

# KAJI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN DUAL FUEL (CNG-SOLAR) TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL

Muhamad As'adi<sup>1</sup>, Saut Siagian, dan Yuhani Djaja

Program Studi Teknik Mesin, FT UPN "Veteran" Jakarta  
Jl. R.S. Fatmawati Pondok Labu Jakarta Selatan – 12450  
Telp. 021 7656971 E-mail: adi\_shiddiq@yahoo.com

---

## Abstract

*This study presents the use of dual-fuel (CNG-Solar) on diesel engine performance. Compressed Natural Gas (CNG) is the alternative fuel available in large quantities, and more importantly it can replace some or all of the diesel fuel used in diesel engines, so it can support the energy diversification program announced by the government. For that reason, we need the conversion of diesel engines to dual fuel engines. This study uses a single cylinder diesel engine with direct injection. The volume of cylinder is 1007 cc and the test was conducted in the Balai Termodinamika Motor dan Propulsi - BPPT. The test results showed that the diesel engine using the dual-fuel with a 6 kW load can increase by an average of 12% compared to the diesel engines with 100% diesel fuel. Where the load of 10 kW power increased to 13.7%, there is a reduction in specific fuel consumption for an average of 20% at 6 kW load and 12.6% at 10 kW load. Thus the load of 6 kW can save costs by 13,7% and 1,6% at 10 kW.*

**Key Words:** Dual-fuel, power, specific fuel consumption, fuel costs.

---

## PENDAHULUAN

Motor diesel merupakan sumber energi terpercaya pada sektor transportasi dan industri. Sayangnya keberadaan dan keberlangsungan motor jenis ini sedang di uji dengan masalah krisis minyak bumi dan pemberlakuan standar emisi yang semakin ketat diberbagai negara. Upaya-upaya pencarian sumber energi baru dan terbarukan-pun kian gencar dilakukan dalam upayanya untuk mengurangi tingkat ketergantungan terhadap minyak bumi sekaligus meningkatkan taraf kesehatan manusia dengan menggunakan sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak pemerintah telah menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Memang di tengah fluktuasinya harga minyak dunia dan merebaknya isu pengurangan subsidi Bahan Bakar Minyak (BBM), Bahan Bakar Gas (BBG) mulai diperhitungkan kembali sebagai solusi alternatif untuk bahan bakar sektor transportasi. Ditinjau dari sisi keamanan, suplai, teknologi, infrastruktur dan keekonomian BBG merupakan sumber energi yang ideal sebelum kita melangkah ke energi terbarukan (non-fosil fuel).

Sistem konversi pada mesin diesel ada dua sistem konversi yaitu Bi-fuel atau dikenal juga dengan *Diesel Dual Fuel* (DDF), yaitu gas dan solar digunakan secara bersamaan dengan perbandingan gas dengan solar antara 50 - 50 s/d 70 - 30 dan konversi 100 % bahan bakar gas (*CNG dedicated*)

Pemanfaatan BBG dapat menunjang program diversifikasi energi karena dapat sebagai bahan bakar substitusi menggantikan sebagian bahan bakar solar maupun bensin. Sehingga sumber energi alternatif perlu digagas untuk mengatasi semakin surutnya ladang-ladang minyak di perut bumi Nusantara. Pada penelitian ini salah satu pilihan energi alternatif yang bisa diandalkan yaitu penggunaan Bahan Bakar Gas, dalam hal ini CNG (*Compressed Natural Gas*) menjadi solusi yang layak dipertimbangkan sebagai substitusi bahan bakar solar pada mesin diesel.

Mesin diesel ber-bahan bakar ganda (*Diesel Dual Fuel = DDF*) adalah mesin diesel yang menggunakan unit sistem injeksi bahan bakar gas dan *mixer* sebagai pencampur sehingga dapat beroperasi sebagai mesin diesel ber-bahan bakar solar dan pencampurnya. Ke-dua unit menyuplai Udara-CNG secara ber-sama-sama ke dalam silinder / ruang bakar yang ditempatkan pada saluran masuk (*intake manifold*). Siklus kerja

