

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Dari penelitian didapat hasil

Tabel 4.1 Hasil konsumsi bahan bakar pertamax plus pada masing-masing beban saat pengujian malam

Parameter	pengujian malam			
	tanpa beban	beban 10 kg	beban 20 kg	beban 30 kg
Volume tangki awal (ml)	100	100	100	100
Temperatur BB awal ($^{\circ}$ C)	26,7	26,8	26,8	26,8
Penambahan BB (ml)	64,1	68,1	72,1	77,1
Temperatur BB penambah ($^{\circ}$ C)	26,4	25,8	26,0	26,4
Volume tangki akhir (ml)	100	100	100	100
Temperatur BB campuran ($^{\circ}$ C)	26,4	25,8	25,8	26,3
Jarak tempuh (km)	1,532	1,532	1,532	1,532
Konsumsi BB (km/l)	24,159	22,749	21,504	20,100

Tabel 4.2 Hasil konsumsi bahan bakar pertamax plus pada masing-masing beban saat pengujian siang

Parameter	pengujian siang			
	tanpa beban	beban 10 kg	beban 20 kg	beban 30 kg
Volume tangki awal (ml)	100	100	100	100
Temperatur BB awal ($^{\circ}$ C)	31,6	31,6	31,5	31,6
Penambahan BB (ml)	61,9	64,5	69,2	74,4
Temperatur BB penambah ($^{\circ}$ C)	31,3	31,5	31,5	31,4
Volume tangki akhir (ml)	100	100	100	100
Temperatur BB campuran ($^{\circ}$ C)	31,5	31,4	31,5	31,4
Jarak tempuh (km)	1,532	1,532	1,532	1,532
Konsumsi BB (km/l)	25,145	24,123	22,494	20,931

Contoh perhitungan konsumsi bahan bakar pertamax plus adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki awal (ml)} & : 100 \text{ ml} \Rightarrow 100\text{ml} + ((100\text{ml} \times 0,00095/\text{C} \times \\ & (15^{\circ}\text{C}-26,7^{\circ}\text{C})) = 98,885 \text{ ml} \\ \text{Temperatur BB awal (}^{\circ}\text{C)} & : 26,7^{\circ}\text{C} \\ \text{Penambahan BB (ml)} & : 64,1 \text{ ml} \Rightarrow 64,1\text{ml} + ((64,1\text{ml} \times 0,00095/\text{C} \times \\ & (15^{\circ}\text{C}-26,4^{\circ}\text{C})) = 63,441 \text{ ml} \\ \text{Temperatur BB penambah (}^{\circ}\text{C)} & : 26,4^{\circ}\text{C} \\ \text{Volume tangki akhir (ml)} & : 100 \text{ ml} \Rightarrow 100\text{ml} + ((100\text{ml} \times 0,00095/\text{C} \times \\ & (15^{\circ}\text{C}-26,4^{\circ}\text{C})) = 98,914 \text{ ml} \\ \text{Temperatur BB campuran (}^{\circ}\text{C)} & : 26,4^{\circ}\text{C} \\ \text{Jarak tempuh (km)} & : 1,532 \text{ km} \\ \text{Konsumsi BB (km/l)} & : (1,532\text{km} \times 1000) / (63,441\text{ml} + (98,885\text{ml}- \\ & 98,914\text{ml})) = 24,159 \text{ km/l} = 32,87 \text{ km/kg} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil konsumsi bahan bakar LPG pada masing-masing beban saat pengujian malam

Parameter	pengujian malam			
	tanpa beban	beban 10 kg	beban 20 kg	beban 30 kg
Berat awal LPG (kg)	7,402	7,376	7,345	7,308
Berat akhir LPG (kg)	7,378	7,347	7,310	7,267
Selisih Berat (kg)	0,023	0,029	0,035	0,041
Selisih Volume (ml)	41,667	52,381	61,905	72,619
Jarak Tempuh (km)	1,532	1,532	1,532	1,532
Konsumsi BB (km/l)	36,768	29,247	24,748	21,096

Tabel 4.4 Hasil konsumsi bahan bakar LPG pada masing-masing beban saat pengujian siang

Parameter	pengujian siang			
	tanpa beban	beban 10 kg	beban 20 kg	beban 30 kg
Berat awal LPG (kg)	6,905	6,880	6,852	6,812
Berat akhir LPG (kg)	6,883	6,855	6,820	6,774
Selisih Berat (kg)	0,022	0,026	0,032	0,038
Selisih Volume (ml)	38,690	45,833	57,738	67,262
Jarak Tempuh (km)	1,532	1,532	1,532	1,532
Konsumsi BB (km/l)	39,596	33,425	26,534	22,777

Contoh perhitungan konsumsi bahan bakar LPG adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Propertis LPG dan Pertamina

