

# PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN ABSORBSI UNTUK KENDARAAN BERMOTOR

Yosua Septian Purwanto<sup>1)</sup>, Fandi Dwiputra Suprianto<sup>2)</sup>  
Program Studi Otomotif Teknik Mesin Universitas Kristen Petra<sup>1,2)</sup>  
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia<sup>1,2)</sup>  
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658<sup>1,2)</sup>  
E-mail : m24410052@john.petra.ac.id<sup>1)</sup>, fandi@peter.petra.ac.id<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

Sistem Pendingin Absorbsi adalah salah satu dari sistem pendingin selain sistem pendingin kompresi uap. Dimana input energi untuk mensirkulasi fluida sistem pendingin absorbsi ini lebih rendah dari sistem pendingin kompresi uap dikarenakan untuk mensirkulasikan fluida pendingin sistem ini menggunakan pompa. Dan sistem pendingin absorbsi ini membutuhkan tambahan energi kalor untuk menjalankan sistemnya. Dan diketahui adanya energi kalor yang terbuang sia-sia oleh kendaraan, dimana energi kalor ini dapat dimanfaatkan oleh sistem pendingin absorbsi ini. Dimana pemanfaatannya itu dapat berupa pengaplikasian sistem pendingin absorbsi tersebut dengan tujuan dapat memanfaatkan energi kalor yang terbuang sia-sia tersebut dan juga mengurangi beban input kerja mesin.

Dan pendesignan model ini mempelajari bagaimana mengaplikasikan sistem pendingin absorbsi pada kendaraan. Dimana hal-hal yang dipelajari meliputi perencanaan design sistem pendingin absorbsi, perancangan sistem pendingin absorbsi, menganalisa design sistem pendingin absorbsi, perencanaan design heat exchanger generator sistem pendingin absorbsi, perancangan heat exchanger sistem pendingin absorbsi, menganalisa heat exchanger generator sistem pendingin absorbsi.

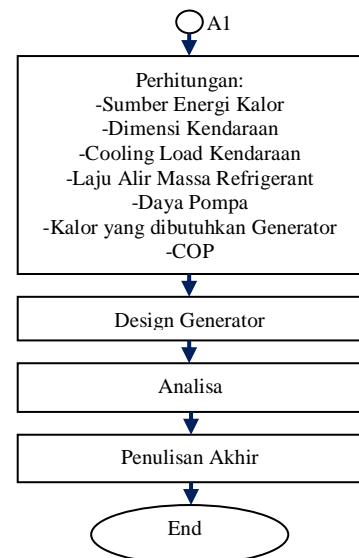
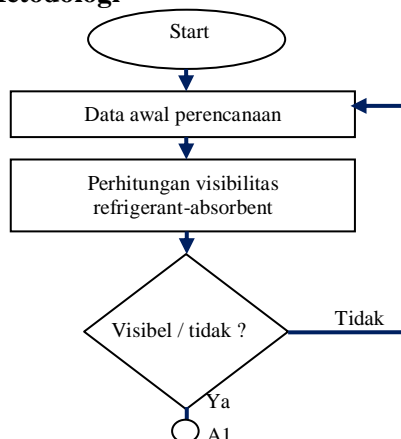
Kata kunci: Perancangan, Sistem Pendingin, Absorbsi, dan Kendaraan

## 1. Pendahuluan

Global warming yang terjadi saat ini mendorong pengembangan dan juga penggunaan sistem pendingin di era ini. Maka dari itu saat ini sistem pendinginan udara digunakan untuk berbagai macam keperluan, misalnya untuk industri, perkantoran, kendaraan, dan sebagainya. Saat ini sistem pendinginan yang mendominasi digunakan secara umum adalah sistem pendingin kompresi uap, begitu juga pada kendaraan. Dimana sistem pendingin ini memiliki beberapa kelemahan yaitu membuat kerja mesin semakin berat.

Maka untuk mengatasi kelemahan tersebut, dapat digunakan sistem pendingin absorbsi, selain dapat mengatasi kelemahan tersebut sistem ini juga dapat menggunakan energi panas yang terbuang sia-sia.

