

# ANALISIS PENERAPAN HEAT TRANSFER PADA PEMANASAN BAHAN BAKAR BENSIN MELALUI PIPA KAPILER BERSIRIP RADIAL DI DALAM UPPER TANK RADIATOR UNTUK MENINGKATKAN PERFORMANSI MESIN KIJANG

Danar Susilo Wijayanto, Ngatou Rohman, Ranto, Husin Bugis, Arif Nurachman, Febryan Alfianto Nugroho

Prodi. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS  
Kampus UNS Pabelan Jl. Ahmad Yani 200, Surakarta, Tlp (0271)718419 Fax. (0271)716266  
Email : danarsw@yahoo.com

## ABSTRACT

*The purpose of this study wereto determine the effect usage of gasoline heating through a capillary tube which is radial finned in the upper tank of radiator on fuel consumption and exhaust emissions of CO and HC in the engine of Toyota Kijang. This study is experimental. The sample in this study was the machine of Toyota Kijang with machine number 7855290. Free variable of the research is the usage of fuel heating with fin variations on the copper capillar tube consist of copper capillar tube without fin, finned copper capillar tube with the ranges between the fins are 10 mm, 20 mm, and 30 mm and variations of engine speed at 1000 r.p.m., 2000 r.p.m., and 3000 r.p.m. Experimental method to measure the fuel consumption is done by recording the time required for spent fuel 50 cc and exhaust emissions of CO and HC in the engine of Toyota Kijang. The result of this research shows that the average consumption at engine speed 1000 r.p.m. on the normal condition Toyota Kijang has average fuel consumption  $32,066 \times 10^{-3}$  cc per cycle. In the usage of fuel heating using three copper tubes with the range between the fins is 10 mm fuel consumption by  $25,174 \times 10^{-3}$  cc per cycle. Fuel consumption decreased by  $6,892 \times 10^{-3}$  cc per cycle or 21,58%. At engine speed 2000 r.p.m. on the normal condition Toyota Kijang average consumption  $38,487 \times 10^{-3}$  cc per cycle. In the usage of fuel heating using three copper tubes with the range between the fins is 10 mm fuel consumption by  $28,121 \times 10^{-3}$  cc per cycle. Fuel consumption decreased by  $10,366 \times 10^{-3}$  cc per cycle or 26,93%. At engine speed 3000 r.p.m. on the normal condition Toyota Kijang average consumption  $36,783 \times 10^{-3}$  cc per cycle. In the usage of fuel heating using three copper tubes with the range between the fins is 10 mm fuel consumption by  $31,187 \times 10^{-3}$  cc per cycle. Fuel consumption decreased by  $5,596 \times 10^{-3}$  per cycle or 15,21%. The conclusion of this research is the usage of fuel heating using three copper tubes with the range between the fins is 10mm in the upper tank of radiator can reduce the biggest lowers fuel consumption on the Engine of Toyota Kijang 1989. This research also shows that: the usage of fuel heating use 3 finned copper tubes in the upper tank of radiator can reduce the highest level on exhaust emissions of CO and HC in the engine of Toyota Kijang. The different of CO exhaust emission is 2,54 % volume or 85 % while the HC exhaust emission is 139,667 ppm volume or 72 %.*

**Keywords:** heating fuel, capillary tube, radial finned tube, upper tank radiator, fuel consumption of gasoline, CO and HC exhaust emission

## PENDAHULUAN

Sumber daya energi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (*Unrenewable Resources*). Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan salah satu sumberdayaenergi tersebut. Tanpa disadari persediaan BBM di Indonesia semakin menipis. Persediaan BBM menipis tiap tahunnya. Kehadiran kendaraan bermotorsangatlah penting, tetapi juga timbul suatu permasalahan seperti kecelakaan, kemacetan dan pencemaran udara. Pencemaran udara yang dimaksud adalah gas bekas yang keluar dari knalpot kendaraan bermotor dan

mengandung unsur-unsur yang berbahaya bagi kesehatan serta merusak lingkungan dalam bentuk polusi udara. BPLHD Jawa Barat (2009), “Kontribusi pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi mencapai 60% s/d 70%, kontribusi gas buang dari cerobong asap industri hanya berkisar 10 s/d 15%, sisanya berasal dari sumber pembakaran lain, misalnya rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan lain-lain”.

Gas buang kendaraan bermotor secara teoritis mengandung unsur-unsur CO, NO<sub>2</sub>, HC, C, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan N<sub>2</sub>. Karbon Monoksida (CO)

adalah gas beracun, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Karena sifatnya yang tidak berbau, CO biasanya tercampur dengan gas-gas lain yang berbau sehingga CO dapat terhirup dengan tidak sengaja bersamaan dengan gas lain yang berbau. Unsur CO hasil pembakaran bersifat racun bagi darah manusia saat pernafasan, sebagai akibat berkurangnya oksigen pada jaringan darah. Hidrokarbon (HC) dapat menyebabkan iritasi mata, batuk, rasa mengantuk dan bercak kulit (Ulet, 2010). Untuk meminimalisir gas buang CO dan HC diperlukan upaya penyempurnaan putaran mesin, karena pada setiap putaran mesin membutuhkan bahan bakar dan udara yang berbeda, sehingga diperlukan putaran mesin yang tepat agar campurannya ideal (campuran yang ideal antara udara dan bahan bakar yaitu 14,7 : 1).

Kenaikan harga BBM memunculkan berbagai masalah di setiap bidang, salah satunya adalah masalah di bidang otomotif. Dengan terbatasnya persediaan BBM yang memicu kenaikan harga bahan bakar, langkah positif yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penghematan. Penghematan dapat dilakukan dengan cara penggunaan kendaraan secara bijak, perawatan kendaraan secara berkala, dengan metode penghematan bahan bakar melalui penambahan alat-alat penghemat bahan bakar dan lain sebagainya.

Terkait dengan metode penghematan bahan bakar, ada beberapa metode yang dapat dilakukan antara lain meliputi: metode magnet, metode pemanasan (*heater*), metode gabungan (variasi, pemanasan, dan elektromagnetik), metode *cyclone*, metode menaikkan kadar oktan bahan bakar, metode penambahan pasokan udara, dan metode kondisi mesin (Sudirman, 2006).

Pembakaran mesin karburator bisa dikatakan masih belum sempurna karena bahan bakar belum mengalami atomisasi secara sempurna. Bahan bakar yang belum teratomisasi sempurna akan berdampak pada pembakaran yang kurang sempurna karena bahan bakar tidak terbakar secara sempurna. Pembakaran yang kurang sempurna akan berdampak pada tenaga yang dihasilkan kurang maksimal. Dengan tenaga yang kurang maksimal maka berpengaruh pada konsumsi bahan bakar boros (kurang hemat). Untuk mencapai pembakaran yang sempurna sangatlah susah tetapi paling tidak pembakaran dapat terjadi mendekati sempurna. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, maka harus memenuhi syarat-syarat pembakaran,

Firdaus membaginya menjadi tiga yaitu: temperatur, turbulensi, dan waktu (2012).

Bahan bakar juga harus diuapkan dahulu supaya mudah terbakar, Sukarmin (2009) menyatakan bahwa "Oleh karena bensin hanya terbakar dalam fase uap, maka bensin harus diuapkan dalam karburator sebelum dibakar dalam silinder mesin kendaraan". Penguapan bahan bakar dapat dilakukan dengan metode pemanasan (*heater*), Sudirman mengemukakan "Metode ini mengalirkan bensin pada saluran bahan bakar melewati media pemanas. Media pemanas yang digunakan bisa memanfaatkan sirkulasi air pendingin radiator atau bisa juga menggunakan pemanas (*heater*)" (2006: 34). Penambahan gas HHO juga dapat membuat pembakaran lebih sempurna. Gas HHO dihasilkan dari proses elektrolisis air. Proses elektrolisis air dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut elektroliser air.

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, rumusan masalahnya adalah:

1. Apakah pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin Toyota Kijang ?
2. Apakah pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator berpengaruh terhadap emisi gas buang CO dan HC pada mesin Toyota Kijang ?