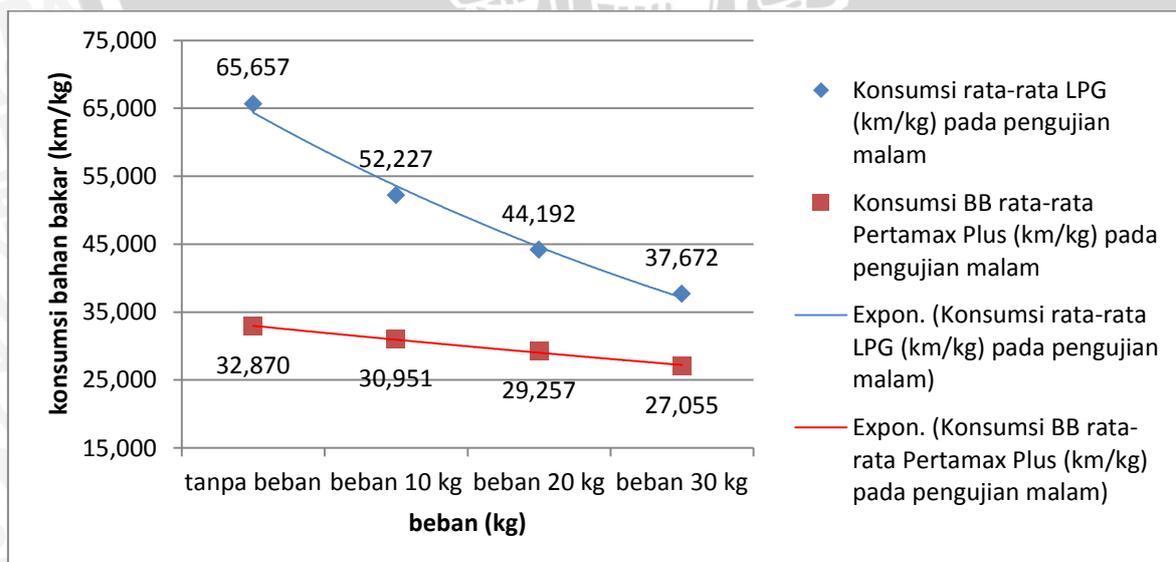
Property	LPG	Gasoline
Composition (vol.%)	30C ₃ H ₈ -70C ₄ H ₁₀	C ₇ H ₁₅
Lower heating value at 1 atm and 15 °C (MJ/kg)	45.7	43.5
Density at 1 atm and 15 °C (kg/m ³)	560 (liquid)	735 (liquid)
Flame speed (m/s)	0.382	0.375
Flammability limits (in air) (vol.%)	2.15-9.6	1.4-7.6
Research octane number	105	95
Auto ignition temperature (°C)	485-545	257
Stoichiometric A/F ratio	15.5	14.9

Sumber: Erkus, Baris dkk : 2013

Berat awal LPG (kg)	: 7,402 kg
Berat akhir LPG (kg)	: 7,378 kg
Selisih Berat LPG (kg)	: 0,023 kg atau 41,6 ml
Jarak tempuh (km)	: 1,532 km
Konsumsi BB (km/l)	: $(1000/41,6) \times 1,532 = 36,768 \text{ km/l} = 65,657 \text{ km/kg}$

4.2 Pembahasan

4.2.1 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar LPG dengan Pertamina Plus Pada Berbagai Tingkat Pembebanan Malam Hari



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar LPG dengan Pertamina Plus Pada Berbagai Tingkat Pembebanan Malam Hari

Grafik 4.1 menjelaskan tentang perbandingan konsumsi bahan bakar LPG dengan pertamax plus pada berbagai tingkat pembebanan pada malam hari. Dari grafik dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar LPG pada masing-masing pembebanan lebih hemat daripada bahan bakar pertamax plus. Konsumsi bahan bakar suatu kendaraan dipengaruhi oleh beban kendaraan itu sendiri, seiring dengan bertambahnya beban yang dibawa oleh kendaraan maka konsumsi bahan bakar akan meningkat. Konsumsi bahan bakar LPG secara berurutan dimulai dari tanpa pembebanan, beban 10 kg, beban 20 kg, beban 30 kg yaitu 65,657 km/kg; 52,227 km/kg; 44,192 km/kg; 37,672 km/kg. Sedangkan konsumsi bahan bakar pertamax plus secara berurutan dimulai tanpa pembebanan, beban 10 kg, beban 20 kg, beban 30 kg yaitu 32,870 km/kg; 30,951 km/kg; 29,257 km/kg; 27,055 km/kg.

Konsumsi bahan bakar LPG lebih hemat jika dibandingkan dengan pertamax plus, hal ini dikarenakan LPG mempunyai bentuk satu fase, berbeda dengan pertamax plus yang harus dirubah wujud dari cair ke gas agar bisa digunakan untuk menjalankan siklus pada *engine*. Sehingga dimungkinkan kualitas karburasi bahan bakar LPG lebih baik daripada pertamax plus yang mengakibatkan pembakaran pada bahan bakar LPG lebih baik, selain itu nilai kalor LPG lebih tinggi daripada pertamax plus.