## 2. Metodologi



Gambar 1. Flow Chart Metodologi Perencanaan dan Perancangan

Data awal perencanaan membahas tentang data-data yang direncanakan untuk menentukan kondisi-kondisi pada sistem pendingin absorbsi. Dimana proses ini meliputi penentuan kendaraan, perencanaan kondisi sistem pendingin absorbsi, perencanaan fluida sistem pendingin absorbsi, perancangan sistem pendingin absorbsi, perencanaan komponen sistem pendingin absorbsi.

Perhitungan visibilitas refrigerant-absorber membahas kevisibilitas refrigeran absorbent yang digunakan. Dan kevisibilitas ini ditentukan dari nilai

konsentrasi yang didapat dari diagram konsentrasi masing-masing pasangan refrigerant-absorbent.

Perhitungan membahas perhitungan-perhitungan yang digunakan untuk merancang dan mengetahui nilai-nilai yang ada pada sistem pendingin absorpsi yang telah direncanakan, dan juga mengetahui seberapa besar beban kalor yang harus diatasi oleh sistem pendingin absorpsi ini.

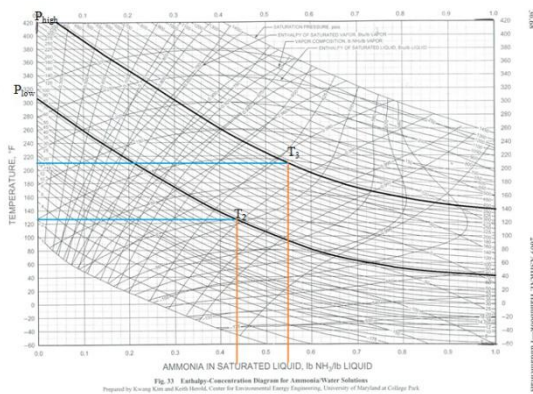
Design generator meliputi perencanaan generator, kalor yang dapat dihasilkan oleh design generator.

Analisa meliputi proses-proses analisa absorber, generator dan energi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

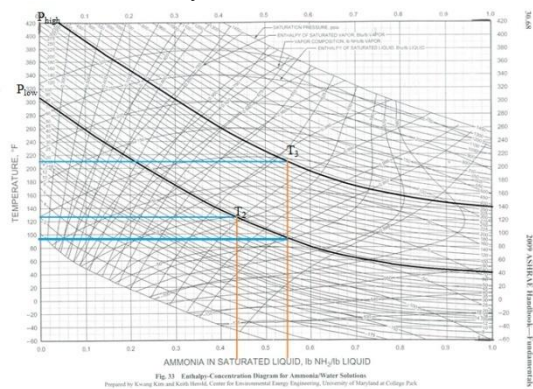
#### 3.1. Hasil Perhitungan Visibilitas Refrigerant-Absorbent

Pasangan refrigerant-absorbent NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O tidak visibel pada design untuk kendaraan panther ls 2001.



Gambar 2. Grafik pada diagram konsentrasi ammonia dalam larutan disertai dengan kondisi perencanaan

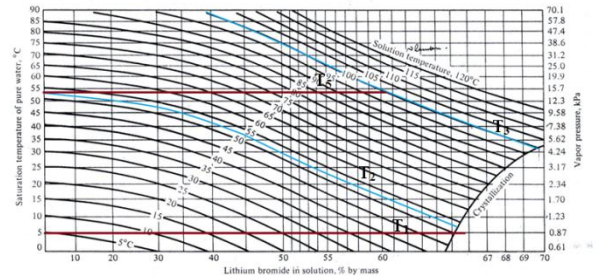
Kondisi pada Gambar 2. merupakan kondisi yang tidak visibel dikarenakan seharusnya kondisi konsentrasi absorber(T<sub>2</sub>) lebih tinggi (berada di sebelah kanan) dari kondisi generator (T<sub>3</sub>) dikarenakan absorber menerima masukan ammonia yang menambah konsentrasi larutannya.



Gambar 3. Grafik pada diagram konsentrasi ammonia dalam larutan disertai dengan kondisi perencanaan dan T<sub>min,2</sub>

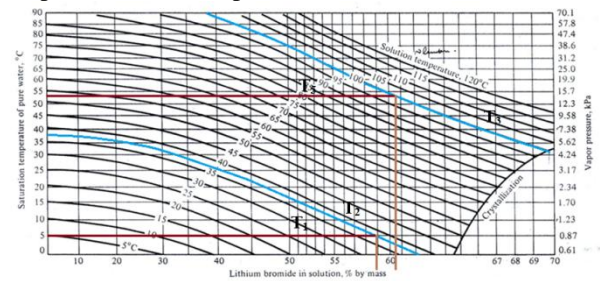
T<sub>min,2</sub> adalah temperature minimal dari absorber untuk dapat valid. Dan nilai T<sub>min,2</sub> adalah 31,467 °C yang artinya meskipun temperature absorber dirubah, NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O tetap tidak dapat visibel.

