

STUDI PERBANDINGAN ENERGI BAHAN BAKAR GASOLINE DENGAN BAHAN BAKAR GAS (CNG) PADA KENDARAAN BERMOTOR

Septian Saputrah¹, Ozkar Firdausi Homzah², Ambo Intang¹

¹Teknik Mesin, Universitas Taman Siswa Palembang, ²Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu, Palembang, Indonesia

E-mail: ozkar_firdaus_unsri@yahoo.com

ABSTRAK

Populasi kendaraan di Indonesia yang berbahan bakar minyak (BBM) setiap tahunnya semakin meningkat sedangkan cadangan minyak sendiri semakin menipis. Kenaikan pemakaian BBM untuk kendaraan tersebut menyebabkan subsidi BBM dan polusi udara juga akan meningkat. Tingginya Harga minyak mentah, menyebabkan pemerintah harus memberikan subsidi BBM. Untuk mengatasi hal tersebut di perlukan bahan bakar alternative yang ramah lingkungan dan lebih efisiensi sebagai pengganti BBM untuk kendaraan. Salah satu bahan bakar alternative tersebut adalah bahan bakar gas (BBG). Dari pemakaian BBG sudah banyak dilakukan kajian yang memberikan kesimpulan bahwa banyak memberikan keuntungan, yaitu pengurangan pemakaian BBM yang juga memberikan pengurangan subsidi BBM dan pengurangan emisi bahan bakar. Bagi pengguna akan memberikan keuntungan Karena harga BBG lebih murah di banding harga BBM. Hasil perhitungan perbandingan antara Gasoline dan Gas dengan menggunakan tipe kendaraan bermotor (mobil) diketahui performa mesin yaitu daya indikator pada mesin berbahan bakar gas lebih kecil 2% sampai 5% di banding dengan mesin berbahan bakar gasoline akan tetapi pemakaian bahan bakar gas lebih efisien sampai dengan 10 % dibanding dengan bahan bakar gasoline.

Kata kunci : Mobil, Alat Converter Kit, daya indicator, konsumsi bahan bakar.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan permintaan energi untuk sektor transportasi dari tahun ke tahun terus meningkat diberbagai kawasan, di mana bahan bakar merupakan jenis energi yang masih sangat dominan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Perkembangan perekonomian yang terjadi di suatu Negara secara signifikan berdampak kepada naiknya konsumsi bahan bakar minyak untuk sektor transportasi. Berbagai kendala masih menjadi hambatan dalam pengembangan pemanfaatan energi non minyak di sektor transportasi di berbagai Negara yang pada akhirnya menjadikan harga energy non minyak untuk sektor ini menjadi tidak kompetitif dibandingkan dengan harga bakar minyak. Salah satu energi alternatif yang dikembangkan untuk sektor transportasi adalah bahan bakar CNG (*Compressed Natural Gas*) yang berasal dari gas alam.

Pengembangan teknologi CNG ini merupakan salah satu upaya untuk melakukan diversifikasi dan

konversi energi meningkat semakin menipisnya cadangan minyak bumi. Beberapa keuntungan dari pemanfaatan CNG, di samping ramah lingkungan, mesin lebih awet dan bersih, harga BBG murah dengan oktan mencapai 120. Namun di dalam perkembangannya, pemanfaatan CNG yang syarat dengan teknologi menjadi hambatan bagi kemajuan pemanfaatan CNG sehingga program ini belum dapat berjalan sebagaimana yang diharapkan.

Hambatan tersebut diterima baik oleh produsen/supplier gas maupun konsumen. Dari sisi produsen/supplier gas, masalah yang muncul antara lain investasi peralatan kompresor yang relatif mahal dan masih diimport, jumlah SPBG terbatas, margin yang kurang menarik bagi investor. Sedangkan disisi konsumen hambatan yang timbul antara lain keterbatasan SPBG (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas), harga *Conversion kit* BBG yang relatif mahal dan kapasitas ruang bagasi kendaraan

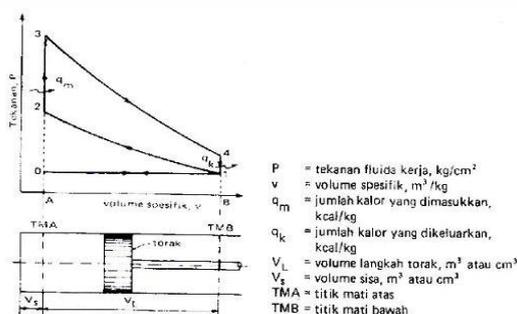
menjadi kurang dengan adanya tangki BBG dan kekhawatiran terjadinya ledakan tangki BBG.