Menurut Surbakty (1985:3), berikut ini adalah hubungan tingkat penguapan terhadap motor bakar :

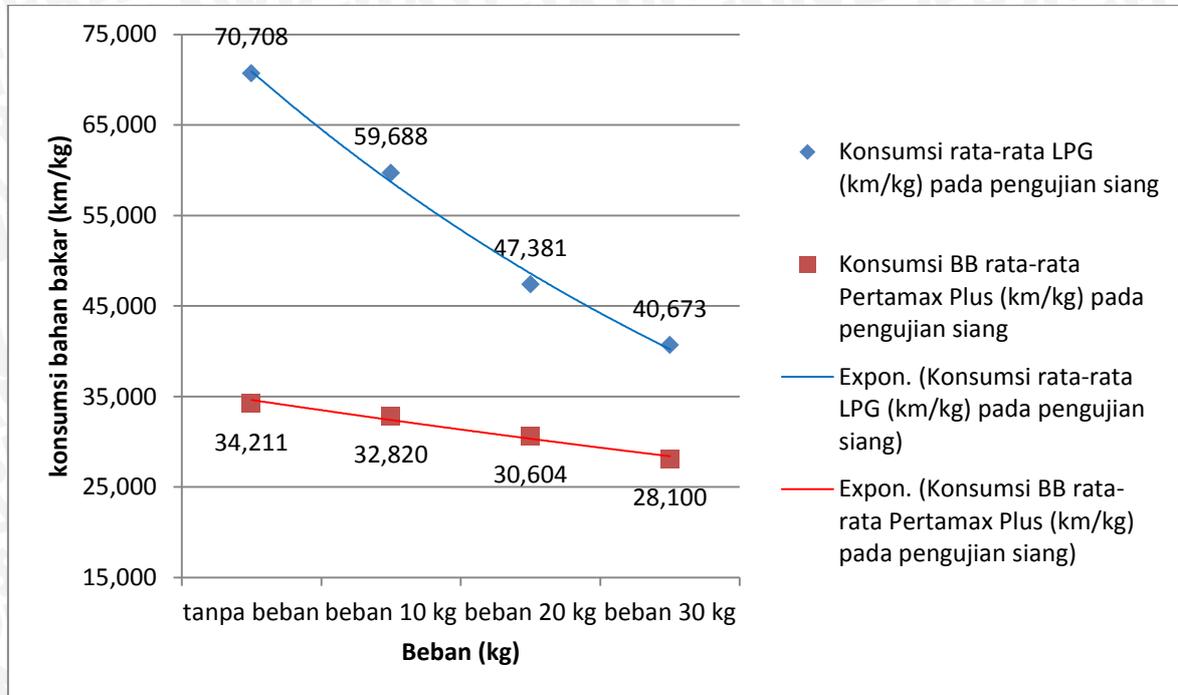
- a. Pemakaian bahan bakar yang efisien
- b. Starting motor lebih mudah meskipun saat udara lingkungan dingin
- c. Akselerasi yang halus
- d. Pemanasan motor lebih cepat
- e. Bebas dari pengotor pada ruang bakar

Konsumsi paling hemat pada masing-masing jenis bahan bakar terjadi pada tingkat pembebanan 0 kg atau tanpa beban dan konsumsi bahan bakar paling boros pada tingkat pembebanan 30 kg, dengan bertambahnya beban kendaraan maka konsumsi bahan bakar akan meningkat. Hal ini dikarenakan F_{traksi} atau gaya dorong kendaraan oleh motor penggerak akan meningkat untuk melawan gaya hambat seperti *rolling resistance*, dan sudut kemiringan trek. *Rolling resistance* adalah gaya hambat yang dikarenakan gesekan ban dengan jalan. Besarnya *rolling resistance* dipengaruhi oleh *massa* kendaraan (m), *koefisien rolling* (C_{rr}), dan sudut tanjakan (θ). Gaya hambat yang dikarenakan sudut kemiringan trek. Gaya hambat ini dipengaruhi oleh bobot kendaraan dan besar sudut kemiringan trek.

$$F_{rr} = C_{rr} \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) \quad (\text{Jeongwoo lee, 2009})$$

$$F_{grad} = m \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad (\text{Jeongwoo lee, 2009})$$

4.2.2 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar LPG dengan Pertamina Plus Pada Berbagai Tingkat Pembebanan Siang Hari



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar LPG dengan Pertamina Plus Pada Berbagai Tingkat Pembebanan Siang Hari

Grafik 4.2 menjelaskan tentang perbandingan konsumsi bahan bakar LPG dengan Pertamina Plus pada berbagai tingkat pembebanan pada siang hari. Dari grafik dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar LPG pada masing-masing pembebanan lebih hemat daripada bahan bakar Pertamina Plus. Konsumsi bahan bakar LPG secara berurutan dimulai dari tanpa pembebanan, beban 10 kg, beban 20 kg, beban 30 kg yaitu 70,708 km/kg; 59,688 km/kg; 47,381 km/kg; 40,673 km/kg. Sedangkan konsumsi bahan bakar Pertamina Plus secara berurutan dimulai tanpa pembebanan, beban 10 kg, beban 20 kg, beban 30 kg yaitu 34,211 km/kg; 32,820 km/kg; 30,604 km/kg; 28,100 km/kg.

