas. Pada kasus ini area yang bersentuhan hanya 1/3 saja.

Sehingga area nyata yang bersentuhan untuk mengamoadir 1/3 contact = 3 x A

10. Panjang teoritis Coil yang dibutuhkan

$$L = N \sqrt{(2\pi r)^2 + p^2}$$

11. Angka teoritis dari putaran helical coil (N)

$$N = \frac{A}{Q \times LMTD}$$

Hasil dari perhitungan didapatkan bahwa untuk membuat EP2FS sebagai pemanas bahan bakar bensin agar mencapai temperatur 60 °C diperlukan pipa tembaga dengan diameter luar 9.5mm serta diameter dalam 8.3mm dan panjang 40 cm. Pipa tembaga dengan dimensi ini diproduksi oleh industri dengan ukuran 5/8 inch.

Pembuatan prototype EP2FS kemudian dibuat mengacu pada hasil perhitungan.

Hasil Pengujian Temperatur Bahan Bakar Keluar EP2FS

Bensin mulai berubah menjadi uap pada temperature 60 °C. Pada penelitian ini suhu 60 °C dijadikan suhu maksimal dari bahan bakar saat keluar EP2FS. Untuk menjamin suhu yang keluar EP2FS adalah maksimal 60 °C maka perlu diuji temperatur bahan bakar keluar EP2FS. Pengujian ini dilakukan setelah EP2FS dipasang di sepeda motor kemudian dinyalakan dengan variasi RPM. Berikut adalah hasil pengujiannya.

TABEL 2 TEMPERATUR BAHAN BAKAR KELUAR EP2FS

Temperatur (°C)	RPM								
	1200			4500			7500		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
25	25,2	25,4	40	40,2	40,4	55	55,2	55,4	
25,3	25,5	25,7	40,3	40,5	40,7	55,3	55,5	55,7	
26,1	26,3	26,5	41,1	41,3	41,5	56,1	56,3	56,5	
26,6	26,8	27	41,6	41,8	42	56,6	56,8	57	
27,5	27,7	27,9	42,5	42,7	42,9	57,5	57,7	57,9	
29,5	29,7	29,9	44,5	44,7	44,9	59,5	59,7	59,9	
30,7	30,9	31,1	45,7	45,9	46,1	60,7	60,9	61,1	
32,1	32,3	32,5	47,1	47,3	47,5	62,1	62,3	62,5	
33,7	33,9	34,1	48,7	48,9	49,1	63,7	63,9	64,1	
	Average = 28,7			Average = 43,7			Average = 59,7		

Dari tabel terlihat bahwa, dengan menggunakan EP2FS temperatur maksimal bahan bakar keluar EP2FS adalah 59.7 °C dibawah 60 °C. Sehingga prototype EP2FS layak masuk ke pengujian selanjutnya.

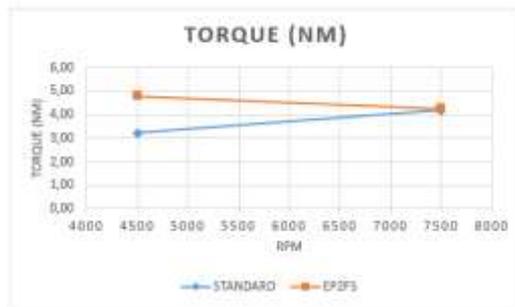
Setelah diyakinkah bahwa EP2FS mampu memanaskan bensin dengan suhu maksimal dibawah 60 °C, maka kemudian EP2FS dipasang pada kendaraan untuk diuji performa serta gas buang untuk menentukan berapa efisiensi pembakarannya.

Hasil Uji Performa dan Emisi

Hasil dari pengujian ini disajikan dalam grafik grafik berikut.