Mengacu pada rumusan masalah yang ada, tujuan yang ingin dicapai peneliti adalah:

1. Mengetahui pengaruh pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin Toyota Kijang.
2. Mengetahui pengaruh pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator terhadap emisi gas buang CO dan HC pada mesin Toyota Kijang.

## Landasan Teori

### 1. Pemanasan Bahan Bakar

Bensin memiliki bilangan oktan, Harnanto dan Ruminten (2009) menyatakan:

Kualitas bensin ditentukan oleh **bilangan oktan**, yaitu bilangan yang menunjukkan jumlah isooktan dalam bensin.

Bilangan oktan merupakan ukuran kemampuan bahan bakar mengatasi

ketukan ketika terbakar dalam mesin. Bensin merupakan fraksi minyak bumi yang mengandung senyawa n-heptana dan isooktan, misalnya bensin premium yang beredar di pasaran dengan bilangan oktan 80 berarti bensin tersebut mengandung 80% isooktan dan 20% n-heptana (hlm. 172).

Dalam proses pembakaran semua komponen bahan bakar harus terbakar sempurna, Khamidinal, Wahyuningsih, dan Premono (2009) menyatakan:

Mutu bensin ditentukan berdasarkan efektivitas pembakarannya. Komponen alkana rantai lurus (n-heptana) dalam mesin tidak terbakar sempurna, sehingga menyebabkan terjadinya gangguan gerakan piston pada mesin dan menimbulkan suara ketukan (*knocking*). Sementara itu alkana dengan rantai bercabang (isooktana) lebih efektif pembakarannya, sehingga tidak menimbulkan suara ketukan pada mesin. Oleh karena itu, kandungan isooktana dalam bensin dijadikan sebagai standar mutu bensin (hlm. 170).

Berdasarkan teori di atas, semakin tinggi bilangan oktan dari suatu bensin maka bensin tersebut memiliki kualitas bahan bakar yang semakin baik dalam mengatasi ketukan ketika terbakar. Pembakaran juga menentukan mutu dari sebuah bahan bakar. Bahan bakar dengan rantai karbon bercabang mempunyai mutu yang lebih baik. Kualitas bensin ditentukan juga oleh pembakaran yang terjadi. Pada pembakaran sendiri komponen yang ada pada bahan bakar harus terbakar sempurna. Sempurna atau tidaknya pembakaran dipengaruhi juga oleh jumlah cabang rantai karbonnya. Semakin banyak cabang dari rantai karbonnya maka pembakaran akan lebih sempurna.

Sifat bensin harus mudah menguap sebelum masuk ke dalam ruang bakar. Kemudahan menguap dari suatu bensin disebut volatilitas. Setelah bensin bercampur dengan udara di dalam karburator bensin harus mudah menguap di dalam *intake manifold*. Apabila bensin sulit untuk menguap maka tetesan bensin akan masuk ke dalam silinder. Tetesan bensin tersebut akan mempengaruhi minyak pelumas di dalam silinder. Bercampurnya tetesan bensin dan minyak pelumas akan meningkatkan keausan pada dinding silinder, torak dan sisi torak (Nurhidayat, 2007).

Bensin dengan volatilitas yang tinggi akan menguap lebih cepat dibandingkan dengan

bensin yang memiliki volatilitas rendah. Bensin dengan volatilitas yang rendah akan menguap dengan perlahan-lahan. Bensin harus memiliki volatilitas yang tepat sesuai dengan keadaan cuaca yang diperlukan (Nurhidayat, 2007). Pada penelitian ini menggunakan premium.

Ada beberapa metode penghematan bahan bakar yang dapat dilakukan, meliputi: metode magnet, metode pemanasan (*heater*), metode gabungan (variasi, pemanasan, dan elektromagnetik), metode *cyclone*, metode menaikkan kadar oktan bahan bakar, metode penambahan pasokan udara, dan metode kondisi mesin (Sudirman, 2006).

Terkait metode pemanasan bahan bakar, Sudirman mengemukakan "Metode ini mengalirkan bensin pada saluran bahan bakar melewati media pemanas. Media pemanas yang digunakan bisa memanfaatkan sirkulasi air pendingin radiator atau bisa juga menggunakan pemanas (*heater*)" (2006: 34).

Proses memanaskan bahan bakar dilakukan sebagai upaya menghemat bahan bakar pada kendaraan roda empat. Metode pemanasan bahan bakar pada penelitian ini dilakukan dengan melewati bahan bakar melalui pipa dengan variasi sirip radial di dalam *upper tank* radiator. Penambahan sirip diharapkan akan menyerap panas cairan radiator *upper tank* radiator yang lebih banyak. Pemanasan bahan bakar yang dilakukan pada penelitian ini akan menaikkan temperatur bahan bakar. Bahan bakar dengan proses pemanasan membuat rantai karbon bahan bakar akan bercabang lebih banyak. Selain membuat karbon bercabang semakin banyak, pemanasan juga membuat nilai oktan bahan bakar meninggi. Rantai karbon hanya dapat lepas dengan adanya katalis. Energi pemutus rantai perlu suhu 200°C. Suhu radiator mobil berkisar 80 s/d 90°C sehingga tidak cukup untuk memutus rantai karbon bahan bakar. Bahan bakar dengan rantai karbon bercabang yang lebih banyak membuat proses pembakaran pada kendaraan lebih sempurna.

#### a. Pipa Kapiler Bersirip

Menurut Cakra (2011), "Pipa kapiler adalah suatu pipa pada mesin pendingin baik itu *air conditioner*, kulkas, dan lain-lain. Pipa kapiler ini adalah pipa yang paling kecil jika dibanding dengan pipa lainnya, ...".

##### 1) Pipa Kapiler Tembaga

Tembaga mempunyai ciri-ciri seperti yang dikemukakan oleh Jakfar (2011) yaitu: "Penghantar

panas dan listrik yang baik, digunakan untuk kabel dan pipa air”. Hal ini didukung juga oleh Rahayu (2009) yang menyatakan “Tembaga ini mempunyai sifat-sifat yang sangat baik yakni: sebagai penghantar listrik dan panas yang baik, mampu tempa, duktil dan mudah dibentuk menjadi plat-plat atau kawat”.

#### b. Radiator

Radiator merupakan tempat penampungan air untuk kemudian mendinginkannya. Radiator memiliki beberapa penampungan air. Pada bagian atas menampung air panas dari mesin. Pada bagian bawah menampung air yang sudah didinginkan dan siap disirkulasikan kembali menuju mesin. Diantara bagian atas dan bawah dihubungkan oleh sejumlah saluran pipa pipih yang dilengkapi dengan sirip-sirip pendingin dan dibantu oleh udara hembusan dari kipas (*fan*) radiator. Sirip-sirip ini ada dua jenis yaitu bentuk pelat (*flute fin type*) dan zig-zag (*corrugated fin type*) (Suzuki, 2003).

Pada mesin Toyota Kijang tipe radiatornya adalah tipe bentuk zig-zag (*corrugated fin type*). Pada radiator bagian yang digunakan untuk memanaskan bahan bakar adalah bagian atas (*upper tank*). Bahan bakar nantinya akan dilewatkan dengan menggunakan pipa dengan sirip-sirip transversal di dalam *upper tank* radiator. Panas cairan pendingin radiator digunakan untuk menaikkan temperatur bahan bakar.