Konsumsi bahan bakar LPG lebih hemat jika dibandingkan dengan Pertamina Plus terjadi tidak hanya pada pengujian malam hari, pada pengujian siang hari konsumsi bahan bakar LPG tetap lebih hemat dibandingkan dengan Pertamina Plus. Hal ini dikarenakan fase dari LPG itu sendiri yang mempunyai satu fase, berbeda dengan Pertamina Plus yang harus dirubah wujud dari cair ke gas agar bisa digunakan untuk menjalankan siklus pada *engine*.

Sehingga dimungkinkan pembakaran LPG lebih baik daripada pembakaran pertamax plus, selain itu nilai kalor LPG lebih tinggi daripada pertamax plus.

Menurut Surbakty (1985:3), berikut ini adalah hubungan tingkat penguapan terhadap motor bakar :

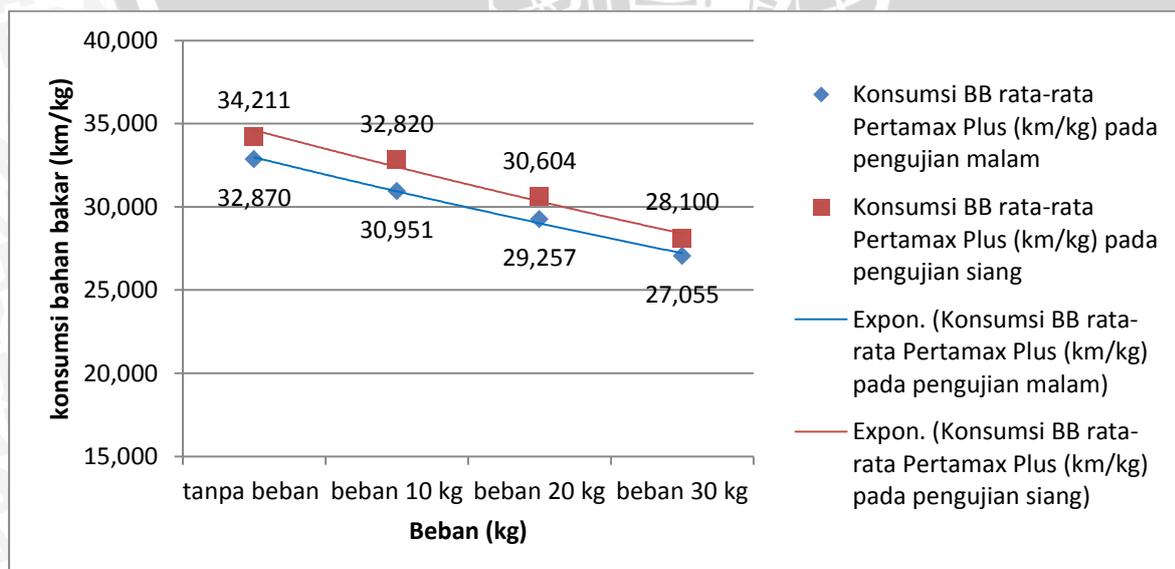
- Pemakaian bahan bakar yang efisien
- Starting motor lebih mudah meskipun saat udara lingkungan dingin
- Akselerasi yang halus
- Pemanasan motor lebih cepat
- Bebas dari pengotor pada ruang bakar

Konsumsi paling hemat pada masing-masing jenis bahan bakar terjadi pada tingkat pembebanan 0 kg atau tanpa beban. Hal ini dikarenakan F_{traksi} atau gaya dorong kendaraan oleh motor penggerak akan meningkat untuk melawan gaya hambat seperti *rolling resistance*, dan sudut kemiringan trek. *Rolling resistance* adalah gaya hambat yang dikarenakan gesekan ban dengan jalan. Besarnya *rolling resistance* dipengaruhi oleh *massa* kendaraan (m), *koefisien rolling* (C_{rr}), dan sudut tanjakan (θ). Gaya hambat yang dikarenakan sudut kemiringan trek.

$$F_{rr} = C_{rr} \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) \quad (\text{Jeongwoo lee, 2009})$$

$$F_{grad} = m \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad (\text{Jeongwoo lee, 2009})$$

4.2.3 Grafik Hubungan Tingkat Pembebanan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pertamax Plus Pada Pengujian Siang Dan Malam