Pasangan refrigerant-absorbent H<sub>2</sub>O-LiBr visibel pada design untuk kendaraan panther ls 2001 dengan temperature absorber 38<sup>o</sup>C.



Gambar 4. Grafik pada diagram konsentrasi lithium bromide dalam larutan disertai dengan kondisi perencanaan

Kondisi pada Gambar 4. merupakan kondisi yang tidak visibel dikarenakan terbentuknya kristal pada temperature absorber perencanaan awal 53,3<sup>o</sup>C.



Gambar 5. Grafik pada diagram konsentrasi lithium bromide dalam larutan disertai dengan kondisi perencanaan yang telah diubah (T<sub>absorber</sub>=38 °C)

Kondisi pada Gambar 5. merupakan kondisi yang visibel untuk H<sub>2</sub>O-LiBr dikarenakan kondisi konsentrasi absorber(T<sub>2</sub>) lebih rendah (berada di sebelah kiri) dari kondisi generator (T<sub>3</sub>) dikarenakan absorber menerima masukan air yang membuat larutan keluaran absorber bertambah encer dan konsentrasi LiBr berkurang.

#### 3.2. Hasil Perhitungan Sumber Energi Kalor

$$\dot{Q}_{bb} = HV \times \dot{m}_{bb} \quad (1)$$

Sumber energi kalor adalah surface exhaust gas. Dimulai dari perhitungan kalor bahan bakar diatas lalu diperhitungkan 45%(panas konveksi exhaust gas dari pembakaran mesin) dari kalor bahan bakar. Karena mengambil energi kalor dari surface maka diperkirakan 10% dari panas exhaust gas dapat diambil dan menjadi sumber energi kalor. Dan dari perhitungan yang dilakukan didapat nilai 4,357 KWatt.

#### 3.3. Hasil Perhitungan Dimensi Kendaraan

Perhitungan untuk mengetahui nilai luasan pada kendaraan yang didasari hasil pengukuran panjang body kendaraan. Dan dari perhitugan luasan ini didapat Luasan atap sebesar 3,729 m<sup>2</sup>, Luasan body samping sebesar 2,191 m<sup>2</sup>, Luasan kaca samping sebesar luasan kaca depan sebesar 0,801 m<sup>2</sup>, dan luasan kaca belakang sebesar 0,702 m<sup>2</sup>. Dimana hasil luasan tersebut dipergunakan untuk perhitungan selanjutnya.

### 3.4. Hasil Perhitungan Coaling Load

Coaling Load terdiri dari Ambient Load, Solar Load, dan Metabolic load, Engine Load, dan Exhaust load,

$$\dot{Q} = U \times A \times \Delta T \quad (2)$$

Ambient Load diperhitungkan menggunakan persamaan diatas dan mendapatkan nilai 350,484 Watt.

$$\dot{Q}_{solar} = A \times SC \times SHGF \times CLF \quad (3)$$

Solar Load diperhitungkan menggunakan persamaan diatas dan dikarenakan nilai solar load berbeda-beda di suatu waktu dikarenakan arah sumber panas berbeda-beda maka diambil nilai terbesar yang dapat dihasilkan dari arah sumber panas tersebut.

Tabel 1. Hasil excel Perhitungan Solar Load

Arah	A	SC	SHGF	CLF	$\dot{Q}$
N	0,801	0,5	150	0,86	51,665
NE	0,801	0,5	540	0,24	51,905
E	0,801	0,5	680	0,22	59,915
SE	0,801	0,5	510	0,28	57,191
S	0,801	0,5	300	0,68	81,702
SW	0,801	0,5	510	0,75	153,191
W	0,801	0,5	680	0,53	144,340
NW	0,801	0,5	540	0,3	64,881

Dari tabel di atas ditentukan solar load adalah 153,191 Watt dari arah South West (SW)

Metabolic load didapat dari pembacaan tabel heat gain from occupant dikalikan jumlah manusia sesuai perencanaan dan didapat 520 Watt.

