

PERBANDINGAN PENGGUNAAN ADITIF PADA SISTEM PENDINGIN AIR TERHADAP TINGKAT PANAS MESIN MOBIL TOYOTA AVANZA 1,3 G M/T

Dwi Randa Ariga¹, Martias², Toto Sugiarto³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Otomotif FT UNP

Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar 25131 INDONESIA

Dwi.randa88@yahoo.com

Intisari --- Teknologi pada bidang otomotif khususnya motor pembakaran dalam, sirkulasi air pada radiator berperan sebagai pendingin. Sistem pendingin merupakan hal yang sangat penting dalam kendaraan bermotor, dimana sistem pendingin berfungsi untuk menjaga temperatur kerja dari kendaraan bermotor, agar temperaturnya tidak melebihi ambang batasnya (*over heating*), salah satu penyebab terjadinya panas yang berlebihan adalah penggunaan air pendingin dalam radiator. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental, dimana tujuannya untuk mengetahui seberapa besar perbandingan temperatur kerja mesin dari penggunaan beberapa jenis *aditif coolant* dan air biasa. Air pendingin yang digunakan adalah *Toyota Long Life Coolant*, *Dex Coolcoolant*, *Top 1 Coolant*, dan Air biasa. Pengujian ini dilakukan pada putaran 800 RPM, 1500 RPM dan 2500 RPM. Objek dari penelitian ini adalah mobil Toyota avanza 1,3 G M/T. Data hasil penelitian akan diolah menggunakan rumus perbandingan persentase. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa, tingkat tertinggi setelah diambil rata-rata dari setiap putaran mesinnya adalah terletak pada penggunaan air biasa, dimana air biasa memiliki rata-rata temperatur sebesar 96,1°C atau mengalami kenaikan sebesar 1,131% pada setiap putaran mesinnya. Kemudian disusul *coolant* dengan merek Top 1 Coolant, yaitu memiliki temperatur rata-rata sebesar 93,6°C atau mengalami kenaikan sebesar 1,101% pada setiap putaran mesinnya. Kemudian diikuti dengan *coolant* merek Dex Coolcoolant, dimana memiliki temperatur rata-rata sebesar 91,3°C atau mengalami kenaikan sebesar 1,074% pada setiap putaran mesinnya. Kemudian yang memiliki kenaikan temperatur paling rendah adalah *coolant* merek Toyota Super Long Life Coolant (SLLC) dengan temperatur rata-rata sebesar 91°C atau mengalami kenaikan sebesar 1,070% pada setiap putaran mesinnya.

Kata kunci --- Aditif, Sistem Pendingin, Panas mesin.

Abstract --- Technology in the automotive field, especially internal combustion engine, the circulation of water in the radiator acts as a coolant. The cooling system is very important in a motor vehicle, wherein the cooling system serves to keep the working temperature of the motor vehicle, so that the temperature does not exceed the threshold limit (*over-heating*), one of the causes of excessive heat is the use of cooling water in the research radiator. Metode used is an experimental method, where the goal is to find out how big the engine working temperature comparison of the use of some type of coolant additives and water. Cooling water used is the *Toyota Long Life Coolant*, *Dex Coolcoolant*, *Top 1 Coolant*, and plain water. The test is performed on lap 800 RPM, 1500 RPM and 2500 RPM. The object of this study is Toyota Avanza 1.3 GM / T. Research data will be processed using the formula percentage comparisons. The result showed that the highest level after an average taken from each round of the engine is

located on the use of plain water, in which ordinary water has an average temperature of 96,1° C or an increase of 1,131% in each round of the engine. Then followed the coolant with the Top 1 Coolant brand, which has an average temperature of 93,6° C or an increase of 1,101% in each round of the engine. This was followed by the coolant brand Dex Coolcoolant, which has an average temperature of 91,3° C or an increase of 1,074% in each round the engine. Then who has the lowest temperature rise is coolant brand Toyota Super Long Life Coolant (SLLC) with an average temperature of 91° C or an increase of 1,070% in each round of the engine.