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tingkat Pembebanan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pertamax Plus Pada Pengujian Siang Dan Malam

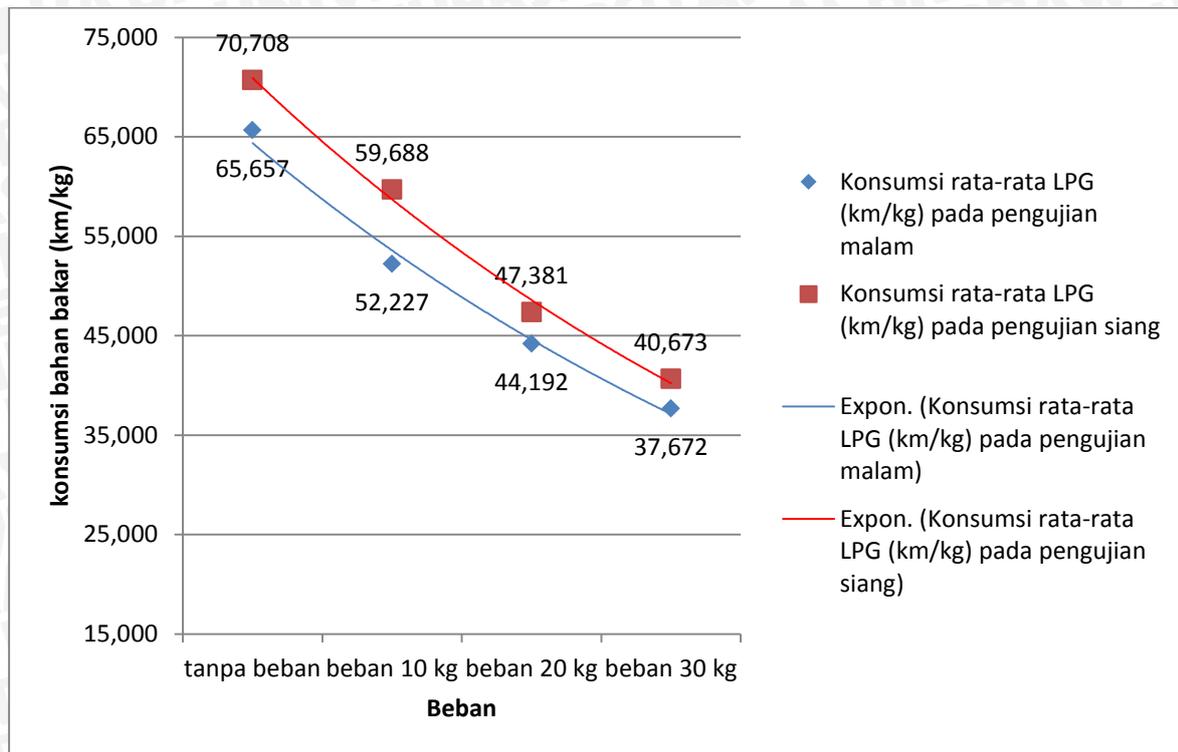
Grafik 4.3 menjelaskan hubungan tingkat pembebanan terhadap konsumsi bahan bakar pertamax plus pada kondisi pengujian siang dan malam. Dari grafik dapat dilihat bahwa pengujian pada siang hari didapat konsumsi bahan bakar pertamax plus yang lebih hemat daripada pengujian malam hari pada masing-masing beban. Konsumsi bahan bakar pertamax plus pada siang hari secara berurut yaitu 34,211 km/kg; 32,820 km/kg; 30,604 km/kg; 28,100 km/kg. Sedangkan konsumsi bahan bakar pertamax plus pada malam hari secara berurut yaitu 32,870 km/kg; 30,951 km/kg; 29,257 km/kg; 27,055 km/kg.

Konsumsi bahan bakar saat siang hari lebih hemat dibandingkan saat malam hari dikarenakan pembakaran saat siang hari lebih baik daripada malam hari. Pada pengujian malam hari yang memiliki suhu lingkungan rendah dan kelembaban udara tinggi akan memperbesar kerugian kalor pada engine, kelembaban udara yang tinggi akan menyerap panas hasil pembakaran saat engine melakukan siklus. Selain itu suhu lingkungan yang rendah akan memperbesar kerugian panas di dinding-dinding silinder.

Meningkatnya temperatur lingkungan akan mempengaruhi temperatur bahan bakar, dengan kenaikan temperatur bahan bakar dapat merubah pengkabutan suatu bahan bakar yang lebih baik dan hal ini dapat mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan di ruang bakar. Berbeda saat pengujian malam hari yang suhu ambientnya rendah dan kelembaban yang tinggi hal ini akan berakibat buruk pada proses penguapan bahan bakar di karburator dan proses pembakaran di ruang bakar. Apabila proses penguapan di karburator buruk tentu akan mempersulit proses pembakaran di dalam silinder, hal ini ditambah dengan kelembaban udara yang tinggi saat malam hari, tentu akan memperburuk proses pembakaran. Hal ini ditandai dengan elektroda busi yang basah saat pengujian malam hari karena proses pembakaran yang buruk.