Engine Load 0 Watt dikarenakan terhalang oleh ketebalan dashboard pada kendaraan

Exhaust Load 0 Watt dikarenakan body kendaraan tidak bersentuhan langsung dengan pipa exhaust kendaraan.

Total Coaling load kendaraan Panther LS 2001 1,024 KWatt

### 3.5. Hasil Perhitungan Laju alir massa refrigerant

$$\dot{m}_{refrigerant} = \frac{\dot{Q}_{evaporator}}{q_{evaporator}} \quad (4)$$

Laju alir massa fluida refrigerant diperhitungkan menggunakan persamaan di atas dan mendapatkan nilai  $4,478 \times 10^{-4}$  Kg/s.

Nilai untuk laju alir massa fluida campuran absorbent dan laju alir massa fluida campuran non absorbent didapat dari hukum kekekalan massa dan kesetimbangan fluida campuran.

Laju alir massa fluida campuran absorbent  $1,646 \times 10^{-2}$  Kg/s.

Laju alir massa fluida campuran non absorbent  $1,691 \times 10^{-2}$  Kg/s.

### 3.6. Hasil Perhitungan Daya Pompa

$$\frac{\dot{Q}_{evaporator}}{W_{pump}} = \frac{T_r}{T_a - T_r} \quad (5)$$

Persamaan di atas digunakan untuk menentukan nilai pompa dan nilai dari daya pompa adalah 178 watt.

### 3.7. Hasil Perhitungan Kalor yang dibutuhkan generator

$$\dot{Q}_{generator} = \sum (\dot{m}_{out} \times h_{out}) - \sum (\dot{m}_{in} \times h_{in}) \quad (6)$$

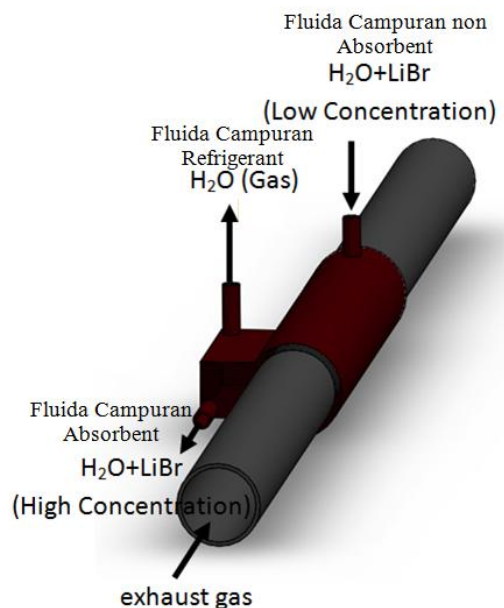
Persamaan di atas digunakan untuk menentukan nilai kalor yang dibutuhkan generator dari sistem pendingin absorpsi yang direncanakan dan nilai dari energi kalor tersebut adalah 3,203 KWatt.

### 3.8. Hasil Perhitungan COP

$$COP_{absorbition} = \frac{\dot{Q}_{evaporator}}{\dot{Q}_{generator}} \quad (7)$$

Persamaan di atas digunakan untuk menentukan nilai COP dari sistem pendingin absorpsi yang direncanakan dan nilai dari COP adalah 0,319

### 3.9. Hasil Design Generator

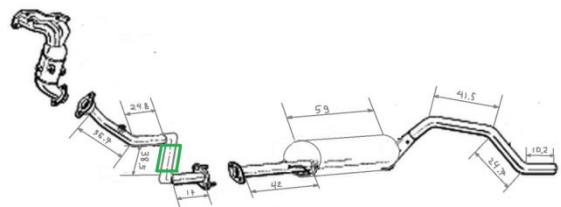


Gambar 6. Design Generator

Generator di design seperti gambar di atas pada bagian yang berwarna merah. Dimana diameter dari generator ditentukan dengan diameter dalam 0,052 m (sama dengan diameter luar surface exhaust pipe) dan diameter luar 0,006 m.

$$L_{generator} = \frac{Q_{generator}}{U \cdot \pi \cdot D_{in} \cdot \Delta T_{lm}} \quad (8)$$

Dan dari persamaan di atas didapat panjang yang dibutuhkan dari Generator adalah 183,2 cm.