Key Note - Additives, Cooling System, Heat engines.

1. Pendahuluan

Meningkatnya jumlah penduduk perkotaan di Indonesia saat ini, mengakibatkan terjadinya peningkatan taraf hidup kesejahteraan masyarakat, yang menuntut terjadinya peningkatan sarana transportasi sebagai mobilitas masyarakat dalam beraktifitas sehari-hari. Dalam hal ini permintaan barang khususnya kendaraan roda empat yang terus meningkat dikarenakan oleh permintaan konsumen, dimana kendaraan sebagai pendukung kegiatan sehari-hari. Konsumen khususnya masyarakat kelas menengah saat ini lebih menginginkan kendaraan yang bisa mengangkut penumpang lebih banyak dengan harga yang terjangkau.

Toyota Avanza adalah sebuah mobil yang diproduksi di Indonesia oleh Toyota. Mobil ini diluncurkan saat Gaikindo Auto Expo pada 2004 dan terjual 100.000 unit pada tahun tersebut (www.wikipedia.co.id). Nama "Avanza" berasal dari bahasa Italia *Avancato*, yang berarti "Peningkatan". Pada akhir tahun 2006 diluncurkan New Avanza dengan perubahan tampilan, aksesoris, peningkatan performa serta mesin baru berteknologi VVTi yang melengkapi semua versi.

Teknologi pada bidang otomotif khususnya motor pembakaran dalam, sirkulasi air pada radiator berperan sebagai pendingin. Sistem pendingin merupakan hal yang sangat penting dalam kendaraan bermotor, dimana sistem pendingin berfungsi untuk menjaga temperatur kerja dari kendaraan bermotor, agar temperaturnya tidak melebihi ambang batasnya (*over heating*). Pada prinsipnya sistem pendingin banyak mempengaruhi kerja mesin yang akan menghasilkan usaha. Pengujian ini

melakukan pengamatan pemakaian *water coolant*, sehingga karakteristik motor bakar dapat di ketahui. Untuk meningkatkan efesiensi kerja maka dalam pelaksanaan pengujian menggunakan *engine* sebagai motor penggerak, dimana daya yang dihasilkan tidak selalu stabil, dengan mempergunakan cara ini maka dapat diperoleh data-data mengenai efektif pemakaian *water coolant* tersebut.

Pembakaran yang terjadi di dalam silinder dapat mencapai temperatur sekitar 2500 °C dan terjadi berulang-ulang. Pada motor bakar seperti telah diketahui bahwa hasil pembakaran yang diubah menjadi energi mekanis hanya sekitar 26 % sampai dengan 40% (Fathun Muharto dan Mahdi,2008: 15). Sebagian panas keluar menjadi gas bekas dan sebagian lagi hilang melalui pendinginan, apabila sebagian panas yang dihasilkan dari pembakaran tidak dibuang, maka komponen mesin yang berhubungan dengan panas pembakaran tadi akan mengalami kenaikan temperatur yang berlebihan dan cenderung merubah sifat-sifat serta bentuk dari komponen mesin yang diakibatkan oleh kenaikan temperatur yang tinggi, maka pada mesin perlu dibuatkan suatu system pendinginan.

Pendinginan yang tidak seimbang akan mengakibatkan temperatur pembakaran yang tinggi, dan akan mempengaruhi suhu kerja mesin secara keseluruhan. Menetralisasi suhu pembakaran didalam silinder itu perlu dibantu oleh suatu sistem pendinginan sehingga temperature dapat dipertahankan pada temperatur kerja mesin yaitu 80⁰-90⁰C. Bila tidak, suhu mesin bisa mencapai 2500⁰C. Suhu ini sudah mampu membakar sendiri gas (campuran udara dan bensin) yang masuk

dalam silinder tanpa perlu menunggu percikan bunga api pada busi yang diatur oleh distributor sebelumnya. Bila hal ini dibiarkan terus terjadi maka akan terjadi *knocking*. Mesin memang membutuhkan panas, tetapi panas yang diperlukan harus sesuai dengan kebutuhan. Oleh sebab itu diperlukan sistem pendinginan yang mampu menjaga kesetabilan temperatur kerja mesin dengan baik.