Volatility adalah kemampuan bahan bakar berubah dari fase cair ke fase gas. Jika suatu bahan bakar tidak cukup untuk melakukan penguapan (*volatility*) maka mesin akan susah menyala, kejadian seperti ini biasanya terjadi pada suhu yang rendah (*low temperature ambient*), hal ini yang menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat (Richard Stone, Introduction to Internal Combustion Engine).

4.2.4 Grafik Hubungan Tingkat Pembebanan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar LPG Pada Pengujian Siang Dan Malam



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Tingkat Pembebanan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar LPG Pada Pengujian Siang Dan Malam

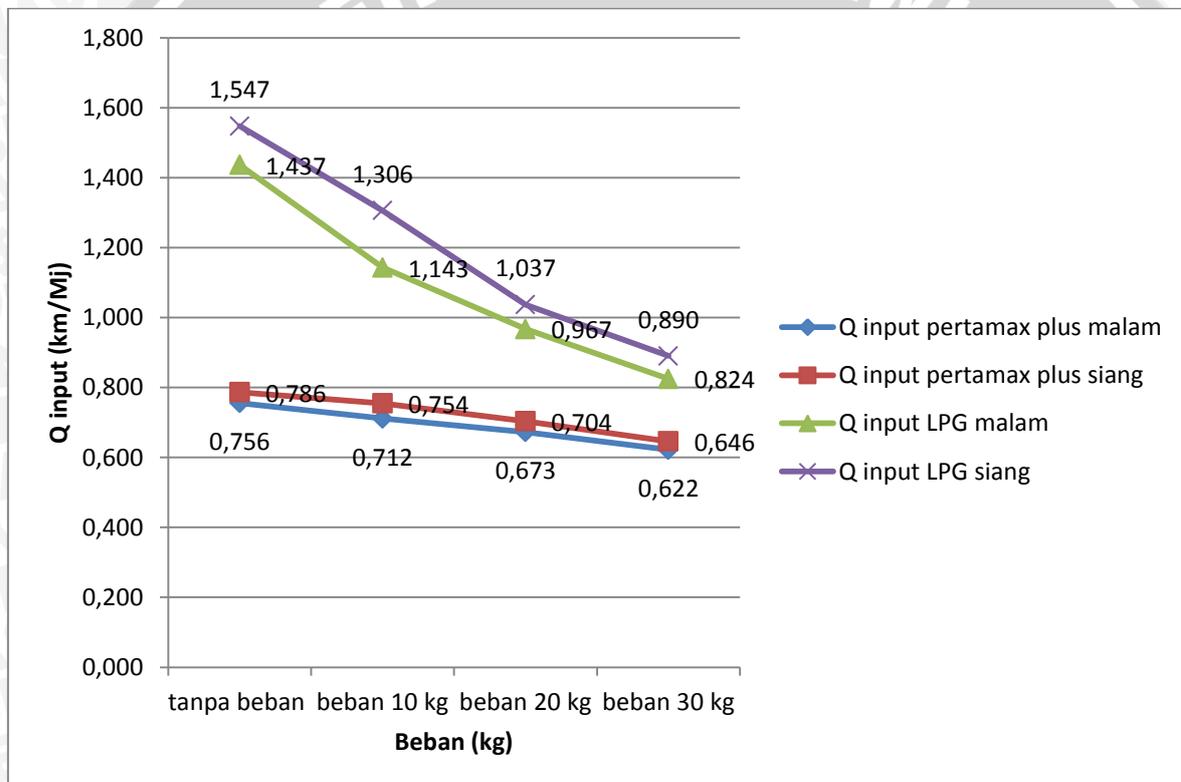
Grafik 4.4 menjelaskan hubungan tingkat pembebanan terhadap konsumsi bahan bakar LPG pada pengujian siang dan malam. Dari grafik dapat dilihat bahwa pengujian pada siang hari didapat konsumsi bahan bakar LPG yang lebih hemat dari pada pengujian malam hari pada masing-masing beban. Konsumsi bahan bakar LPG pada siang hari secara berurutan yaitu 70,708 km/kg; 59,688 km/kg; 47,381 km/kg; 40,673 km/kg. Sedangkan konsumsi bahan bakar LPG pada malam hari secara berurutan yaitu 65,657 km/kg; 52,227 km/kg; 44,192 km/kg; 37,672 km/kg.