Gambar 3 Grafik Power vs rpm



Gambar 4 Grafik Torque vs rpm



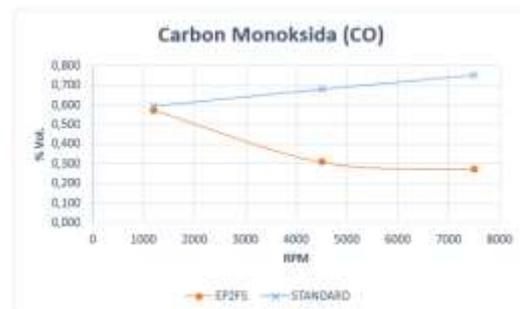
Gambar 5 Grafik volume gas buang Oksigen vs rpm



Gambar 6 Grafik volume gas buang Hidrocarbon vs rpm



Gambar 7 Grafik volume gas buang karbondioksida vs rpm



Gambar 8 Grafik volume gas buang karbon monoksida vs rpm

Effisiensi pembakaran adalah perbandingan antara volume gas CO<sub>2</sub> dibandingkan dengan jumlah volume CO<sub>2</sub> dan CO yang dinyatakan dalam prosen..



Gambar 9 Grafik combustion efficiency vs rpm

Mesin yang efisien adalah mesin yang mempunyai sistem penyalur bahan bakar yang mampu membuat campuran udara dan bahan bakar tercampur secara homogen diruang bakar. Homogen disini artinya adalah seragam yang diindikasikan dengan besar partikel bahan bakar (droplet) berukuran sangat kecil sehingga lebih mudah bercampur dengan partikel oksigen untuk dibakar. Teknologi injeksi merupakan teknologi yang dikembangkan untuk tujuan ini.

Droplet juga bisa berbentuk lebih kecil pada fluida dengan temperatur yang lebih tinggi, viskositas rendah dan tegangan permukaan rendah. Berlandas dari tujuan ini maka pemanasan bahan bakar dilakukan. Meningkatnya suhu pemanasan bahan bakar dapat membuat lapisan bahan bakar semakin mudah terlepas

karena adanya proses memperkecil viskositas dan tegangan permukaan. Perubahan parameter ini dapat membuat partikel bahan bakar akan lebih aktif untuk bercampur dengan udara. Imbas dari hal ini adalah pembakaran yang terjadi semakin sempurna karena ada perbaikan dari pencampuran bahan bakar dan udara.

Dari pengujian Torsi dan daya didapatkan fakta bahwa pada kendaraan uji yang menggunakan EP2FS terdapat peningkatan torsi dan daya yang cukup signifikan pada putaran mesin rendah. Ini memiliki arti bahwa akselerasi dan kecepatan dari kendaraan meningkat. Pada putaran mesin yang tinggi didapatkan data bahwa torsi daya cenderung tidak memiliki perbedaan yang signifikan antara kendaraan yang menggunakan EP2FS dan kendaraan standar.

Kemungkinan penyebab dari tidak signifikannya perbedaan torsi dan daya dari kendaraan EP2FS dan standar adalah karena pada putaran mesin bahan bakar dari kendaraan standar sudah mendapatkan panas yang cukup untuk berubah menjadi droplet yang homogen dari panas mesin yang cukup tinggi akibat gesekan diruang bakar pada kecepatan pergerakan piston yang cepat. Peningkatan power dan torsi pada mesin dengan menggunakan EP2FS adalah 40% pada putaran mesin rendah dan 1.5% pada putaran mesin tinggi.

Emisi H-C atau hidrokarbon erat kaitannya dengan berapa banyak bahan bakar yang tidak terbakar karena kurang baiknya pencampuran antara droplet bahan bakar dan molekul oksigen. Emisi CO atau karbon monoksida paling banyak menonjol perbedaannya dan paling berbahaya di antara emisi dari mesin lainnya. Jumlah CO yang tinggi dapat terjadi karena bahan bakar kekurangan oksigen dalam pembakaran hidrokarbon.