Gambar 7. Dimensi Exhaust system Panther LS 2001 (dalam cm)

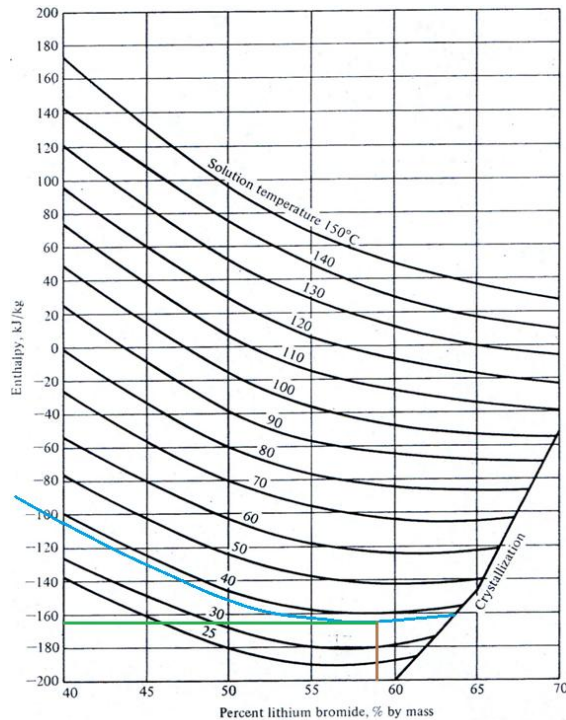
Dan panjang dari exhaust pipe yang ada pada Panther LS 2001 tidak dapat memenuhi kebutuhan panjang dari design generator.

### 3.10. Hasil Analisa

Dari analisa absorber diketahui bahwa perubahan



temperature absorber tidak berpengaruh banyak setelah dianalisa.



Gambar 8. Grafik pada diagram Enthalpy of LiBr- H<sub>2</sub>O solution dengan data analisa absorber

Dan dari proses analisa yang dilakukan didapat nilai temperatur absorber bila diperhitungkan dari kesetimbangan energi kalor sistem tertutup sebesar 38,043 °C.

Dari analisa generator diketahui kalor maksimum yang dapat diberikan surface exhaust pipe (dengan panjang maksimum yang ada pada surface exhaust pipe sebesar 42 cm) adalah 621,96 Watt. Dan nilai generator ini belum memenuhi kebutuhan energi kalor sistem pendingin absorpsi yang telah didesign.

Dari analisa energi bila kekurangan kebutuhan energi kalor diasumsi mendapatkan energi tambahan berupa heater, didapat input energi total untuk menjalankan design sistem absorpsi adalah 2,581 KWatt.

#### 4. Kesimpulan

1. Dari proses pendesignan sistem pendingin absorpsi yang telah dilakukan, sistem pendingin absorpsi NH<sub>3</sub>- H<sub>2</sub>O tidak dapat diaplikasikan pada kendaraan panther LS 2001 dikarenakan kesetimbangan konsentrasi dari sistem pendingin absorpsi tersebut tidak dapat memenuhi (tidak visibel) kesetimbangan konsentrasi yang dapat diaplikasikan pada kendaraan panther LS 2001.
2. Dari proses pendesignan yang telah dilakukan, sistem pendingin absorpsi lain yang dapat diaplikasikan pada kendaraan dan memenuhi kesetimbangan konsentrasi yang dibutuhkan pada kendaraan panther LS 2001 yaitu sistem pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O - LiBr. Dimana sistem pendingin absorpsi ini H<sub>2</sub>O - LiBr

membutuhkan perencanaan kondisi kembali dengan kondisi temperature absorber 38°C pada konsentrasi campuran non absorber setelah 58,92% LiBr dan konsentrasi campuran absorber 60,48% LiBr.

3. Dari design generator ternyata panjang dari generator yang dibutuhkan dari sistem pendingin yang telah direncanakan tidak dapat diaplikasikan pada kendaraan, karena panjang surface exhaust yang tersedia pada kendaraan tidak dapat memenuhi kebutuhan panjang dari design generator.
4. Dari analisa absorber nilai temperature absorber 38°C dapat terpenuhi.
5. Dari analisa design generator yang telah dilakukan ditemukan kalor maksimum yang dapat diberikan surface exhaust pipe adalah 621,96 Watt.