Pengembangan CNG merupakan salah satu alternatif penyelarasan Program Kebijakan Pemerintah yang tertuang dalam Program Perencanaan Nasional (Propenas) 2000-2004 . Tujuan yang hendak dicapai melalui penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan efisiensi energi dari bahan bakar gasoline dengan bahan bakar gas (CNG). Hasil analisa dengan menggunakan alat kromatografi gas sangat diperlukan untuk mengetahui komposisi gas. Dari komposisi gas dapat ditetapkan sifat-sifat fisik gas alam lainnya antara lain *methane number*, *motor octane number*, nilai kalor, dan *relatif density*.

2. Landasan Teori

Motor bakar torak adalah motor bakar yang menggunakan silinder dan di dalamnya terdapat torak atau piston yang bergerak secara translasi. Di dalam silinder ini atau ruang bakar yang terletak di kepala silinder akan terjadi proses pembakaran antara bahan bakar dan udara. Energi thermal hasil dari pembakaran ini akan menggerakkan torak yang dihubungkan ke poros engkol dengan batang penghubung.

Pada umumnya untuk menganalisa motor bakar bensin dipergunakan dalam silinder dan percikan bunga api sehingga terjadi penyalaaan. Berikut ini gambar diagram volume konstan dengan grafik P vs V.



Gambar 1. Diagram Tekanan terhadap Volume Konstan

Pada gambar 1 menjelaskan tentang sifat ideal yang dipergunakan serta keterangan mengenai proses siklusnya adalah sebagai berikut (Wiranto, Arismunandar, 1983);

- 1) FLuida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
- 2) Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
- 3) Langkah kompresi (1-2) ialah proses insentropik.
- 4) Proses pembakaran volume-konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume-konstan.
- 5) Langkah kerja (3-4) ialah proses inseptropik.
- 6) Proses pembuangan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume-konstan.
- 7) Langkah buang (1-6) ialah proses tekanan-konstan
- 8) Siklus dianggap tertutup, artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama.

Parameter perhitungan performansi dan Efisiensi pemakaian bahan bakar pada motor bakar, meliputi:

2.1. Tekanan efektif rata-Rata (*mep*)

Selama siklus berlangsung, temperatur dan tekanannya selalu berubah – ubah. Oleh karena itu sebaiknya dicari harga tekanan tertentu (konstan) yang apabila mendorong torak sepanjang langkahnya dapat menghasilkan kerja persiklus yang sama dengan siklus yang dianalisis. Tekanan tersebut dinamai tekanan efektif rata – rata (*mep*) yang diformulasikan sebagai berikut (Wiranto, Arismunandar, 1983):

$$mep = \frac{W_{net}}{V_d} \quad (1)$$

dimana :

mep = tekanan efektif rata – rata (kPa)

V_d = volume langkah torak (m³)

W_{net} = kerja netto dalam satu siklus (kJ)

2.2. Daya Indikator (\dot{W}_i)

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder (Willard W. Pulkrabek, 2003).

$$\dot{W}_i = \frac{W_{nett} \times N}{n} \quad (2)$$

dimana :

\dot{W}_i = daya indikasi (kW)

N = putaran mesin (putaran/detik)

n = jumlah putaran dalam satu siklus, untuk empat tak, $n = 2$ (putaran/siklus)

2.3. Konsumsi bahan bakar (Sfc)

Konsumsi bahan bakar didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dikonsumsi persatuan unit daya yang dihasilkan perjam operasi. Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar (Willard W. Pulkrabek, 2003);

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{\dot{W}_b} \dots\dots \quad (3)$$

$$mf = \frac{mf \times N \times \text{jumlah silinder}}{n}$$

dimana :

sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (g r/kwh)

\dot{m}_f = laju aliran rata-rata bahan bakar (kg/detik)

mf = massa bahan bakar (kg)

m_a = massa udara (kg)

2.4. Efisiensi thermal (η_{th})

Efisiensi termal suatu mesin didefinisikan sebagai perbandingan antara energi keluaran dengan energi kimia yang masuk yang dikandung bahan bakar dalam bentuk bahan bakar yang dihisap

ke dalam ruang bakar. Efisiensi termal sesuai definisinya merupakan parameter untuk mengukur efisiensi bahan bakar (Willard W. Pulkrabek, 2003):

$$\eta_{th} = 1 - (T_1/T_2)$$
$$\eta_{th} = \frac{W_{nett}}{Q_{in}} \quad (4)$$

Dimana :