---

<sup>1</sup> Kontak Person : Muhamad As'adi  
Prodi Teknik Mesin, FT UPNV Jakarta  
Telp. 021 7656971

mesin diesel ber-bahan bakar ganda adalah : pada saat langkah isap Udara-CNG secara ber-sama-sama masuk kedalam ruang bakar, saat langkah kompresi piston sebelum TMA solar diinjeksikan melalui *fuel-injector nozzle* dalam bentuk atomisasi. Saat penginjeksian terjadi kenaikan suhu dan tekanan di dalam ruang bakar menyebabkan campuran masing-masing Udara-CNG dan solar mencapai batas mampu bakar (*combustible limit*) sehingga campuran terbakar sendiri (*auto-ignition*). Langkah terakhir adalah proses pembilasan sisa-sisa pembakaran melalui saluran buang (*exhaust manifold*). CNG didominasi kandungan metana (CH<sub>4</sub>) yang memiliki batas mampu bakar (*combustible limit*) 900 K, sedangkan solar memiliki temperatur penyalaan (477 – 533) K. Sehingga penyalaan yang terjadi didalam ruang bakar adalah oleh penyalaan dari bahan bakar solar. Dengan kata lain mesin diesel ber-bahan bakar ganda (CNG-Solar) merupakan mesin diesel yang menggunakan CNG sebagai bahan bakar utama dan solar sebagai pemicu pembakaran.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Mesin Diesel

Mesin diesel yang disebut (*Internal Combustion Engine*) adalah mesin pembakaran dalam, sebuah mesin pemicu kompresi dimana bahan bakar terbakar oleh suhu dari hasil kompresi di dalam silinder. Proses pembakaran pada mesin diesel terjadi akibat pemampatan didalam ruang bakar oleh torak sehingga menaikkan suhu udara tekan di dalam ruang bakar, kemudian disemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut kedalam ruang bakar yang telah berisi udara panas, setelah bahan bakar bersentuhan dengan udara panas maka terjadilah pembakaran.

Mesin diesel berdasarkan kecepatan putarannya dibagi dalam 3 katagori yaitu mesin diesel putaran rendah, dimana kecepatan putaran poros engkol kurang dari 500 rpm, mesin diesel putaran sedang kecepatan putaran poros engkolnya antara 500 rpm sampai dengan 1000 rpm, sedangkan mesin diesel putaran tinggi kecepatan putaran poros engkol lebih besar dari 1000 rpm.

### *Compressed Natural Gas (CNG)*

Bahan bakar *Compressed Natural Gas (CNG)* adalah bahan bakar alternatif yang murah, tersedia dalam jumlah yang besar, dan yang lebih penting adalah CNG bisa menggantikan sebagian solar yang dipakai pada mesin diesel, sehingga bisa menunjang program diversifikasi energi. Untuk itu perlu adanya konversi mesin diesel menjadi mesin ber-bahan bakar ganda. Keunggulan CNG adalah pembakaran lebih efisien dibanding solar, tingkat emisi gas buang lebih rendah dan teknologinya sederhana, mudah, dan biaya perawatan relatif lebih murah. Tetapi dari penyediaan infrastruktur belum memadai.

### Penelitian terdahulu

Widodo B Santoso, Achmad Praptiyanto, Arifin Nur dalam penelitiannya berjudul "*Pengaruh CNG-Ratio Terhadap Proses Pembakaran Pada Motor Diesel Berbahan bakar Ganda Solar-CNG*" menyimpulkan bahwa kenaikan CNG-ratio mengakibatkan penurunan rasio udara lebih.

Hari Sumartono dalam tesis penelitiannya: "*Pengaruh Waktu Injeksi Solar Terhadap Performa Mesin Disel Ber-bahan Bakar Ganda CNG-Solar*" yang dilakukan pada mesin Hydra di Engine Test Cell - 1 yang didedikasikan khusus untuk keperluan penelitian. Penggunaan bahan bakar ganda (CNG-Solar) dapat menghasilkan daya keluaran mesin menyamai daya mesin diesel aslinya. Disamping itu dengan penggunaan bahan bakar ganda (CNG-Solar) dapat menurunkan emisi *smoke*, namun emisi hidrokarbon (HC) dan *Nox* meningkat dibandingkan dengan mesin ber-bahan bakar 100 % solar

T.Ishiyama dkk dalam penelitiannya "*A study on premixed charge compression ignition combustion of natural gas with direct injection*" menggunakan mesin diesel genset silinder tunggal. Dengan pengontrolan pembakaran, pengurangan ukuran nosel orifis dan sudut injeksi dapat memperbaiki kualitas percampuran bahan bakar. Hal ini menghasilkan efisiensi pembakaran yang meningkat meskipun menimbulkan *knocking* karena adanya sebagian campuran Udara-Bahan Bakar yang kaya pada daerah tertentu di dalam ruang bakar.