Konsumsi bahan bakar saat siang hari lebih hemat dibandingkan saat malam hari dikarenakan pembakaran saat siang hari lebih baik daripada malam hari. Pada pengujian malam hari yang memiliki suhu lingkungan rendah dan kelembaban udara tinggi akan memperbesar kerugian kalor pada engine, kelembaban udara yang tinggi akan menyerap panas hasil pembakaran saat engine melakukan siklus. Selain itu suhu lingkungan yang rendah akan memperbesar kerugian panas di dinding-dinding silinder. Meningkatnya temperatur lingkungan akan mempengaruhi temperatur bahan bakar, dengan kenaikan temperatur bahan bakar dapat merubah kualitas pengkabutan suatu bahan bakar yang lebih

baik dan hal ini dapat mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan di ruang bakar. Saat pengujian malam hari yang suhu ambientnya rendah dan kelembaban udara yang tinggi hal ini akan berakibat buruk pada proses pembakaran di ruang bakar.

Volatility adalah kemampuan bahan bakar berubah dari fase cair ke fase gas. Jika suatu bahan bakar tidak cukup untuk melakukan penguapan (*volatility*) maka mesin akan susah menyala, kejadian seperti ini biasanya terjadi pada suhu yang rendah (*low temperature ambient*), hal ini yang menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat (Richard Stone, Introduction to Internal Combustion Engine).

4.2.5 Grafik Hubungan Tingkat Pembebanan Terhadap Kalor Masukan Pertamax Plus dan LPG Pada Pengujian Siang Dan Malam



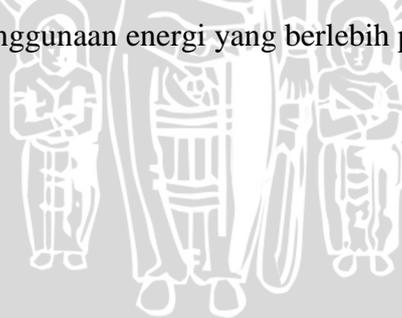
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Tingkat Pembebanan Terhadap Kalor Masukan Pertamax Plus dan LPG Pada Pengujian Siang Dan Malam

Grafik 4.5 menjelaskan hubungan tingkat pembebanan terhadap kalor masukan pertamax plus dan LPG pada pengujian siang dan malam. Dari grafik dapat dilihat bahwa penggunaan kalor input yang paling efisien berurutan adalah LPG siang hari, LPG malam hari, pertamax plus siang hari, dan pertamax plus malam hari. Penggunaan kalor LPG saat siang hari berurutan dari tanpa beban, beban 10 kg, beban 20 kg, beban 30 kg yaitu 1,547

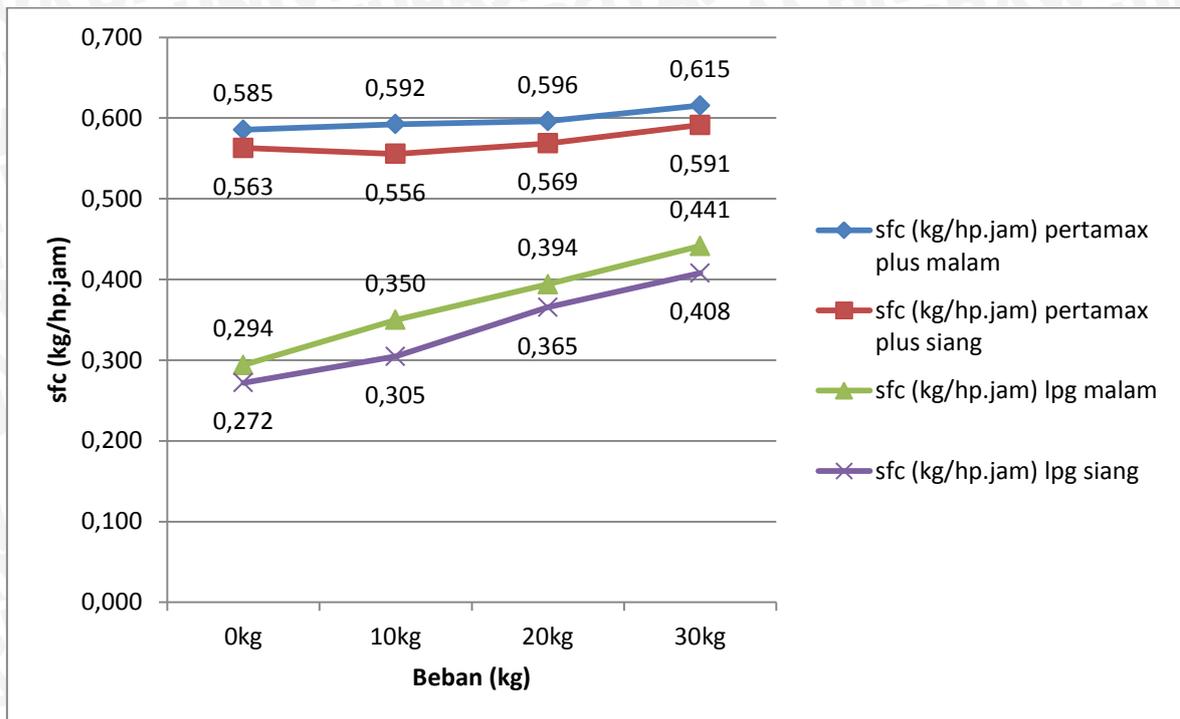
km/MJ, 1,306 km/MJ, 1,037 km/MJ, 0,890 km/MJ. Sedangkan penggunaan kalor pertamax plus malam hari berurutan dari tanpa beban, beban 10 kg, beban 20 kg, beban 30 kg yaitu 0,736 km/MJ, 0,712 km/MJ, 0,673 km/MJ, 0,622 km/MJ.