η_{th} = efisiensi termal

2.5. Efisiensi mekanis (η_m)

Besarnya kerugian daya diperhitungkan dalam efisiensi mekanis yang dirumuskan sebagai berikut, (Willard W. Pulkrabek, 2003):

$$\eta_m = \frac{\dot{W}_b}{\dot{W}_i} \quad (5)$$

dimana :

η_m = efisiensi mekanis

2.6. Efisiensi volumetrik (η_v)

Efisiensi ini didefinisikan sebagai perbandingan antara massa udara yang masuk karena dihisap torak pada langkah hisap dan massa udara pada tekanan dan temperatur atmosfer yang dapat dihisap masuk kedalam volume sapuan yang sama (Willard W. Pulkrabek, 2003):

$$\eta_v = \frac{m_a}{\rho_a V_d} \quad (6)$$

dimana:

η_v = efisiensi volumetrik

ρ_a = massa jenis udara (kg/m^3)

3. Metodologi Penelitian

Untuk memperoleh data yang diinginkan, maka penelitian ini dilaksanakan di Astra Daihatsu Motor Training Center Palembang . Proses pengambilan data dilakukan sebanyak 1 kali untuk 2 jenis bahan bakar, gas dan gasoline (Data sheet dari PT.Astra Daihatsu Motor, 2014) pada tabel 1. Pengambilan data dilakukan pada bulan April 2014.

Data yang telah diambil menggunakan alat *converter kit*, untuk mendapatkan data torsi untuk tiap putaran mesin.

Metode yang digunakan adalah deskriptif analitis, karena penelitian ini bertujuan mendeskripsikan data yang diperoleh baik dari rujukan maupun dari lapangan yang kemudian dianalisis. Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data didapat dari tempat pengujian di Astra Daihatsu Motor Training Center Palembang dan sumber yang terkait.

Tabel 1. Data Spesifik Mobil Daihatsu

Data	Satuan	3SZ-VE DOHC VVT-i Berpendingin air
Kapasitas silinder	(cc)	1495
Jumlah katup		16
Diameter x langkah	(mm)	72.0 x 91.8
Tenaga maksimum	(ps/rpm)	109/6000
Torsi maksimum	(kg – Nm/rpm)	14.4/4.400
Sistem bahan bakar		EFI (Electronic Fuel Injection)
Jenis bahan bakar		Bensin Tanpa Timbal
Kapasitas tangki bahan bakar	(Liter)	45
Rasio Kompresi		10:1

3.1. Alat Converter Kit

Pada mesin menggunakan bahan bakar gas terdapat komponen yang tidak terdapat pada mesin bensin, diantaranya :

- 1) Tabung bahan bakar gas (*CNG Cylinder*).
- 2) High pressure pipe (*Tubing*).
- 3) Pecampur bahan bakar (*Mixer/injector*).
- 4) Sambungan pengisian (*Filling valve*).
- 5) Alat emutus otomatis (*Solenoid valve*).

- 6) Peralatan control tekanan gas (*Pressure gauge*).
- 7) Tombol penggantian bahan bakar dan indikator volume bahan bakar gas elektronik (*Selector Switch*).

Sistem kerja dari *converter kit*, bahan bakar gas diisi ke tabung melalui *filling system* atau disebut juga *filling valve* dengan tekanan 200 bar (*Data sheet* dari PT. Pertamina Gas Area SumBagSel, 2014). Kemudian dari tabung penyimpanan Gas dialirkan melalui pipa tekanan tinggi (*High Pressure Pipe*), kemudian menuju regulator (*gas reducer*) untuk diturunkan tekanan gas. Setelah diturunkan tekanan gas tersebut mengalir menuju gas valve (*injector*) dan dikontrol oleh gas kontrol (*electronic computer unit*) kemudian mengalir ke dalam intake manifold dan selanjutnya masuk ke dalam ruang bakar.

Komponen *converter kit* merupakan gabungan dalam satu perangkat peralatan maupun terpisah. Secara garis besar fungsi dari komponen peralatan diatas sebagai berikut :

3.1.1. Regulator

Regulator ini berfungsi untuk menurunkan tekanan dari tangki penyimpanan BBG yang bertekanan tinggi sehingga tekanan yang masuk ke ruang bakar sesuai dengan kebutuhan kendaraan tersebut.