## METODE PENELITIAN

### Deskripsi alat uji

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Balai Temodinamika Motor dan Propulsi BPPT Puspiptek Serpong dengan spesifikasi mesin uji sebagai berikut:

Merek	:	Yanmar
Type	:	TS 190 R DI ( Direct Injection )
Jumlah silinder	:	1
Diameter x Langkah silinder	:	110 x 106 ( mm )
Volume silinder	:	1.007 ( cm <sup>3</sup> )
Output kW / hp ( cont. )	:	11,8 kW / 16 hp
Output kW / hp ( rated )	:	14 kW / 19 hp
Putaran ( rated )	:	2.200 ( rpm )
Sistim pendingin	:	Radiator
Berat	:	182 ( kg )

**Regulator**

Regulator ini berfungsi untuk menginjeksikan *Compressed Natural Gas* (CNG) ke dalam saluran masuk *intake manifold* dan dipasang sebelum *mixer*. Konstruksi regulator CNG diatur dengan luas bukaan katup sesuai dengan kebutuhan yaitu: (1) Bukaan 1, dengan luas nosel 0,42 mm<sup>2</sup>, (2) Bukaan 2, dengan luas nosel 0,57 mm<sup>2</sup>, dan (3) Bukaan 3, dengan luas nosel 0,71 mm<sup>2</sup>. Penempatan regulator tersebut berjarak 200 cm dari posisi unit *mixer* sebelum masuk ke ruang bakar.

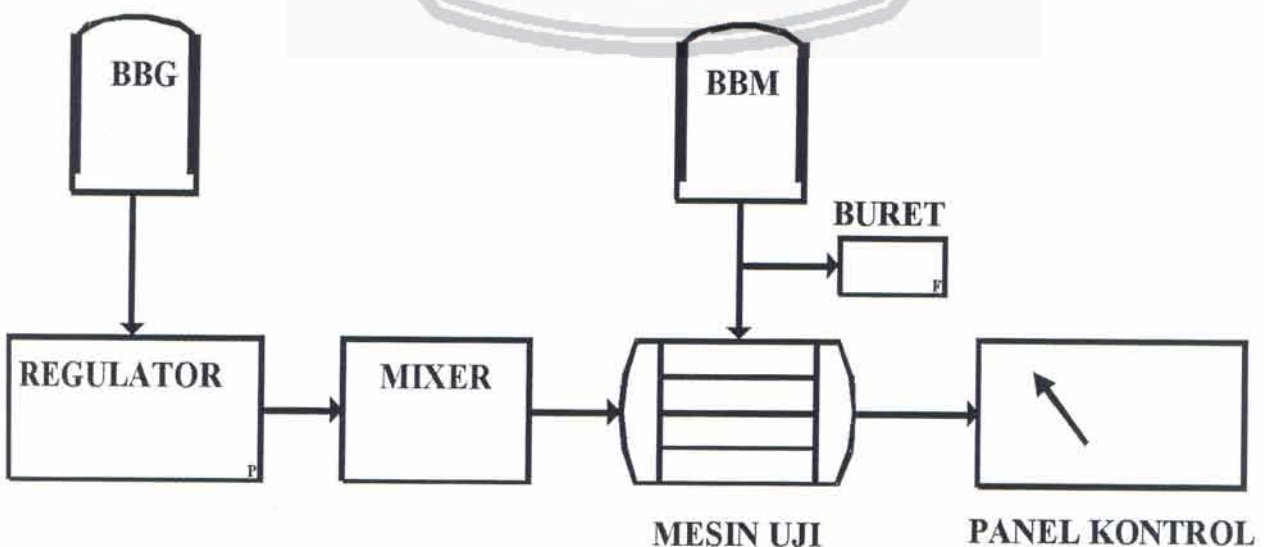
**Unit Mixer.**

*Mixer* merupakan suatu konstruksi bentuk venturi sederhana dimana bila udara melewatinya akan terjadi kevakuman pada kerongkongan venturi *mixer* sehingga pasokan CNG dapat masuk kedalam ruang bakar sesuai kebutuhan. *Mixer* ditempatkan sebelum *intake manifold* dan berfungsi untuk mencampur antara udara dan bahan bakar gas sebelum masuk ke dalam ruang bakar.