2. Kajian teoritis

2.1 Defenisi Temperatur Kerja Mesin

Daryanto (1997 :143) dalam bukunya mengatakan “Temperatur adalah suatu penunjukan nilai panas atau nilai dingin yang dapat diperoleh/diketahui dengan menggunakan suatu alat yang dinamakan termometer. Termometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur dan menunjukkan besaran temperatur. Tujuan pengukuran temperatur adalah untuk : mencegah kerusakan pada alat-alat tersebut, mendapatkan mutu produksi/kondisi operasi yang diinginkan, dan pengontrolan jalannya proses.

Hugh D Young (2002:457) dalam bukunya mengatakan :

“Konsep suhu (*temperature*) berakar dari ide kualitatif ‘panas’ dan ‘dingin’ yang berdasarkan pada indera sentuhan kita. Suatu benda yang terasa panas umumnya memiliki suhu yang lebih tinggi daripada benda serupa yang dingin. Hal ini tidak cukup jelas, dan indera dapat dikelabui. Tetapi banyak sifat benda yang dapat diukur tergantung pada suhu. Panjang batang logam, tekanan uap dalam boiler, kemampuan suatu kawat mengalirkan arus listrik, dan warna suatu benda panas yang berpendar, semua tergantung suhu”.

Dari beberapa kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa Temperatur adalah ukuran panas-dinginnya dari suatu benda. Panas-dinginnya suatu benda berkaitan dengan energi termis yang terkandung dalam benda tersebut. Makin besar energi termisnya, makin besar temperaturnya., yang pada pembahsan ini di arahkan pada sistem pendinginan mesin. Temperatur yang terjadi pada mesin saat

operasi sangat tinggi, oleh karena itu dibutuhkan sistem pendinginan untuk menjaga temperatur ideal saat mesin beroperasi.

2.2 Media Pendingin

Pendingin dalam kamus besar bahasa indonesia adalah alat untuk mendinginkan sesuatu. Dalam hal ini mempunyai pengertian, yaitu media atau alat pendingin untuk menurunkan temperatur bahan yang temperaturnya tinggi (Anton Maulana, 1983:207).

H.N. Gupta (2006: 444) dalam bukunya mengatakan “*in liquid-cooled system, water is generally used as a cooling medium. however, other liquid or a mixture of water and other liquids may also be used in the system to prevent freezing of the coolant at lower temperatures*”

Made Ricki Murti (Jurnal Ilmiah teknik Mesin Cakra.M Vol.3 No.2.Oktober 2009) mengatakan “Radiador coolant merupakan zat additive untuk fluida radiator. Fungsinya adalah untuk memperbesar koefisien perpindahan panas konveksi pada fluida kerja radiator sehingga laju pembuangan panas meningkat (penyerapan panas oleh fluida di water jacket lebih besar). Disamping itu untuk memperbesar laju perpindahan panas konveksi dari fluida ke permukaan luar radiator, kemudian meningkatnya konveksi ke udara luar sehingga panas yang terbuang menjadi lebih besar. Cairan pendingin umumnya berupa air atau oli. *Antifreeze* yang dicampurkan dalam coolant bertujuan untuk menurunkan titik beku. Sehingga coolant terkadang diartikan sebagai *antifreeze*, karena pada titik didih 100°C air dianggap mudah menguap. Sebaliknya pada titik beku 0°C, air mudah membeku selain itu air membuat logam berkarat, dan meniggalkan bekas mineral yang yang mengurangi kemampuan pendinginannya. Untuk itulah beberapa bahan kimia ditambahkan pada coolant”.