Gambar 1. Radiator

## 2. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar atau *fuel Consumption* (FC) merupakan parameter yang bisa digunakan pada sistem motor pembakaran dalam. *Fuel consumption* didefinisikan sebagai jumlah yang dihasilkan konsumsi bahan bakar per satuan waktu (cc/menit). Nilai FC yang

rendah mengindikasikan pemakaian bahan bakar yang irit, oleh sebab itu, nilai FC yang rendah sangat diinginkan untuk mencapai efisiensi bahan bakar. (As'adi, 2010)

*Fuel Consumption* (FC) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FC = \frac{V}{t}$$

Dimana:

FC = Konsumsi bahan bakar (cc/menit)

V = Volume (cc)

T = waktu (menit)

Dengan perlakuan pemanasan terhadap bahan bakar maka bahan bakar akan memiliki rantai karbon (n-heptana) bercabang lebih banyak, dengan banyaknya cabang ini akan membuat nilai oktan bahan bakar lebih tinggi. Dengan penambahan gas HHO hasil elektrolisis air yang memiliki nilai oktan yang lebih tinggi akan meningkatkan kalor bahan bakar. Dengan nilai oktan yang lebih tinggi maka pembakaran akan lebih sempurna. Pembakaran yang lebih sempurna akan menghasilkan daya ledak yang lebih tinggi dan secara tidak langsung akan membuat tenaga mesin meningkat dan konsumsi bahan bakar lebih hemat. Tenaga yang dihasilkan adalah dari ledakan hasil proses pembakaran. Semakin tinggi ledakan maka gerakan piston dari TMA menuju TMB akan semakin cepat. Dengan semakin cepatnya gerakan torak ini, maka untuk mencapai kecepatan tertentu akan lebih cepat sehingga bahan bakar yang diperlukan lebih sedikit. Dengan asumsi lain yaitu dengan bukaan *trottle* karburator yang lebih sedikit dengan pembakaran yang lebih sempurna sudah cukup untuk mencapai putaran (tenaga) tertentu daripada pembakaran yang kurang sempurna yang harus membutuhkan tenaga yang lebih besar dengan pembukaan *trottle* yang lebih lebar.

## 3. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Seperti diketahui bahwa proses pembakaran bahan bakar dari motor bakar menghasilkan gas buang yang secara teoritis mengandung unsur CO, NO<sub>2</sub>, HC, C, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan N<sub>2</sub> dimana banyak yang bersifat mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara yang dapat mengganggu kesehatan.

Menurut BPLHD Jawa Barat (tahun 2009), “Kontribusi pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi mencapai 60% s/d 70%, kontribusi gas buang dari cerobong asap

industri hanya berkisar 10 s/d 15%, sisanya berasal dari sumber pembakaran lain, misalnya dari rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan lain-lain”.

Kandungan gas buang yang sangat mengganggu kesehatan di antaranya :

**a. Karbonmonoksida (CO)**

Menurut Majid (2011) menyatakan “Karbon monoksida, rumus kimia CO, adalah gas yang tak berwarna, tak berbau, dan tak berasa.” Ia terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen. Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Karbon monoksida mudah terbakar dan menghasilkan lidah api berwarna biru, menghasilkan karbon dioksida. Gas CO ini bersifat racun bagi tubuh karena bila masuk ke dalam darah, CO dapat bereaksi dengan Hemoglobin (Hb) untuk membentuk karboksihemoglobin (COHb). Bila reaksi tersebut terjadi, maka kemampuan darah mengangkut  $O_2$  untuk kepentingan pembakaran dalam tubuh akan menjadi berkurang. Hal ini disebabkan kemampuan Hb untuk mengikat CO jauh lebih besar dibandingkan kemampuan Hb untuk mengikat  $O_2$ . Semakin tinggi presentasi hemoglobin yang terikat dalam bentuk COHb, semakin parah pengaruhnya terhadap kesehatan manusia.

**b. Hidrokarbon (HC)**

Struktur Hidrokarbon (HC) terdiri dari elemen hidrogen dan karbon dan sifat fisik HC dipengaruhi oleh jumlah atom karbon yang menyusun molekul HC. HC adalah bahan pencemar udara yang dapat berbentuk gas, cairan maupun padatan. Semakin tinggi jumlah atom karbon, unsur ini akan cenderung berbentuk padatan. Hidrokarbon dengan kandungan unsur C antara 1s/d 4 atom karbon akan berbentuk gas pada suhu kamar, sedangkan kandungan karbon di

atas 5 akan berbentuk cairan dan padatan. Hidrokarbon di udara akan bereaksi dengan bahan-bahan lain dan akan membentuk ikatan baru yang disebut *polycyclic aromatic hidrocarbon* (PAH) yang banyak dijumpai di daerah industri dan padat lalu lintas. Bila PAH ini masuk dalam paru-paru akan menimbulkan luka dan merangsang terbentuknya sel-sel kanker. (Ulet, 2010).

**4. Penelitian yang Relevan**

Sudah ada beberapa peneliti yang meneliti pipa kapiler dalam *upper tank* radiator, antara lain :

- a. Angger Reda Tama (2011) pada mesin Daihatsu Taruna CX tahun 2000 dengan menggunakan panjang pipa tembaga 480, 960 dan 1440 mm berdiameter 6 mm pada *upper tank* radiator. Metode yang digunakan adalah eksperimen. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanasan bahan bakar melalui pipa pada *upper tank* radiator mengurangi konsumsi bahan bakar. Perbandingan konsumsi bahan bakar dari setiap 50 cc pada percobaan putaran mesin 1000, 1500 dan 2000 r.p.m. menunjukkan bahwa konsumsi paling efisien sebesar 25,65% terjadi pada percobaan dengan menggunakan 3 saluran pada putaran mesin 1500 r.p.m.
- b. Dinar Susilo Wijayanto (2008), menganalisis pengaruh pipa bersirip radial terhadap karakteristik penukar kalor aliran silang, yang bertujuan untuk menentukan pengaruh pipa bersirip radial dengan variasi jarak antar sirip. Menggunakan variasi jarak antar sirip 1 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm, dan 20 mm sepanjang 105 mm. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Hasilnya menunjukkan bahwa bilangan Nusselt meningkat dengan jarak antar sirip yang semakin rapat dan semakin rapat jarak antar sirip juga akan meningkatkan bilangan Nusselt.
- c. Sutomo, Murni, Senen, dan Rahmat (2010) pada mesin Diesel Da Feng S 1110 4 tak 1 silinder. Metode yang digunakan adalah eksperimen. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan pemanasan bahan bakar pada suhu 50°C, pemakaian elektroliser akan meningkatkan penghematan bahan bakar 11 s.d. 12%.

Penelitian-penelitian di atas sudah menggunakan pipa kapiler dalam radiator, tetapi masih menggunakan satu buah pipa polos kapiler. Di

sisi lain, Sutomo dkk. (2010) baru meneliti pada sisi elektroliser saja. Pada penelitian ini, di dalam *upper tank* radiator akan ditambahkan pipa kapiler bersirip transversal, baik untuk profil persegi maupun radial pada tiga pipa kapiler dengan menggabungkan elektroliser pada sistem ini. Dari penambahan pipa kapiler dan elektroliser, akan dianalisis pengaruhnya terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang CO dan HC yang dihasilkan.

## METODE PENELITIAN

### 1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Otomotif Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret yang beralamatkan di Jl. Ahmad Yani no.200 Pabelan, Surakarta.

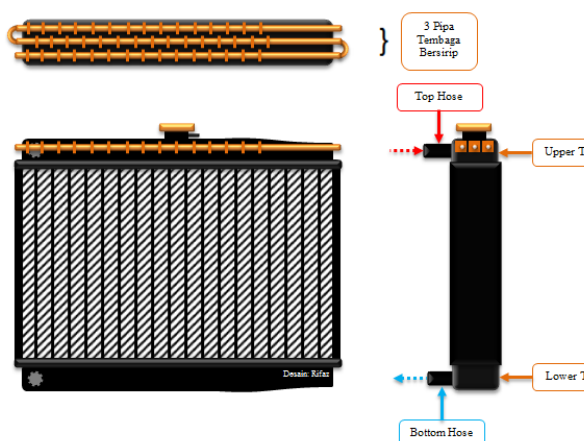
### 2. Pelaksanaan Eksperimen

#### a) Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

##### 1) Radiator

Radiator yang digunakan adalah radiator yang telah divariasikan dengan pipa tembaga dengan tambahan sirip. Adapun variasi yang dilakukan adalah pada jarak antar sirip. Pipa tembaga yang digunakan berdiameter 6 mm sebanyak 3 pipa dengan panjang masing-masing 540 mm. Sirip berbentuk persegi dengan luas  $225 \text{ mm}^2$ .