**Alat Ukur.**

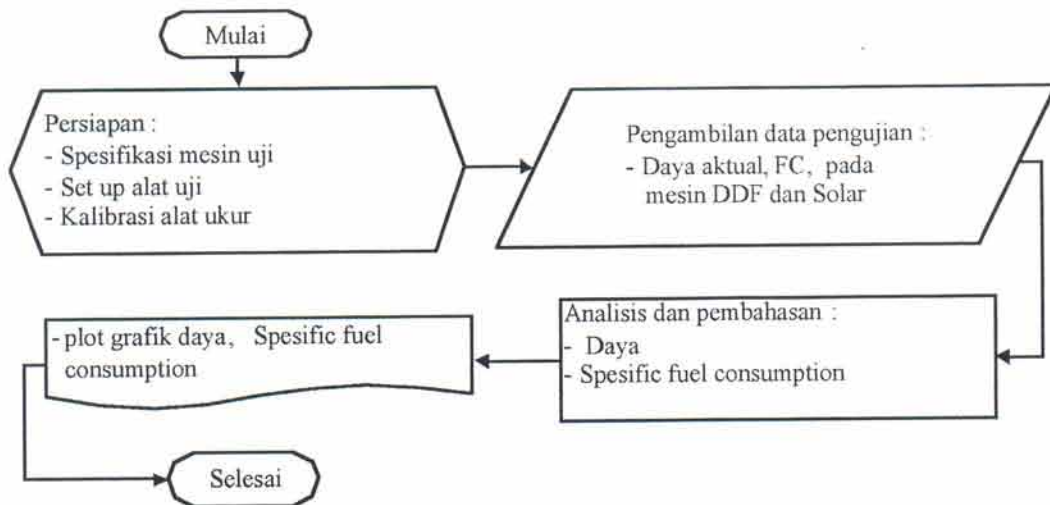
Peralatan pengukuran sebelumnya telah dikalibrasi, masing-masing alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut: (1) Digital Stroboscope atau Tachometer AS 223, Merek Fuji Kogyo AC 220 V 50/60 Hz, (2) Ampher-meter, Volt-meter atau Tang amper, (3) Stopwatch digital, (4) Buret atau alat ukur konsumsi bahan bakar solar dengan kapasitas 30 ml, dan (5) Alat ukur massa atau timbangan konsumsi gas CNG, dengan deviasi ketelitian 0.05 kg.

**Konfigurasi pengujian**



**Gambar 1.** Konfigurasi Pengujian

Diagram alir pengujian sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Diagram Alir Pengujian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pengujian dan Perhitungan

Massa Jenis Solar	0.84 (g/ml)
Harga Solar	4500 (Rp)
Massa Jenis CNG	0.656 (g/ml)
Harga CNG/LSP	4100 (Rp)