Menurut James D. Halderman (2005:81) mengatakan bahwa :

“*coolant* adalah gabungan antara bahan anti beku dan air, *coolant* bisa digunakan untuk

menyerap panas per liter lebih dari cairan pendingin lain. Dibawah kondisi standar, air yang dipanaskan pada suhu 212 F dan yang dibekukan pada suhu 32 F. ketika air dibekukan, maka volume air itu bertambah sekitar 9%. Perluasan dari pembekuan air bisa dengan mudah memecahkan/membuat keretakan pada bagian mesin, bagian atas selinder, dan radiator, semua perusahaan/produsen menyarankan untuk menggunakan *ethylene glycol* berbasis bahan anti beku yang digabungkan untuk perlindungan melawan masalah ini”.

Dari beberapa kutipan diatas, dapat disimpulkan dalam hal ini media pada sistem pendingin merupakan suatu zat fluida yang mengalir dan memiliki fungsi untuk menjaga temperatur kerja mesin pada saat beroperasi.

2.3 Hubungan Watercoolant dengan Temperatur Kerja Mesin

Subroto, Sartono Putro (2004) mengatakan “Kemampuan sistem pendingin mesin dengan fluida cair (*coolant*) sangat tergantung pada kemampuan *coolant* menyerap sejumlah kalor dari mesin dan melepaskannya ke udara melalui radiator. Jumlah kalor yang dipindahkan meningkat sejalan dengan peningkatan perbedaan temperatur masuk dengan keluar radiator, panas jenis dan kapasitas *coolant* yang dialirkan. Pendinginan *coolant* dilakukan dengan mengalirkan udara diantara pipa-pipa aliran *coolant* pada radiator”.

Gogineni. Prudhvi, Gada.Vinay, G.Suresh Babu,2013 mengatakan:

“The coolant that courses through the engine and associated plumbing must be able to withstand temperatures well below zero without freezing. It must also be able to handle engine temperatures in excess of 250 degrees without boiling. A tall order for any fluid, but that is not all. The fluid must also contain rust inhibitors and a lubricant. The coolant in today's vehicles is a mixture of ethylene glycol (antifreeze) and water. The recommended ratio is fifty-fifty. In other words, one part antifreeze and one part water. This is the minimum

recommended for use in automobile engines. Less antifreeze and the boiling point would be too low. In certain climates where the temperatures can go well below zero, it is permissible to have as much as 75% antifreeze and 25% water, but no more than that. Pure antifreeze will not work properly and can cause a boil over”.(*International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-4, April 2013*).

Dari beberapa kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa kandungan pada radiator coolant sangat berpengaruh terhadap temperatur kerja mesin. Karena viskositas antara air dan coolant berbeda pada struktur kimianya, oleh karena itu terdapat perbedaan kemampuan dalam mendinginkan temperatur kerja mesin pada saat mesin panas.

3. Metode penelitian

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini digolongkan pada penelitian pendekatan eksperimen. Penelitian eksperimen sering digunakan untuk mencari pengaruh diantara variabel-variabel yang ada serta untuk pengujian hipotesis. Penelitian eksperimen ini menggunakan *treatment* atau perlakuan terhadap kelompok tertentu, dan setelah perlakuan yang dilakukan diadakan evaluasi untuk melihat pengaruhnya. Sugiyono (2007:76) mengatakan “penelitian ini menggunakan model eksperimen *The Posttest Only Control Design*, penelitian model ini memiliki dua grup, namun kedua grupnya tidak ada yang memberikan *pretest*, namun keduanya diberikan *treatment* dan *posttest*”. Penelitian ini dimaksud untuk mengungkapkan perbandingan penggunaan antara beberapa merk *watercoolant* terhadap tingkat panas engine pada mobil Toyota avanza 1,3 G M/T.