Gambar 2. Desain Radiator

##### 2) Elektroliser Air

3) Gelas Ukur, digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar bensin

4) *Gas analyzer*, digunakan untuk mengukur emisi gas buang CO dan HC

5) *Stopwatch*, digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bensin premium

6) *Tachometer*, digunakan untuk mengukur putaran mesin

7) *Thermokopel*, digunakan untuk mengukur temperatur air dan bensin

8) *ToolBox*, digunakan untuk melakukan *setting* peralatan uji

9) Perlengkapan Observasi :

(a) Lembar pengambilan data

(b) Alat tulis

#### b) Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

##### 1) Mesin Uji

Mesin yang digunakan untuk eksperimen ini adalah mesin Toyota Kijang 4 silinder seri 4K dengan spesifikasi sebagai berikut:

(a) *Type*: 4 langkah OHV

(b) Jumlah Silinder: 4 (empat), 8 katup

(c) Diameter Silinder: 75 mm

(d) Langkah Piston: 73 mm

(e) Isi Silinder: 1,3L (1290 cc)

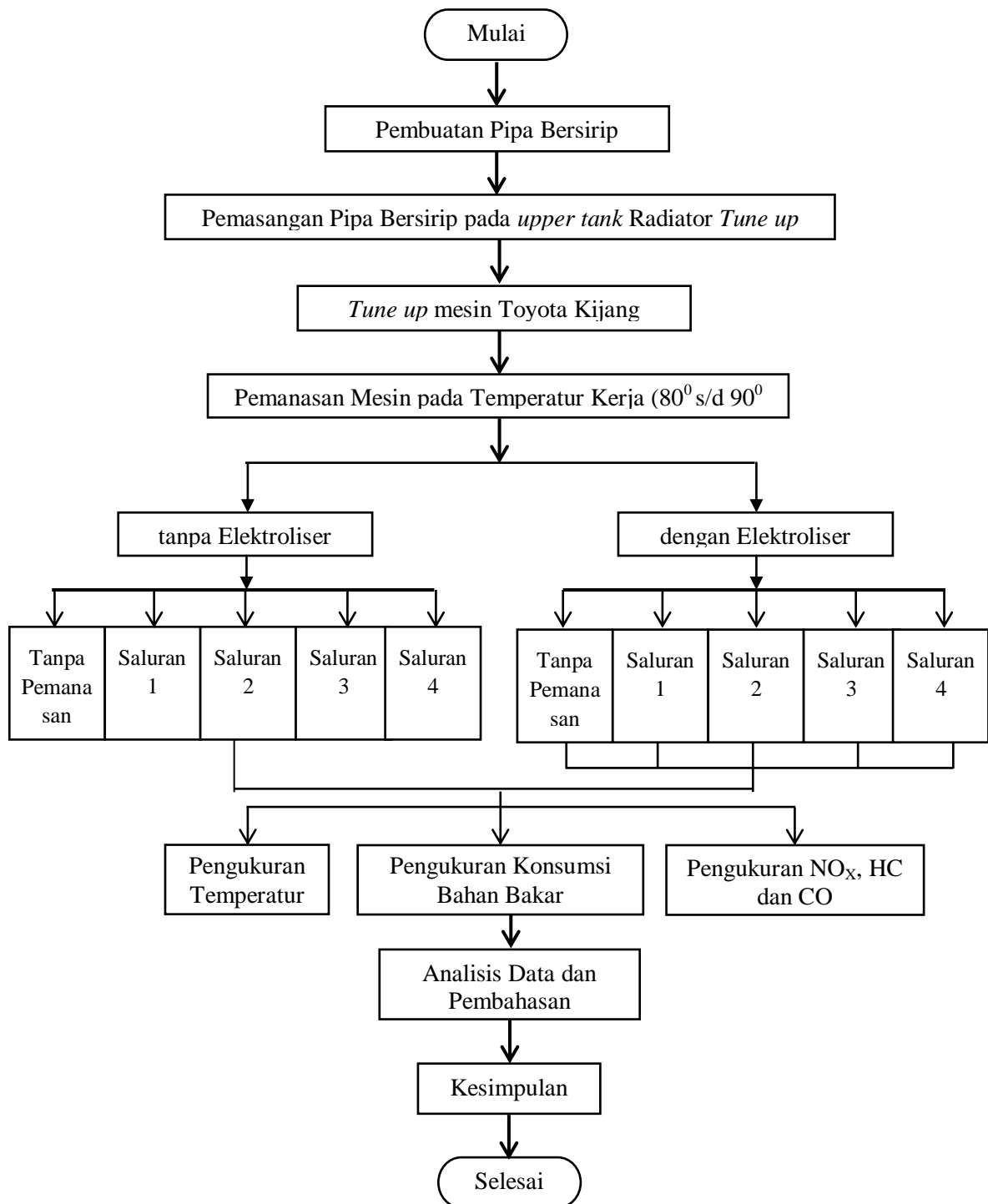
(f) Perbandingan kompresi: 8,9:1

##### 2) Bahan Bakar

Bahan bakar bensin yang digunakan adalah bensin jenis premium yang didapatkan dari SPBU.

#### c) Desain Eksperimen

##### 1) Tahap Pelaksanaan Eksperimen



Gambar 3. Bagan Alir Proses Eksperimen

Keterangan:

Elektroliser : Elektroliser dengan panjang kawat elektroda 3 m, 6 m, 12 m

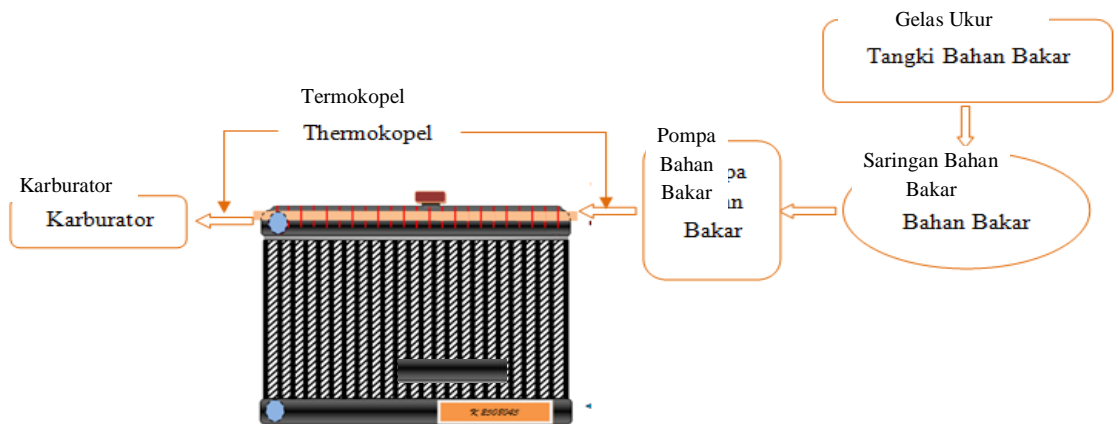
Saluran 1 : Penambahan pipa kapiler tanpa sirip

Saluran 2 : Penambahan pipa bersirip dengan jarak antar sirip 10 mm

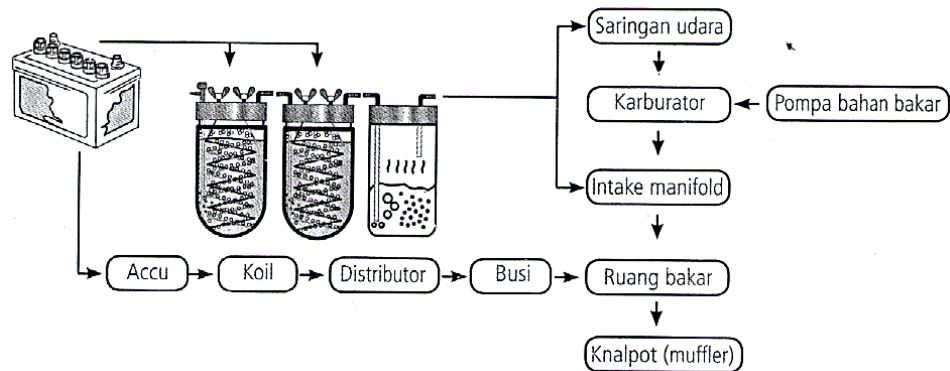
Saluran 3 : Penambahan pipa bersirip dengan jarak antar sirip 20 mm