Dari analisis penggunaan energi dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG memiliki tingkat efisiensi yang tinggi jika dibanding dengan pertamax plus, dengan kata lain untuk menempuh jarak yang sama kendaraan dengan menggunakan bahan bakar LPG memiliki jarak tempuh yang jauh jika dibandingkan dengan pertamax plus. Hal ini dikarenakan bahan bakar LPG memiliki satu fase sehingga dimungkinkan kualitas karburasi bahan bakar lebih baik yang akan berakibat pada kualitas pembakaran yang baik pula, berbeda dengan bahan bakar pertamax plus yang harus dirubah fasenya dari cair ke gas sebelum masuk ke ruang bakar yang memungkinkan banyak terjadinya losses dan kualitas karburasi yang tidak sebaik LPG.

Penggunaan energi pada kondisi siang pada kedua jenis bahan bakar lebih baik jika dibandingkan dengan kondisi malam. Hal ini dikarenakan saat kondisi siang cenderung mengalami kerugian panas yang sedikit jika dibandingkan dengan malam. Pada pengujian malam temperatur lingkungan yang rendah dan kelembaban yang tinggi akan memperburuk kualitas pembakaran di dalam ruang bakar. Temperatur yang rendah ini akan meningkatkan kerugian panas pada silinder yang seharusnya dijadikan untuk menghasilkan usaha, selain itu kelembaban udara yang tinggi juga akan menyerap panas hasil pembakaran yang berakibat pada penggunaan energi yang berlebih pada malam hari.



4.2.6 Grafik Hubungan Tingkat Pembebanan Terhadap Sfc Pertamax Plus dan LPG Pada Pengujian Siang Dan Malam



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Tingkat Pembebanan Terhadap Sfc Pertamax Plus dan LPG Pada Pengujian Siang Dan Malam

Grafik 4.6 menjelaskan hubungan tingkat pembebanan terhadap *specific fuel consumption* (sfc) pertamax plus dan LPG pada pengujian siang dan malam. Dari grafik dapat dilihat bahwa sfc terendah sampai tertinggi berurutan adalah LPG siang hari, LPG malam hari, pertamax plus siang hari, dan pertamax plus malam hari. Nilai sfc LPG saat siang hari berurutan dari tanpa beban, beban 10 kg, beban 20 kg, beban 30 kg yaitu 0,272 kg/hp.jam; 0,305 kg/hp.jam; 0,365 kg/hp.jam; 0,408 kg/hp.jam. Sedangkan nilai sfc Pertamax plus saat malam hari berurutan dari tanpa beban, beban 10 kg, beban 20 kg, beban 30 kg yaitu 0,585 kg/hp.jam, 0,592 kg/hp.jam, 0,596 kg/hp.jam, 0,615 kg/hp.jam.

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} \left(\frac{kg}{hp.jam} \right)$$

Sfc merupakan perbandingan antara konsumsi bahan bakar dengan daya, sesuai dengan persamaan diatas terlihat bahwa *specific fuel consumption* berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar dan berbanding terbalik dengan daya. Apabila konsumsi bahan bakar meningkat maka sfc akan meningkat pula, apabila daya yang dihasilkan cenderung naik dengan interval yang kecil atau bahkan cenderung menurun maka sfc akan meningkat, hal ini tentu akan mengakibatkan ketidakekonomisan penggunaan bahan bakar.

$$P_{traksi} = (F_{drag} + F_{grad} + F_{rr})v$$

Daya traksi merupakan penjumlahan dari gaya hambat aerodinamika, gaya hambat karena tanjakan, dan gaya hambat karena rolling resistan yang dikalikan dengan kecepatan kendaraan.

Sfc dari grafik diatas terlihat bahwa semua bahan bakar mengalami peningkatan seiring dengan penambahan beban hal ini karena bahan bakar yang dikonsumsi saat pembebanan maksimal akan meningkat pula. Menurut persamaan sfc berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar dan berbanding terbalik dengan daya yang dihasilkan. Sfc LPG lebih rendah daripada sfc pertamax plus hal ini dikarenakan LPG memiliki satu fase yang memungkinkan pembakaran diruang bakar akan lebih baik jika dibandingkan dengan pertamax plus, berbeda dengan pertamax plus yang harus dirubah fasenya dulu dari cair ke gas yang memungkinkan banyak terjadinya losses.