3.2 Objek Penelitian

Menurut Suharsimi (2006:101) mengatakan “objek penelitian merupakan sasaran atau objek yang dijadikan pokok pembicaraan dalam penelitian” adapun yang menjadi objek penelitiannya ini adalah air biasa

dan beberapa *aditif watercoolant*. Dalam hal ini, data yang akan diambil yaitu seberapa besar tingkat panas engine pada masing-masing *watercoolant* ketika engine dinyalakan. Spesifikasinya dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 1. Spesifikasi mobil Toyota Avanza 1,3 G M/T 2011

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tipe Mesin	IL,4 Cyl,16V, DOHC,VVT-i
2	Isi Silinder	1,298 cc
3	Daya Maksimum	92/6,000
4	Torsi Maksimum	11,9/4,400
5	Kapasitas Tangki	45 Liter
6	Panjang	4.140 meter
7	Lebar	1.660 meter
8	Tinggi	1.695 meter
9	Jarak Poros Roda	2.655 meter
10	Jarak Pijak Depan	1.425 meter
11	Jarak Pijak belakang	1.435 meter
12	Berat Kosong	-
13	Tipe	5 speed M/T
14	Sistem kemudi	With (Electric Power Steering)
15	Suspensi Depan	Macpherson Strut with coil spring
16	Suspensi Belakang	4 Link w / lateral rod with coil spring
17	Rem Depan	Disc
18	Rem Belakang	Drum
19	Ukuran Ban Depan	185/65 R14
20	Ukuran Ban Belakang	185/65 R14

Sumber: www.toyota.co.id

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam pelaksanaan eksperimen ini adalah sebagai berikut:

3.1 Tahap persiapan mesin dan alat, menyediakan bahan dan alat yang diperlukan seperti *thermometer* digital dan

beberapa merek *watercoolant* yang menjadi objek penelitian, kemudian panaskan kendaraan sampai suhu kerja mesin 80°C.

3.2 Melakukan pengukuran tingkat panas mesin dengan menggunakan *watercoolant* pabrikan kendaraan.

3.3 Melakukan pengukuran tingkat panas mesin dengan menggunakan beberapa merk *watercoolant* yang menjadi objek penelitian.

3.4 Melakukan analisis data untuk mengungkapkan *watercoolant* mana yang efektif dalam mendinginkan panas mesin mobil.

3.4 Teknik Analisis Data

Untuk menganalisa keseluruhan data yang diperoleh dan mengungkapkan hasil pengukuran pada masing-masing *watercoolant* terhadap tingkat panas mesin maka dilakukan analisa sebagai berikut :

3.4.1 Data temperatur mesin yang diperoleh dari alat pengukur suhu *thermometer* digital.

3.4.2 Kemudian data hasil pengujian dibandingkan antara pengujian pertama dengan pengujian kedua, dengan rumus :

$$M = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

M = Mean (Rata-rata)

$\sum x$ = Jumlah data

N = Banyak Spesimen

3.4.3 Membandingkan nilai rata-rata dari masing-masing pengujian statistik berkorelasi, adapun rumus yang digunakan adalah rumus persentase.

$$P = \frac{N}{n} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Angka persentase yang ingin didapatkan.

n = Rata-rata temperatur mesin pada rasio putaran idle.

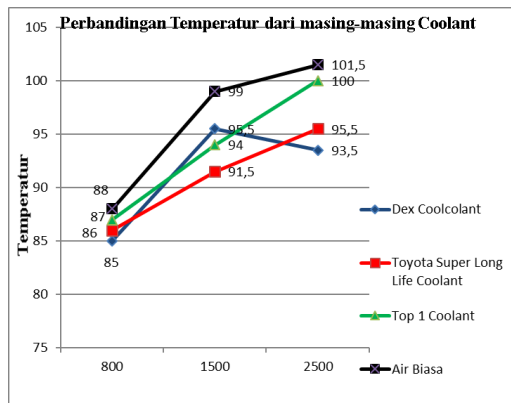
N = Rata-rata temperatur mesin pada rasio putaran yang ditingkatkan

3.4.4 Kemudian untuk melihat hasil perbandingan suhu pada masing-masing *watercoolant* dapat menggunakan grafik hubungan perputaran mesin dengan tingkat temperatur suhu.