Saluran 4 : Penambahan pipa bersirip dengan jarak antar sirip 30 mm

1) Skema Aliran Pemanasan Bahan Bakar



Gambar 4. Aliran Bahan Bakar



Gambar5. Skema Instalasi pada Mobil Karburator

d) Pengambilan Data

Pelaksanaan eksperimen ini dibagi menjadi empat tahap. Adapun urutan langkah pelaksanaan eksperimen sebagai berikut:

1) Pembuatan pipa kapiler tembaga bersirip

(a) Menyiapkan pipa kapiler tembaga dengan diameter 6 mm panjang 520 mm sebanyak 3 pipa dan sirip berbentuk lingkaran dengan luas  $154 \text{ mm}^2$ .

(b) Melakukan pemasangan sirip pada pipa kapiler tembaga dengan bahan perekat timah dengan cara dipanaskan. Jarak antar sirip divariasikan mulai dari 10 mm, 20 mm, sampai 30 mm.

(c) Melakukan langkah-langkah a) dan b) untuk membuat pipa bersirip persegi

2) Pengujian radiator tanpa pipa kapiler

a) Persiapan

(1) Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.

(2) Melakukan *tune up* pada mesin yang akan digunakan untuk pengujian.

b) Langkah-langkah pelaksanaan eksperimen

(1) Mengisi buret dengan bensin jenis premium.

(2) Memanaskan mesin sampai temperatur kerja ( $80^{\circ} \text{ s/d } 90^{\circ} \text{ C}$ ).



- (3) Mengatur putaran mesin dengan cara menyetel baut putaran mesin konstan pada putaran 3000 r.p.m. dengan bantuan *tachometer* untuk mengetahui putaran mesinnya.
  - (4) Mencatat waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bensin jenis premium 50 cc dengan menggunakan *stopwatch*.
  - (5) Memasang elektroliser kemudian melakukan langkah (1) sampai (4)
    - Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap eksperimen. Pada setiap pengambilan data dengan elektroliser air berbeda, mesin didinginkan terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian selanjutnya.
- 3) Pengujian radiator dengan penambahan pipa kapiler pada *upper tank*
- a) Persiapan
    - (1) Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
    - (2) Melakukan *tune up* pada mesin yang akan digunakan untuk pengujian.
    - (3) Mengganti radiator dengan yang sudah ditambahkan pipa tanpa sirip.
  - b) Langkah-langkah pelaksanaan eksperimen
    - (1) Mengisi buret dengan bensin jenis premium.
    - (2) Memanaskan mesin sampai temperatur kerja ( $80^{\circ}\text{s/d } 90^{\circ}\text{C}$ ).
    - (3) Mengatur putaran mesin dengan caramenyetel baut putaran mesin konstan pada putaran 3000 r.p.m. dengan bantuan

*tachometer* untuk mengetahui putaran mesinnya.

- (4) Mencatat waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bensin jenis premium 50 cc dengan menggunakan *stopwatch*.

- (5) Memasang elektroliser kemudian melakukan langkah (1) sampai (4)

Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap eksperimen. Pada setiap pengambilan data dengan elektroliser air berbeda, mesin didinginkan terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian selanjutnya.

- 4) Mengulangi tahap 3) untuk radiator dengan penambahan pipa tembaga bersirip dengan jarak antar sirip 10 mm, 20 mm, dan 30 mm sepanjang pipa.

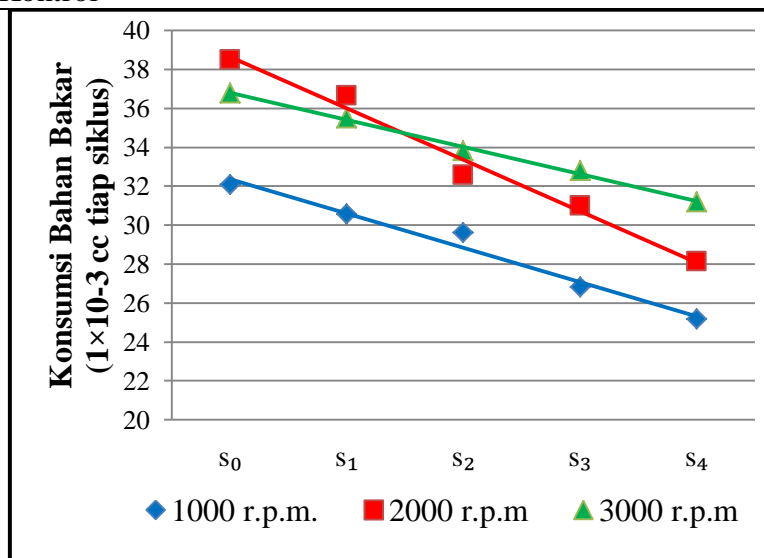
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengaruh Variasi Putaran Mesin dan Pemanasan Bahan Bakar Bensin melalui Pipa Kapiler Bersirip Radial di dalam *Upper Tank* Radiator terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Mesin Toyota Kijang

Perbandingan konsumsi bahan bakar dari semua percobaan pemanasan bahan bakar dan penambahan elektroliser air dapat dilihat pada tabel 1. berikut:

Tabel 1. Perbandingan Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar dari Setiap Percobaan

| Putaran Mesin (rpm)                 | Konsumsi Bahan Bakar ( $1 \times 10^{-3}$ cc tiap siklus) |                                 |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                     | S <sub>0</sub>                                            | S <sub>1</sub>                  | S <sub>2</sub>                  | S <sub>3</sub>                  | S <sub>4</sub>                  |
| 1000                                | Temperatur Rata-rata 41,22 (°C)                           | Temperatur Rata-rata 66,56 (°C) | Temperatur Rata-rata 68,72 (°C) | Temperatur Rata-rata 71,37 (°C) | Temperatur Rata-rata 73,68 (°C) |
|                                     | 32,066                                                    | 30,576                          | 29,604                          | 26,801                          | 25,174                          |
| 2000                                | Temperatur Rata-rata 41,55 (°C)                           | Temperatur Rata-rata 67,40 (°C) | Temperatur Rata-rata 70,70 (°C) | Temperatur Rata-rata 73,51 (°C) | Temperatur Rata-rata 76,00 (°C) |
|                                     | 38,487                                                    | 36,650                          | 32,559                          | 30,975                          | 28,121                          |
| 3000                                | Temperatur Rata-rata 39,54 (°C)                           | Temperatur Rata-rata 70,37 (°C) | Temperatur Rata-rata 73,84 (°C) | Temperatur Rata-rata 75,50 (°C) | Temperatur Rata-rata 77,65 (°C) |
|                                     | 36,783                                                    | 35,511                          | 33,828                          | 32,801                          | 31,187                          |
| Rata-rata Konsumsi Setiap Pemanasan | 35,779                                                    | 34,246                          | 31,997                          | 30,192                          | 28,161                          |
| Persentase Indikator Kontrol        |                                                           | 4,28%                           | 10,57%                          | 15,61%                          | 21,29%                          |