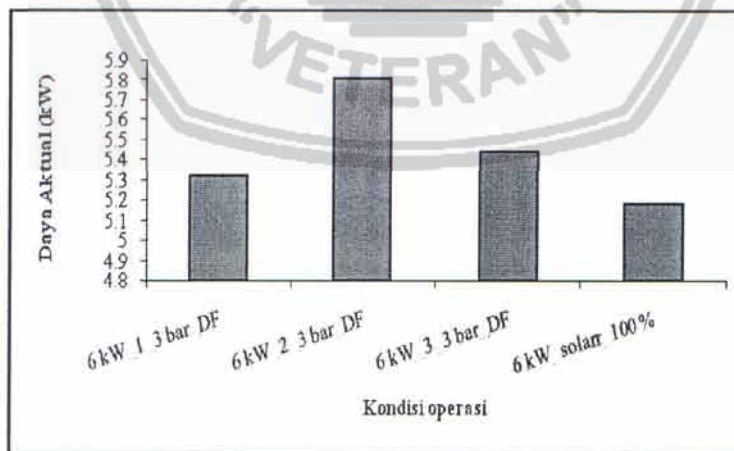
No.	Kodisi operasi	Putaran (rpm)	Arus (Ampere)			Tegangan (Volt)			Beban Aktual (kW)	Pengukuran bahan bakar			Fuel Consumption g/h		SFC (g/kWh)		
			S	R	T	S	R	T		Waktu (s)	Solar (ml)	CNG (gr)	Solar	CNG	Solar	CNG	DF
1	6 kW_1_Jabar_Dp	2040	9.2	9.5	9.1	227.1	226.9	227.5	5.31	161	120	42.00	2,160	900	407.68	169.82	376.70
2		2039	9.2	9.5	9.1	227.7	227.6	228.0	5.32	170	110	42.50	1,957	900	367.71	169.13	336.84
3		2038	9.5	9.5	9.3	226.9	227.3	227.5	5.34	206	125	51.50	1,835	900	343.82	168.64	312.46
4		2038	9.3	9.5	9.4	227.1	227.1	227.5	5.34	207	120	51.75	1,753	900	328.48	168.64	497.12
5		2037	9.2	9.5	9.2	227.1	227.0	227.6	5.31	206	115	51.50	1,688	900	318.08	169.58	487.66
6		2034	9.3	9.5	9.1	227.0	226.9	227.7	5.33	206	130	51.50	1,908	900	357.82	168.75	526.57
		Rerata							5.32						353.83	169.06	522.89
1	6 kW_2_Jabar_Dp	2034	9.6	9.8	9.3	238.5	238.6	239.0	5.78	220	127	45.83	1,746	750	301.77	129.65	431.42
2		2027	9.7	9.8	9.6	238.3	238.6	238.8	5.81	219	126	45.63	1,740	750	299.34	129.04	428.38
3		2027	9.6	9.8	9.5	238.6	238.3	238.8	5.78	226	128	47.08	1,713	750	296.19	129.70	425.90
4		2030	9.7	9.9	9.6	235.5	238.4	238.9	5.81	219	130	45.63	1,795	750	309.19	129.18	438.38
5		2034	9.6	9.8	9.5	238.5	238.6	239.2	5.78	220	132	45.83	1,814	750	313.65	129.65	443.30
6		2033	9.7	9.9	9.6	238.6	238.4	238.9	5.84	221	128	46.04	1,751	750	299.74	128.35	428.10
		Rerata							5.80						303.31	129.26	432.58
1	6 kW_3_Jabar_Dp	1961	9.5	9.6	9.3	230.2	230.3	231.0	5.50	236	127	75.39	1,627	1,150	296.03	209.20	505.22
2		1964	9.3	9.6	9.2	230.6	230.3	231.1	5.44	235	128	75.07	1,647	1,150	302.54	211.23	513.77
3		1959	9.5	9.6	9.3	229.6	229.8	230.3	5.48	237	130	75.71	1,659	1,150	302.46	209.70	512.16
4		1961	9.3	9.3	9.2	229.7	229.8	230.3	5.34	232	126	74.11	1,642	1,150	307.46	215.29	522.75
5		1962	9.3	9.6	9.2	229.7	229.8	230.5	5.43	236	135	75.39	1,730	1,150	318.69	211.87	530.56
6		1963	9.3	9.6	9.2	230.6	230.3	231.1	5.44	235	134	75.07	1,724	1,150	316.72	211.23	527.95
		Rerata							5.44						307.32	211.42	518.73