3.1.2. Solenoid Valve

Solenoid Valve yang mampu bekerja pada berbagai macam fluida, seperti gas, uap, air, udara, dan lain-lain yang berfungsi sebagai membuka penutup aliran gas.

3.1.3. Pressure Gauge

Pressure gauge berfungsi sebagai alat petunjuk tekanan gas yang berada di tabung/tangki sampai ke regulator.

3.1.4. Injector

Injector berfungsi sebagai alat pencampur gas dengan udara sebelum masuk ke dalam intake manifold dan masuk ke dalam ruang bakar.

3.1.5. Selector Switch

Berfungsi sebagai indikator untuk mengganti atau berpindah bahan bakar dan sebagai indikator volume gas pada cylinder (tangki penyimpanan).

3.1.6. CNG Cylinder

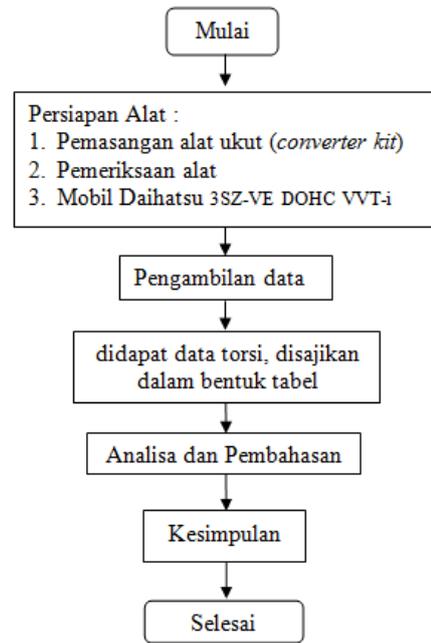
Berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas dengan tekanan 200-250 bar.

3.1.7. High Pressure Pipe (Tubing)

Berfungsi sebagai alat penyaliran gas tekanan tinggi dari cylinder ke regulator.

3.2. Diagram Alir

Gambar 2, mengilustrasikan dari awal penelitian dilakukan persiapan alat, dimana alat yang disiapkan adalah *Converter kit*. Pemasangan converter kit berfungsi agar dapat menggunakan bahan bakar gas (BBG). Kemudian melakukan pengambilan data torsi untuk kedua jenis bahan bakar gas dan gasoline pada putaran mesin 1500 rpm hingga 7000rpm, seperti pada tabel 2 (*Data sheet* dari PT.Astra Daihatsu Motor, 2014). Lalu pengolahan data dengan cara melakukan perhitungan dengan menetapkan nilai kalor atau persenyawaan kimia dari gasoline dan gas, kemudian menghitung daya mekanis penggunaan bahan bakar. Kemudian menganalisa hasil yang didapat dan membandingkan pemakaian antara dua bahan bakar ini, dan menyimpulkan hasil yang didapat dan selesai.



Gambar 2. Diagram alir Penelitian

Tabel 2. Data torsi terhadap putaran mesin

Putaran Mesin (RPM)	Torsi (N/m) Bahan Bakar Gasoline	Torsi (N/M) Bahan Bakar gas (CNG)
1500	118,4	114,4
2000	124,0	120,0
2500	131,2	128,2
3000	139,2	133,5
3500	145,7	138,8
4000	142,2	135,8
4500	141,4	134,4
5000	140,5	135,6
5500	136,2	130,2
6000	132,2	124,3
6500	121,4	113,2
7000	108,0	104,2

3.3. Perhitungan Daya, Konsumsi Bahan Bakar dan Efisiensi untuk Bahan bakar gas dan Gasoline

3.3.1 Bahan Bakar Gasoline

1) Tekanan efektif rata-rata

Didefinisikan sebagai suatu tekanan yang dibayangkan bekerja pada permukaan piston pada langkah kerja.