Gambar 6. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar

Berdasarkan Tabel 1. dan Gambar 6. terlihat bahwa ada perbedaan konsumsi bahan bakar pada mobil Toyota Kijang. Pada pengujian awal kendaraan normal tanpa pemanasan konsumsi bahan bakar pada putaran mesin 1000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $32,066 \times 10^{-3}$  cc, pada putaran mesin 2000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $38,487 \times 10^{-3}$  cc, dan padapada

putaran mesin 3000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $36,783 \times 10^{-3}$  cc. Pada pengujian menggunakan 3 pipa tembaga tanpa sirip konsumsi bahan bakar pada putaran mesin 1000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $30,576 \times 10^{-3}$  cc, pada putaran mesin 2000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $36,650 \times 10^{-3}$  cc, dan padapada putaran mesin 3000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $35,511 \times 10^{-3}$

cc. Pada pengujian menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 30 mm konsumsi bahan bakar pada putaran mesin 1000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $29,604 \times 10^{-3}$  cc, pada putaran mesin 2000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $32,559 \times 10^{-3}$  cc, dan padapada putaran mesin 3000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $33,828 \times 10^{-3}$  cc. Pada pengujian menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 20 mm konsumsi bahan bakar pada putaran mesin 1000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $26,801 \times 10^{-3}$  cc, pada putaran mesin 2000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $30,975 \times 10^{-3}$  cc, dan padapada putaran mesin 3000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $32,801 \times 10^{-3}$  cc. Pada pengujian menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10 mm konsumsi bahan bakar pada putaran mesin 1000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $25,174 \times 10^{-3}$  cc, pada putaran mesin 2000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $28,121 \times 10^{-3}$  cc, dan padapada putaran mesin 3000 r.p.m. tiap siklusnya sebesar  $31,187 \times 10^{-3}$  cc.

Dari data di atas dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar paling hemat adalah pada pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10 mm dan putaran mesin 1000 r.p.m.. Selisih konsumsinya sebesar  $6,892 \times 10^{-3}$  cc tiap siklus atau sebesar 21,58%. Panas yang diserap oleh pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10 mm membuat bahan bakar yang mempunyai rantai isooktan menjadi bercabang lebih banyak dibandingkan dengan bahan bakar yang dipanaskan dengan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 30 mm dan 20 mm.

Kualitas bensin ditentukan oleh bilangan oktan, yaitu bilangan yang menunjukkan jumlah isooktan dalam bensin. Bilangan oktan merupakan ukuran kemampuan bahan bakar mengatasi

ketukan ketika terbakar dalam mesin. Komponen alkana rantai lurus (n-heptana) dalam mesin tidak terbakar sempurna sehingga menyebabkan terjadinya gangguan gerakan piston pada mesin dan menimbulkan suara ketukan (*knocking*). Sementara itu alkana dengan rantai bercabang (isooktan) lebih efektif pembakarannya. Panas yang diserap oleh pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10 mm membuat bahan bakar yang mempunyai rantai karbon penyusun bahan bakar dari molekul kurang baik (rantai karbon lurus) menjadi rantai karbon bercabang lebih banyak. Semakin banyak jumlah sirip pada pipa tembaga membuat suhu bahan bakar meningkat. Semakin suhu bahan bakar meningkat membuat cabang rantai karbon pada bahan bakar semakin banyak sehingga nilai oktan bahan bakar bertambah. Selain itu suhu bahan bakar yang meningkat membuat bensin lebih mudah bercampur dengan udara yang masuk ke dalam silinder. Homogenitas campuran bahan bakar dan udara akan lebih baik. Dengan bertambahnya nilai oktan dan homogenitas campuran yang semakin baik membuat sistem pembakaran yang semakin baik sehingga konsumsi bahan bakar menurun/ irit.

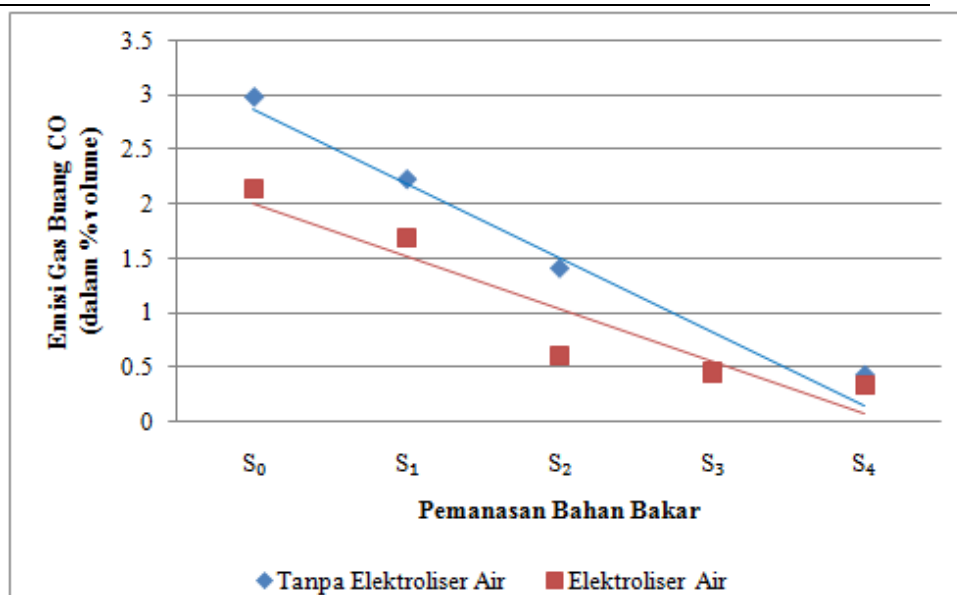
## **B. Pengaruh Penggunaan Elektroliser Air dan Pemanasan Bahan Bakar Bensin melalui Pipa Kapiler Bersirip Radial di dalam Upper Tank Radiator terhadap Emisi Gas Buang CO dan HC pada Mesin Toyota Kijang**

1. Perbandingan Rata-rata Emisi Gas Buang CO (dalam % volume) dari semua Percobaan.

Perbandingan emisi gas buang CO (dalam % volume) dari semua percobaan pemanasan bahan bakar dan penambahan elektroliser air dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Perbandingan Rata-rata Pengukuran Emisi Gas Buang CO pada Mesin Toyota Kijang

| Elektroliser           | Pemanasan Bahan Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ ) |                           |                           |                           |                           |
|------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                        | S <sub>0</sub><br>T=38,19                    | S <sub>1</sub><br>T=56,13 | S <sub>2</sub><br>T=59,11 | S <sub>3</sub><br>T=66,56 | S <sub>4</sub><br>T=71,03 |
| Tanpa Elektroliser Air | 2,981                                        | 2,229                     | 1,417                     | 0,477                     | 0,441                     |
| Elektroliser Air       | 2,141                                        | 1,689                     | 0,600                     | 0,447                     | 0,333                     |



Gambar 7. Pengaruh Penggunaan Elektroliser Air dan Pemanasan Bahan Bakar terhadap Emisi Gas Buang CO pada Mesin Toyota Kijang

Dari data di atas dapat dilihat penurunan emisi gas buang CO (dalam % volume). Mesin Toyota Kijang dengan menggunakan elektroliser air dan pemanasan bahan bakar 3 pipa dengan sirip berjarak 10 mm antar sirip memiliki emisi gas buang CO (dalam % volume) yang paling rendah dibandingkan dengan keadaan mesin Toyota Kijang pada semua percobaan. Selisih emisi gas buang CO sebesar 2,648 % volume atau sebesar 89 %. Penelitian Sugiyarto (2011) pada mesin Daihatsu Taruna CX tahun 2000 hasil penelitiannya menunjukkan bahwa emisi gas buang karbon monoksida turun 25,40% pemanasan bahan bakar bensin dengan panjang pipa tembaga 1440 mm.

Elektroliser air menghasilkan gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen) hasil dari elektrolisis air. Gas HHO terdiri atas 2 hidrogen dan 1 oksigen. Penambahan gas HHO ini akan berdampak pada proses pembakaran mesin kendaraan bermotor. Gas HHO mempunyai nilai oktan yang lebih tinggi daripada bensin. Semakin tinggi nilai oktan suatu bahan bakar maka daya ledak yang dihasilkan akan lebih tinggi juga. Daya ledak membuat tenaga mesin meningkat.