Efisiensi pembakaran yang didapatkan dari pemakaian EP2FS adalah meningkat 6% dari standar.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 1. Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa dari perhitungan didapatkan bahwa untuk membuat EP2FS sebagai pemanas bahan bakar bensin agar mencapai temperatur 60 °C diperlukan pipa tembaga dengan diameter luar 9.5 mm serta diameter dalam 8.3 mm dan panjang 40 cm. EP2FS Berdesain lilitan berbentuk coil dengan penambahan insulator pada bagian sisi luar coil. Jumlah lilitan adalah 2,5 lilitan. Pipa tembaga dengan dimensi ini diproduksi oleh industri dengan ukuran 5/8 inch.

Temperatur EP2FS maksimal bahan bakar keluar EP2FS adalah 59.7 °C dan berada dibawah dari temperatur maksimal bahan bakar yang diijinkan yaitu 60 °C.

Dari pengujian Torsi dan daya didapatkan fakta bahwa pada kendaraan uji yang menggunakan EP2FS terdapat peningkatan torsi dan daya yang cukup signifikan pada putaran mesin rendah. Ini memiliki arti bahwa akselerasi dan kecepatan dari kendaraan meningkat.

Peningkatan power dan torsi pada mesin dengan menggunakan EP2FS adalah 10% pada putaran mesin rendah dan 1.5% pada putaran mesin tinggi.

Efisiensi pembakaran yang didapatkan dari pemakaian EP2FS adalah meningkat 6% dari standar, serta terdapat penurunan kadar karbon monoksida (CO) sebesar 40% dibandingkan standar.

##### 2. Saran

Saran yang dapat diajukan agar percobaan berikutnya dapat lebih baik dan dapat menyempurnakan percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, yaitu: Perlu diteliti lebih lanjut tentang Besar perubahan viskositas bahan bakar, besar perubahan viskositas pelumas, entropy, temperatur ruang bakar, dampak terhadap peranti elektronik sistem injeksi. Perlu dicoba pada mesin kendaraan dengan multi silinder atau dengan bahan bakar yang berbeda seperti mesin diesel. Perlu diuji bagaimana pengaruhnya bila digunakan pada bahan bakar alternatif.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada :

1. Ristekdikti atas bantuan dananya melalui pendanaan DRPM scheme Penelitian Dosen Pemula sehingga penelitian ini dapat terlaksana.
2. P3M Politeknik Negeri Jember atas bantuannya terkait pendampingan selama proses penelitian pendanaan DRPM Ristekdikti ini.
3. Politeknik Negeri Jember atas pemberian kesempatan bagi penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azwar, Saifuddin. 2004. Metode Penelitian. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- [2] Brenda Brevitt. 2002. Alternative Vehicle Fuels, Science Environment Section,
- [3] House of Commons Library, Research Paper 02/11.
- [4] Coates, J. and Pressburg, B. S., Heat transfer to moving fluids, Chemical Engineering Journal 2009, page 67-72

- [5] Dimoplon, W. Finding the length of helical coils, Chemical Engineering Journal 2008
- [6] Edward, M. F., others, Heat transfer and pressure drop characteristic pf a plate exchanger using newtonian and non newtonian liquids, Chemical Engineering Journal 2004, page 286-293
- [7] Fessenden. 1991. Kimia Organik Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- [8] Kern, D. Q., Process Heat Transfer, McGraw-Hill, New York 2000
- [9] Patil, Ramachandra K., others, Designing a helical-coil heat exchanger, Chemical Engineering Journal, page 85-88 Desember 2009
- [10] R.R. Saraf, S.S.Thipse and P.K.Saxena. 2009. Comparative Emission Analysis of Gasoline/LPG Automotive Bifuel Engine. International Journal of Civil and Environmental Engineering 1:4 2009.
- [11] Soenarta, Nakula. 2005. Motor Serba Guna. Jakarta : Paradnya Paramita.
- [12] Sudirman, Urip. 2006. Metode Tepat Menghemat Bahan Bakar (Bensin) Mobil. Jakarta : Kawan pustaka
- [13] Suyanto, Wardan. 2009. Teori Motor Bensin. Jakarta: DEPDIKBUD.
- [14] Willard W. Pulkrabek. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. New Jersey.Hal. 229.