Dengan nilai kalor $W_{net} = 0,7941733 \text{ kJ}$ dan besarnya volume langkah (V_d) = 0,0003735 m³, maka besarnya tekanan efektif rata-rata adalah :

$$mep = \frac{0,7941733}{0,0003735} = 2117,7954666 \text{ kPa.}$$

2) Daya indikator

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder. Besarnya harga daya indikator (W_i), pada putaran 3500 RPM dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W_i = \frac{0,7941733 \times \frac{3500}{60}}{2}$$

Untuk 4 silinder

$$= 23,1633747 \text{ kW} \times 4$$

$$= 92,6534987 \text{ kW}$$

3) Konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc)

Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar merupakan indikasi efisiensi dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar. Laju aliran bahan bakar sebesar 0,00001836 kW, dan daya poros sebesar 0,0000334 kW maka konsumsi bahan bakar spesifik pada putaran 3500 RPM diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} sfc &= 0,0000334 \times \frac{3500}{60} \times 0,5 \times 4 \\ &= 0,00007300578 \text{ kg/kw-detk} \\ &= 262,81994 \text{ gram/kw-jam} \end{aligned}$$

4) Efisiensi Thermal

Efisiensi ini merupakan indikasi sesungguhnya dari konversi input termodinamika menjadi kerja mekanis :

$$\begin{aligned} \eta_{th} &= \frac{0,7941733}{1,4372354} \\ &= 0,5525701 \\ &= 55,257 \% \end{aligned}$$

5) Efisiensi mekanis

Merupakan perbandingan antara daya poros (W_b) dengan daya indikator (W_i). Dengan daya poros (W_b) sebesar 53,3747361 kW dan daya indikator (W_i) sebesar 92,6534987 kW, maka besarnya efisiensi mekanis dapat diketahui dengan persamaan matematika sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta_m &= \frac{53,3747361}{92,6534987} \\ &= 0,5760682 \\ &= 57,607\% \end{aligned}$$

6) Efisiensi Volumetrik

Merupakan indikasi sejauh mana volume satuan (*swept volume*) mesin tersebut dapat terisi kerja. Dengan massa udara sebesar 0,0004512 kg, densitas udara 1,208106 kg/m³, dan besar volume langkah 0,0003735 m³, maka efisiensi volumetric dapat dihitung dengan rumusan matematika sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta_v &= \frac{0,0004512}{1,208106 \times 0,0003735} \\ &= 0,9960264 \\ &= 99,60 \% \end{aligned}$$

3.3.2 Bahan Bakar Gas

1) Tekanan efektif rata-rata

Didefinisikan sebagai suatu tekanan yang dibayangkan bekerja pada permukaan piston pada langkah kerja, Dengan nilai kalor $W_{net} = 0,4535213 \text{ kJ}$ dan besarnya volume langkah (V_d) = 0,0003735 m³, maka besarnya tekanan efektif rata-rata adalah :

$$mep = \frac{-0,4535213}{0,0003735} = 1214,2471213 \text{ kPa.}$$

2) Daya indikator

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis

perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder. Besarnya harga daya indikator (W_i), pada putaran 3500 RPM dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W_i = \frac{0,4535213 + \frac{3500}{60}}{2}$$

$$\begin{aligned} &\text{Untuk 4 silinder} \\ &= 13,2276970 \text{ kW} \times 4 \\ &= 52,910778 \text{ kW} \end{aligned}$$

3) Konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc)

Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar merupakan indikasi efisiensi dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar. Laju aliran bahan bakar sebesar 0,00001836 kW, dan daya poros sebesar 50,8470376 kW maka konsumsi bahan bakar spesifik pada putaran 3500 RPM diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} sfc &= 0,00001836 \times \frac{3500}{60} \times 0,5 \times 4 \\ &= 0,0000421 \text{ kg/kw-detik} \\ &= 151,56 \text{ gram/kw-jam} \end{aligned}$$

4) Efisiensi Thermal

Efisiensi ini merupakan indikasi sesungguhnya dari konversi input termodinamika menjadi kerja mekanis :

$$\begin{aligned} \eta_{th} &= \frac{0,453213}{0,89335594} \\ &= 0,5073151 \\ &= 50,7315147 \% \end{aligned}$$

5) Efisiensi mekanis

Merupakan perbandingan antara daya poros (W_b) dengan daya indikator (W_i). Dengan daya poros (W_b) sebesar 50,8470376 kW dan daya indikator (W_i) sebesar 52,9107780 kW, maka

besarnya efisiensi mekanis dapat diketahui dengan persamaan matematika sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta_m &= \frac{52,9107780}{55,7107780} \\ &= 0,9609958 \\ &= 96,09\% \end{aligned}$$