4. Hasil dan pembahasan

4.1 Perbedaan temperatur dari masing-masing air pendingin

Adapun perbedaan kenaikan temperatur dari masing - masing air pendingin dapat diuraikan kedalam tabel dan grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik Perbedaan kenaikan temperatur dari masing-masing air pendingin.

Berdasarkan tabel dan grafik yang diuraikan diatas, dapat diketahui bahwa menggunakan air pendingin dengan merk Dex Coolcoolant terjadi perubahan temperatur pada setiap putaran mesinnya. Dimana pada putaran 800 RPM suhu kerja mesin berada pada 85°C, kemudian pada putaran 1500 RPM suhu meningkat sebesar 1,123% menjadi 95,5°C, dan pada putaran 2500 RPM suhu kerja mesin mengalami penurunan sebesar 1,1% menjadi 93,5°C. Kemudian menggunakan air pendingin dengan merk Toyota Super Long Life Coolant (SLLC) temperatur kerja mesin bervariasi setiap putaran mesinnya, dimana pada putaran 800 RPM suhu kerja mesin meningkat sebesar 1,011% pada posisi 86°C, kemudian pada putaran 1500°C suhu kerja mesin meningkat sebesar 1,076% menjadi 91,5°C, dan pada putaran 2500 RPM suhu kerja mesin tetap meningkat sebesar 1,123% menjadi 95,5°C. Menggunakan air pendingin dengan merk Top

1 Coolant, temperatur kerja mesin bervariasi pada setiap putarannya. Dimana pada putaran 800 RPM suhu kerja mesin meningkat 1,035% menjadi di 87°C, kemudian pada putaran 1500 RPM suhu kerja mesin meningkat sebesar 1,105% menjadi 94°C, dan pada putaran 2500 RPM suhu kerja mesin tetap mengalami peningkatan sebesar 1,176% menjadi 100°C. Sedangkan dengan menggunakan air biasa untuk pendinginan didapatkan hasil yaitu pada putaran 800 RPM suhu kerja mesin meningkat sebesar 1,035% berada pada 88°C, kemudian pada putaran 1500 RPM suhu kerja mesin meningkat sebesar 1,164% menjadi 99°C, dan pada putaran 2500 RPM suhu kerja mesin meningkat sebesar 1,194% menjadi 101,5°C.

Hal ini sejalan dengan yang diutarakan oleh

Gatot Soebiyakto (Widya Teknika Vol.20 No.1; Maret 2012) mengatakan,

“sebetulnya kunci dari keiritan mesin bensin, disamping *driving style* dari driver, juga dipengaruhi oleh engine *effeciency* yang berkorelasi positive dengan kebersihan ruang bakar dan mutu bahan bakar serta *Water Coolant*. Salah satu merk *water coolant* adalah prestone yang mana didalam *water coolant* tersebut mengandung zat aditif *ethelyn glycol* dan *silicate* yang membantu memperpanjang daripada umur komponen sistim pendingin”.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Tingkat panas tertinggi setelah diambil rata-rata dari setiap putaran mesinnya adalah terletak pada penggunaan air biasa, dimana air biasa memiliki rata-rata temperatur sebesar 96°C atau mengalami kenaikan sebesar 1,131% pada setiap putaran mesinnya. Kemudian disusul *coolant* dengan merek Top 1 Coolant, yaitu memiliki temperatur rata-rata sebesar 93,6°C atau mengalami kenaikan sebesar 1,101% pada setiap putaran mesinnya. Kemudian diikuti dengan *coolant* merek Dex Coolcoolant, dimana memiliki temperatur rata-