#### 5. Daftar Pustaka

1. Harijanto, Lukito Vincentius. *Perencanaan pengkondisian udara sistem absorpsi LiBr-H<sub>2</sub>O dengan memanfaatkan panas gas buang kendaraan*. Surabaya: Madison Square Press, 1997.
2. Stoecker, Wilbert F. dan Jones, Jerold W. *Refrigeration & Air Conditioning*. United State of America: McGraw-Hill, inc, 1982.
3. Bergman, Theodore L., et al. *Fundamental of heat and mass transfer*. United State of America: John Wiley & Sons, inc, 2011.
4. Ashrae hand book. *Fundamentals*. Atlanta : Ashrae, org, 2009.
5. Vaghela, Jignesh K. dan Kapadia, Ragesh G. "The load calculation of automobile air conditioning system". Journal IJEDR. 2, (1), 2014.
6. Kalogirou, Soteris., et al. "Design and construction of a lithium bromide-water absorption refrigerator". Napoli 2001 World Congress, Napoli, September 2001.
7. Khovakh, M. *Motor Vehicle Engine*. Moscow: Mir Publisher, 1971.
8. "40th Parallel North". *Wikipedia, Ensiklopedia Bebas*. Wikimedia Foundation, Inc. 18 Desember 2014. <[http://en.wikipedia.org/wiki/40th\\_parallel\\_north](http://en.wikipedia.org/wiki/40th_parallel_north)>.
9. Trollope, Anthony. *North America*. United State of America: Bernhard Tauchnitz, 1862.
10. Khavrus, V. dan Shelevytsky, I. "Geometry and the physics of seasons". *Physics Education*. 47, (6), 680, 2012.
11. Iskandar, Hikmat. *Klasifikasi jalaanseuaregulasi*. Kolokium Puslitbang Jalandan Jembatan TA, 2008.
12. "Classification of Carbon and Low-Alloy Steels". 1999-2010. <<http://www.keytometals.com/Articles/Art62.htm#>>.

13. "Automotive Applications". 2014. <<http://www.polyurethanes.org/en/where-is-it/automotive>>.
14. Grote, Karl-Heinrich. dan Antonsson, Erik K. *Springer Handbook of Mechanical Engineering*. United State of America: Springer Science + Business Media, 2009.
15. *Konsumsi bahan bakar*. <<http://hargaisuzuef-nkr.nhr.blogspot.com/2013/12/perbandingan-konsumsi-bahan-bakar-mobil.html>>.
16. Nnolim, BN. *Heat Convection in Fluids*. Enugu State: Cecta(NIG)Limited, 1998.
17. *Person and metabolic heat gain*. <[http://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d\\_706.html](http://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d_706.html)>.
18. *Thermal conductivity of some common materials and gases*. <[http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d\\_429.html](http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html)>.
19. Shah, Ramesh K. dan Sekulic, Dusan P. *Fundamentals of heat exchanger design*. Canada: John Wiley & Sons, inc, 2003.
20. *Parallel flow and counter flow design*. <[http://www.engineersedge.com/heat\\_transfer/parallel\\_counter\\_flow\\_designs.htm](http://www.engineersedge.com/heat_transfer/parallel_counter_flow_designs.htm)>.
21. Radermacher, Reinhard. dan Hwang, Yunho. *Vapor Compression Heat Pumps with refrigerant mixture*. Boca rator: CRC Press, 2005.
22. Gorp, Lynn Van. *Antonio Lavoisier: and His impact on Modern Chemistry*. Mankanto: Capstone, 2009.
23. Bennet, Sean. *Medium/Heavy Duty Truck Engines, Fuel & Computerized Management Systems*. United State of America: Nelson Education, Ltd, 2013.
24. Onnursal, Bekir. dan Gautam, Surhid Lynn Van. *Vehicular air polution*. Washington, D .C: THE WORLD BANK, 1997.
25. *Alluminium Corrothion Resistance*. 2014. <<http://www.aluminiumdesign.net/design-support/aluminium-corrosion-resistance/#toc-aluminium-in-water>>.
26. Yuswandi ,Azis. *Pengujian untuk kerja sistem ac mobil statik eksperimen menggunakan refrigeran cfc-12 dan hfc 134a dengan variasi putaran (RPM) Kompresor*. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, 2007.