Penambahan elektroliser menghasilkan gas HHO yang akan bercampur dengan campuran udara dan bahan bakar. Gas HHO membuat pembakaran mendekati sempurna.

Bahan bakar yang memiliki suhu paling tinggi diperoleh dari pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10mm. Bahan bakar memiliki suhu 72,18 °C. Perbedaan panas bahan bakar yang berbeda disebabkan oleh perbedaan jumlah sirip. Pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10 mm memiliki jumlah sirip terbanyak dari yang lainnya.

Panas yang diserap oleh pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10mm membuat bahan bakar yang mempunyai rantai alkana n-oktana menjadi bercabang lebih banyak menjadi alkana isooktana. Cabang isooktana pada bahan bakar yang semakin banyak karena pengaruh pemanasan membuat campuran bahan bakar dan udara semakin homogen.

Bercampurnya gas HHO dari proses elektroliser air dengan campuran yang sudah homogen akan membuat

campuran lebih homogen lagi sehingga bahan bakar lebih mudah terbakar. Gas HHO akan membuat campuran yang homogen terbakar seluruhnya sehingga pembakaran mendekati sempurna. Pembakaran yang mendekati sempurna ini membuat emisi gas buang CO (dalam % volume) pada mobil Toyota Kijang semakin rendah.

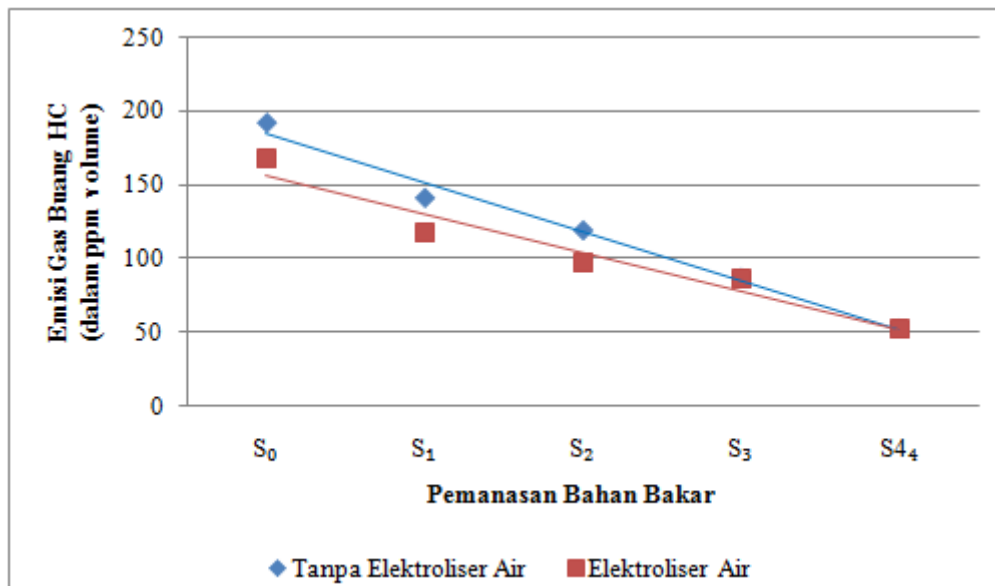
Berdasarkan data di atas disimpulkan bahwa emisi gas buang CO (dalam % volume) adalah pada penambahan elektroliser air dan pemanasan bahan bakar tiga pipa bersirip dengan jarak antar sirip 10 mm.

2. Perbandingan Rata-rata Emisi Gas Buang HC (dalam ppm volume) dari semua Percobaan.

Perbandingan emisi gas buang CO (dalam % volume) dari semua percobaan pemanasan bahan bakar dan penambahan elektroliser air dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Perbandingan Rata-Rata Pengukuran Emisi Gas Buang HC pada Mesin Toyota Kijang

| Elektroliser           | Pemanasan Bahan Bakar (°C) |                           |                           |                           |                           |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                        | S <sub>0</sub><br>T=38,19  | S <sub>1</sub><br>T=56,13 | S <sub>2</sub><br>T=59,11 | S <sub>3</sub><br>T=66,56 | S <sub>4</sub><br>T=71,03 |
| Tanpa Elektroliser Air | 192,667                    | 141,667                   | 119,667                   | 87,333                    | 53                        |
|                        | S <sub>0</sub><br>T=38,19  | S <sub>1</sub><br>T=57,62 | S <sub>2</sub><br>T=60,76 | S <sub>3</sub><br>T=68,88 | S <sub>4</sub><br>T=72,18 |
| Elektroliser Air       | 168,333                    | 117,667                   | 98                        | 87                        | 52,667                    |



Gambar 8. Pengaruh Penggunaan Elektroliser Air dan Pemanasan Bahan Bakar terhadap Emisi Gas Buang HC pada Mesin Toyota Kijang

Dari data di atas dapat dilihat penurunan emisi gas buang HC (dalam % volume). Mesin Toyota Kijang dengan menggunakan elektroliser air dan pemanasan bahan bakar 3 pipa dengan sirip berjarak 10 mm antar sirip memiliki emisi gas buang HC (dalam ppm volume) yang paling rendah dibandingkan dengan keadaan mesin pada semua percobaan. Selisih emisi gas buang HC sebesar 140 ppm volume atau sebesar 73 %.

Elektroliser air menghasilkan gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen) hasil dari elektrolisis air. Gas HHO terdiri atas 2 hidrogen dan 1 oksigen. Penambahan gas HHO ini akan berdampak pada proses pembakaran mesin kendaraan bermotor. Gas HHO mempunyai nilai oktan yang lebih tinggi daripada bensin. Semakin tinggi nilai oktan suatu bahan bakar maka daya ledak yang dihasilkan akan lebih tinggi juga. Daya ledak membuat tenaga mesin meningkat.

Penambahan elektroliser menghasilkan gas HHO yang akan bercampur dengan campuran udara dan bahan bakar. Gas HHO membuat pembakaran mendekati sempurna.

Bahan bakar yang memiliki suhu paling tinggi diperoleh dari pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10mm. Bahan bakar memiliki suhu 72,18 °C. Perbedaan panas bahan bakar yang berbeda disebabkan oleh perbedaan jumlah sirip. Pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10 mm memiliki jumlah sirip terbanyak dari yang lainnya.

Panas yang diserap oleh pemanasan menggunakan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10mm membuat bahan bakar yang mempunyai rantai alkana n-oktana menjadi bercabang lebih banyak menjadi alkana isooktana. Cabang isooktana pada bahan bakar yang semakin banyak karena pengaruh pemanasan membuat campuran bahan bakar dan udara semakin homogen.

Bercampurnya gas HHO dari proses elektroliser air dengan campuran yang sudah homogen akan membuat campuran lebih homogen lagi sehingga bahan bakar lebih mudah terbakar. Gas HHO akan membuat campuran yang homogen terbakar seluruhnya sehingga pembakaran mendekati sempurna. Pembakaran yang mendekati sempurna

ini membuat emisi gas buang HC (dalam ppm volume) pada mobil Toyota Kijang semakin rendah.

Berdasarkan data di atas bahwa konsumsi bahan bakar paling hemat adalah pada penambahan elektroliser air dan pemanasan bahan bakar tiga pipa bersirip dengan jarak antar sirip 10 mm.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan data dan hasil uji coba pada penelitian pengaruh pemanasan bahan bakar pada mobil Toyota Kijang dapat disimpulkan bahwa:

1. Ada penurunan pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator terhadap emisi gas buang CO dan HC pada mesin Toyota Kijang. Penurunan emisi gas buang CO dan HC terbesar yaitu pada percobaan dengan menggunakan pemanasan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10mm. Selisih emisi gas buang CO sebesar 2,54 % volume atau sebesar 85 % dan emisi gas buang HC sebesar 139,667 ppm volume atau sebesar 72 %.
2. Ada penurunan penggunaan elektroliser air dan pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator terhadap emisi gas buang CO dan HC pada mesin Toyota Kijang. Penurunan emisi gas buang CO dan HC terbesar yaitu pada percobaan dengan menggunakan elektroliser air dengan panjang kawat elektroda 3 m dan pemanasan 3 pipa tembaga dengan jarak antar sirip 10mm. Selisih emisi gas buang CO sebesar 2,648 % volume atau sebesar 89 % dan emisi gas buang HC sebesar 140 ppm volume atau sebesar 73 %.
3. Terdapat penurunan terhadap konsumsi bahan bakar dari penggunaan pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler tanpa sirip dan pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator dan variasi putaran mesin. Penurunan konsumsi terbesar pada putaran mesin 2000 rpm dengan menggunakan pemanasan bahan

bakar melalui pipa kapiler bersirip radial dengan jarak sirip 10 mm sebesar  $10,366 \times 10^{-3}$  cc tiap siklus atau sebesar 26,93%.