rata sebesar 91,3°C atau mengalami kenaikan sebesar 1,074% pada setiap putaran mesinnya. Kemudian yang memiliki kenaikan temperatur paling rendah adalah *coolant* merek Toyota Super Long Life Coolant (SLLC) dengan temperatur rata-rata sebesar 91°C atau mengalami kenaikan sebesar 1,070% pada setiap putaran mesinnya. Hal ini terjadi karena peningkatan perbandingan kompresi menjadi CR 10,2:1 akan meningkatkan tekanan lebih besar dari total volume mesin, sehingga proses pembakaran menjadi kurang sempurna. Selain itu, penggunaan oktan bahan bakar yang rendah yakni RON 88 menjadikan hidrokarbon tidak terbakar lengkap.

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan diatas, maka dapat Sehubungan dengan hasil penelitian diatas, beberapa saran yang dapat disampaikan diantaranya; (1) Bagi masyarakat pengguna kendaraan roda empat diharapkan untuk menggunakan *aditif coolant* yang sesuai dengan rekomendasi pabrik, dan tidak menggunakan air biasa secara terus-menerus sebagai air pendingin radiator untuk mendinginkan mesin. Hal ini dikarenakan kemampuan air biasa dalam penyerapan panas mesin hanya mencapai titik didih 100°C, sementara panas mesin jauh lebih besar dari titik didih air. (2) Bagi peneliti lainnya diharapkan melakukan penelitian lebih lanjut, untuk mengetahui efek-efek lain yang dapat ditimbulkan dari penggunaan air pendingin dan *coolant* yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.1995,New Step I ,Training manual Jakarta: Toyota Astra Motor
- Anonim.1995,New Step II,Training manual Jakarta : Toyota Astra Motor
- Daryanto. (2003). *Motor Bakar untuk Mobil*. Jakarta: Rineka Cipta dan Bina Adiaksara.
- Fathun Muharto, dkk. (2008). *Pemeliharaan Sistem Pendinginan dan Komponen-Komponennya*. Sukamaju Depok: Arya Duta.
- Gatot Soebiyakto, Widya teknika Vol.20 No. 1; Maret 2012 ISSN 1411-0660 : 44 – 48
- Gogineni. Prudhvi, Gada.Vinay, G.Suresh Babu,2013. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-4, April 2013
- H.N. Gupta.2006. *Fundamental Of Internal Combustion Engines*.
- Jalius Jama dan Wagino. (2008). *Teknik Sepeda Motor Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Made Ricki Murti (*Jurnal Ilmiah teknik Mesin Cakra.M Vol.3 No.2.Oktober 2009*)
- Maman Suratman, dkk. (2001). *Servis dan Reparasi Auto Mobil*. Bandung: Pustaka Grafika.
- Marthur, Sharma. (1980). *A Course In Internal Combustion Engine*. Delhi: Rai & Sons.
- Pawan S. Amrutkar, Sangram R. Patil. (2003). *Automotive Radiator Performance – Review*. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-3, February 2013.
- Permendiknas. (2009). *Ejaan Bahasa Indonesia yang Disempurnakan*. Yogyakarta: Pustaka Timur.
- Pulkrabek, Willard W. (2004). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. Upper Saddle River, New Jersey 07458
- Reid, Robert C, Dkk. (1990). *Sifat Gas Dan Zat Cair edisi ketiga*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Sears dan Zemansky. (2002)., *Fisika Universitas. Edisi Kesepuluh Jilid I*. Jakarta : PT. Erlangga
- Sugihastuti, M.S. (2000). *Bahasa Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Offset.
- Sugiyono. (2007). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharsimi Arikunto. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Universitas Negeri Padang. (2010). *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang: UNP Press.
- V,Ganesan. (2004). *Internal Combustion Engines, Second Edition*
- Wahyu Hidayat. (2012). *Motor Bensin Modern*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Wardan Suyanto. (1989). *Teori Motor Bensin*. Jakarta: P2LPTK.
- <http://www.toyota.co.id/product/avanza/#>
- http://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_pendingina

n