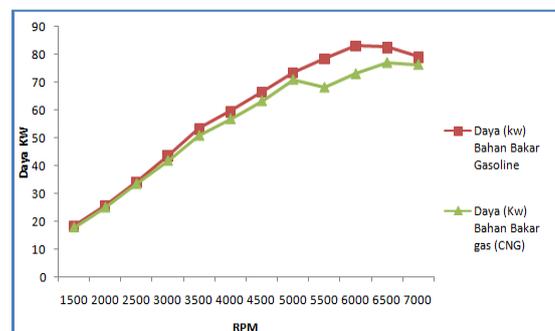
6) Efisiensi Volumetrik

Merupakan indikasi sejauh mana volume satuan (*swept volume*) mesin tersebut dapat terisi kerja. Dengan massa udara sebesar 0,0002479 kg, densitas udara 0,66936 kg/m³, dan besar volume langkah 0,00003735 m³, maka efisiensi volumetric dapat dihitung dengan rumusan matematika sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta_v &= \frac{0,0002479}{0,66936 \times 0,0003735} \\ &= 0,9916 \\ &= 99,16\% \end{aligned}$$

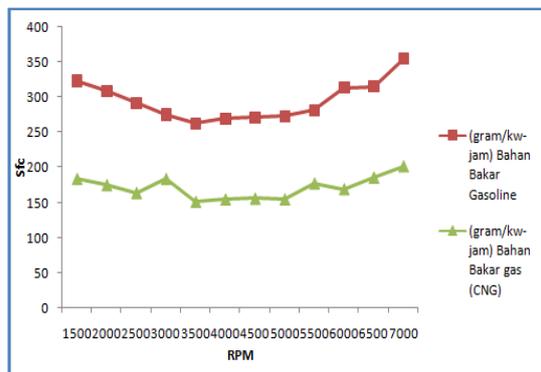
4. Hasil dan Pembahasan

Dari Grafik Daya (KW), gambar 3 mengilustrasikan dengan putaran berpariasi mulai dari 1500 rpm sampai 7000 rpm menunjukkan bahwa setiap putaran 1500 sampai putaran 7000 rpm mengalami penurunan Daya antara mobil yang menggunakan bahan bakar gasoline dengan mobil yang menggunakan bahan bakar gas (CNG).



Gambar 3. Hasil Perbandingan Daya Keluaran (kW) vs varian putaran mesin (RPM) untuk Bahan bakar gas dan Gasoline

Dari gambar 4, menunjukkan grafik konsumsi bahan bakar SfC (gram /KW –jam) diatas didapat hasil data analisa perbandingan, dengan putaran bervariasi mulai dari 1500 rpm sampai 7000 rpm menunjukkan bahwa setiap putaran 1500 sampai putaran 7000 rpm mengalami penurunan penggunaan bahan bakar yang cukup baik antara mobil yang menggunakan bahan bakar gasoline dengan mobil yang menggunakan bahan bakar gas (CNG).



Gambar 4. Hasil Perbandingan Konsumsi bahan bakar (sfc) vs varian putaran mesin (RPM) untuk Bahan bakar gas dan Gasoline

5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan pada kendaraan bermotor (mobil Daihatsu), dilihat dari gambar 3 dan 4. Pemakaian bahan bakar Gas lebih efisien sampai dengan 10% di banding dengan bahan bakar Gasoline. Daya keseluruhan (kW) pada mesin berbahan bakar Gas lebih kecil 2% sampai 5% dibanding bahan bakar gasoline. Nilai ini menunjukkan performa mesin gas tidak sebaik dari mesin berbahan bakar Gasoline.

DAFTAR PUSTAKA

- Willard W. Pulkrabek; 2003. *Engineering Fundamentals Of Internal Combuction; 2nd edition*; Prentice Hall,.
- Moran, Michael J, and Shapiro N. Howard. 2004. *Termodinamika Teknik Jilid 2*, Edisi keempat, Jakarta:Erlangga
- William C Reynolds, Henry C Perkins, 1983; *Termodinamika Teknik Jilid kedua*, Jakarta: Erlangga, 1994.
- Wiranto, Arismunandar. 1983. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, ITB, .
- Wylen, Gordon Van. 1994. *Fundamental of Classical Thermodynais*,.
- PT. Astra Daihatsu Motor Training Center, 2010.
- Data sheet dari PT.Astra Daihatsu Motor, diambil pada bulan April 2014.
- Data sheet dari PT. Pertamina Gas Area SumBagSel, diambil pada bulan April 2014.