4. Terdapat penurunan konsumsi bahan bakar paling rendah/irit dari penggunaan pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler tanpa sirip dan pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator dan variasi putaran mesin. Konsumsi paling rendah/irit pada putaran mesin 1000 rpm dengan menggunakan pemanasan bahan bakar melalui pipa kapiler bersirip radial dengan jarak sirip 10 mm sebesar  $25,174 \times 10^{-3}$  cc tiap siklus.
5. Penggunaan pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler tanpa sirip dan pipa kapiler bersirip radial di dalam *upper tank* radiator dan variasi putaran mesin cenderung menurunkan konsumsi bahan bakar pada mesin Toyota Kijang pada semua percobaan.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada mobil Toyota Kijang ada beberapa saran antara lain:

1. Pada kendaraan yang belum dilengkapi teknologi injeksi dengan pengontrol komputer, agar mencoba menggunakan elektroliser air dan pemanasan bahan bakar melalui media pipa tembaga bersirip di dalam *upper tank* radiator.
2. Penelitian lebih lanjut bisa dilakukan pada variabel yang lebih luas yaitu pengaruh pemanasan bahan bakar terhadap daya dan torsi sehingga dapat diketahui hubungan antara variasi pemanasan bahan bakar, daya dan torsi, serta konsumsi bahan bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. (2011). *Penelitian Pendidikan Metode dan Paradigma Baru*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- As'adi, M. (2010). *Uji Pemasangan Brown Gas terhadap Performa Motor Bensin*

- Empat Langkah*. Jakarta: Koleksi Perpustakaan UPN Veteran.
- Cakra, U. (2011). *Pengertian dan Fungsi Pipa Kapiler*. Diperoleh 10 Mei 2012 dari <http://cakraoz.blogspot.com/2011/01/pengertian-dan-fungsi-pipa-kapiler.html>
- Danar Susilo Wijayanto. (2008). *Pengaruh Pipa Bersirip Radial terhadap Karakteristik Penukar Kalor Aliran Silang*. Surakarta : JIPTEK.
- Daniel, W. *Gawat! Cadangan Minyak RI Habis 12 Tahun Lagi*. (2012). Diperoleh 27 Mei 2012 dari <http://finance.detik.com/read/2012/04/05/124625/1885898/1034/gawat-cadangan-minyak-ri-habis-12-tahun-lagi>
- Daryanto. (2006). *Teknik Merawat AutoMobil Lengkap*. Bandung: Yrama Widya.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2011. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Keempat*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Firdaus, M.Y. (2012). *Pembakaran*. Diperoleh 12 Mei 2012 dari <http://muhammadyusuffirdaus.wordpress.com/2012/01/22/pembakaran/>
- Global Renewable Energy & Power Inc. (GREPI). 2011. *Renewable Hydrogen*. Diperoleh 07 Juni 2012 dari <http://www.grepinc.com/technology/renewable-hydrogen>
- Jakfar, A. (2011). *Jenis-jenis Logam*. Diperoleh 17 April 2012 dari <http://livean.com/blog/jenis-jenis-logAm/>
- Koran Jitu. *Tips-Tips Seputar Kendaraan Edisi 123*. Diperoleh 16 Mei 2012 dari <http://www.koranjitu.com/lifestyle/tips-tips-tips%20seputar%20kendaraan/detail-berita.php?ID=3843>
- Majid. (2011). *Racun Gas Karbon Monoksida*. Diperoleh 18 Juni 2012 dari <http://xa.yimg.com/kq/groups/9413146/259254791/name/RacunGasKarbonMonoksida.pdf>
- Mandiri, Arisco. (2011). *Radiator*. Diperoleh 25 Mei 2012 dari <http://indonetwork.co.id/ariscomandiri/1655473/radiator-core-radiator.htm>
- Micom. (2011). Enam Kilang Pertamina produksi BBM 40 Juta Kiloliter Per Tahun. Diperoleh 15 Mei 2012 dari <http://pdv.co.id/index.php?page=detail&ncid=2&aid=1116>
- Motor, Seraya. (2010). *Putaran Idle/Langsam/Stasioner*. Diperoleh 25 Mei 2012 dari <http://www.serayamotor.com/diskusi/viewtopic.php?t=14416&f=4>
- Nurhidayat, M.A. (2007). *Sistem Bahan Bakar Bensin dan Injeksi Diesel*. Bandung: CV.Yrama Widya.
- Peha. 2011. *Kiat Merawat Radiator Mobil*. Diperoleh 27 Mei 2012 dari <http://internet-aja.blogspot.com/2011/03/kiat-merawat-radiator-mobil.html>
- Pusat Pelatihan PT. Indomobil Suzuki International. (2003). *Text Book Training Mekanik-D: Basic Automotive*. Jakarta: PT. Indomobil Suzuki International.
- Rahayu, S.S. (2009). *Bijih Tembaga*. Diperoleh 26 Mei 2012 dari [http://www.chem-is-try.org/materi\\_kimia/kimia-industri/bahan-baku-dan-produk-industri/bijih-tembaga/](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-industri/bahan-baku-dan-produk-industri/bijih-tembaga/)
- Sudirman, U. (2006a). *Metode Tepat Menghemat Bahan Bakar (Bensin) Mobil*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Sudirman, U. (2008b). *Hemat BBM dengan Air (Panduan Membuat Alat Penghemat BBM)*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Sugiyono. (2009). *Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukarmin. (2009a). *Jenis Bensin*. Diperoleh 24 April 2012 dari [http://www.chem-is-](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-industri/bahan-baku-dan-produk-industri/bijih-tembaga/)



- [try.org/materi kimia/kimia organik dasar/minyak-bumi/jenis-bensin/](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_organik_dasar/minyak-bumi/jenis-bensin/)
- Sukarmin.(2009b). *Kegunaan Minyak Bumi*. Diperoleh 24 April 2012 dari [http://www.chem-is-try.org/materi kimia/kimia organik dasar/minyak-bumi/kegunaan-minyak-bumi/](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_organik_dasar/minyak-bumi/kegunaan-minyak-bumi/)
- Suratman, M. (2005). *Pemeliharaan/ Servis Sistem Bahan Bakar Bensin dan Diesel SMK*. Bandung: Armico.
- Sutomo, Murni, Senen, & Rahmat.(2010). *Pengaruh Elektroliser terhadap Kepekaan Bahan Bakar pada Mesin Diesel 1 Silinder 20 HP*. Gema Teknologi, 16, (2), 82-86. Diperoleh 16 Mei 2012, dari [http://eprints.undip.ac.id/35008/1/Pengaruh Elektroliser.pdf](http://eprints.undip.ac.id/35008/1/Pengaruh_Elektroliser.pdf)
- Toyota Astra Motor. *Toyota Materi Pembelajaran Engine Group Step 2*. Jakarta: P.T. Toyota Astra Motor
- Ulet. (2010). *Hidrokarbon (HC)*. Diperoleh 26 April 2012 dari <http://ultrawomen.wordpress.com/2010/02/15/hidrokarbon-hc/>
- Yovanovich. (2009). *Profil Sirip Radial*. Diperoleh 5 Juni 2012 dari <http://commonemitter.wordpress.com/category/heat-transfer/>