No.	Kondisi operasi	Putaran (rpm)	Arus (Ampere)			Tegangan (Volt)			Debit Aktual (kW)	Pengukuran bahan bakar			Fuel Consumption g/h		SFC (g/kWh)		
			S	R	T	S	R	T		Waktu (s)	Solar (ml)	CNG (gr)	Solar	CNG	Solar	CNG	DF
1	10 kW_3_3 bar_DF	1856	14.2	14.6	14.3	210.5	210.7	210.8	7.58	265	135	121.46	1,541	1,650	203.19	217.63	420.82
2		1866	14.1	14.5	14.3	210.6	210.3	210.5	7.52	262	134	120.08	1,547	1,650	205.57	219.31	424.88
3		1880	14.1	14.6	14.3	210.2	210.8	210.8	7.55	265	133	121.46	1,518	1,650	200.97	218.49	419.46
4		1849	14.1	14.5	14.3	210.1	210.0	210.5	7.51	260	130	119.17	1,512	1,650	201.35	219.73	421.08
5		1857	14.1	14.4	14.3	210.8	210.4	210.7	7.50	260	134	119.17	1,550	1,650	207.73	219.93	427.66
6		1848	14.1	14.4	14.3	210.5	210.7	210.8	7.50	259	136	118.71	1,588	1,650	211.64	219.92	431.57
Rerata									7.53					205.08	219.17	424.25	
1	6 kW_solar_100%	1990	9.1	9.3	9.0	223.0	222.7	223.1	5.13	116	115		2,998		584.90		
2		1993	9.0	9.4	9.0	222.0	222.0	222.4	5.11	117	112		2,542		497.94		
3		1994	9.0	9.4	9.0	223.9	222.0	222.5	5.10	117	116		2,620		513.14		
4		1994	9.5	9.6	9.3	222.8	222.6	223.0	5.32	141	115		2,895		544.55		
5		1997	9.3	9.6	9.4	222.6	222.3	222.9	5.31	141	146		3,131		589.31		
6		1992	9.1	9.3	9.0	223.6	223.2	223.8	5.13	111	122		2,643		515.17		
Rerata									5.18					540.83			
1	10 kW_solar_100%	1760	13.2	13.5	13.4	195.5	195.2	195.5	6.52	117	113		3,438		527.25		
2		1829	13.2	13.5	13.4	195.5	195.2	195.5	6.52	116	112		3,441		527.80		
3		1896	13.2	13.5	13.4	195.3	195.1	195.3	6.51	118	114		3,434		527.12		
4		1829	13.2	13.5	13.4	195.5	195.2	195.5	6.52	117	114		3,463		531.21		
5		1760	13.2	13.5	13.4	195.5	195.2	195.5	6.52	119	115		3,431		528.18		
6		1844	13.7	14.1	13.9	205.1	204.7	205.1	7.12	118	115		3,460		485.90		
Rerata									6.62					520.91			

Kondisi operasi	SFC (g/kWh)			Perhitungan Biaya (Rp)		
	Solar	CNG	DF	Solar	CNG	Dual Fuel
6 kW_1_3 bar_DF	353.83	353.83	522.89	1,895.5	2,394	4,289.4
6 kW_2_3 bar_DF	303.31	129.26	432.58	1,624.9	875	2,499.4
6 kW_3_3 bar_DF	307.32	211.82	518.73	1,646.3	1,430	3,076.7
10 kW_3_3 bar_DF	205.08	219.17	424.25	1,098.6	1,483	2,581.4
6 kW_solar_100%	540.83			2,897.3		
10 kW_solar_100%	520.91			2,790.6		

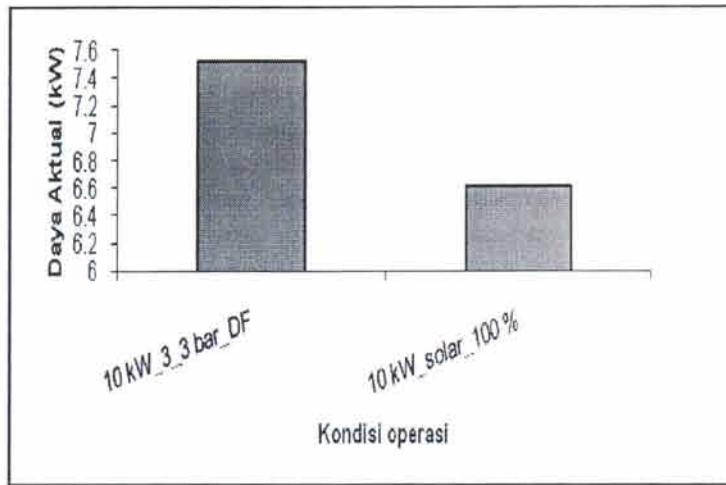
### Daya

Daya adalah besarnya kerja yang dihasilkan suatu sistem per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan Watt (SI) dan hp (British), merujuk Tabel 1. pada pembebanan 6 kW, daya terbesar terjadi pada kondisi katup bukaan 2, tekanan 3 bar dan bahan bakar yang digunakan dual-fuel pada putaran 2033 rpm, dimana daya yang dihasilkan sebesar 5,84 kW. Dan pada kondisi operasi ini *Specific Fuel Consumption* (SFC) juga menunjukkan paling hemat yaitu 428,10 g/kWh, sehingga dapat dikatakan bahwa pada kondisi operasi 6 kW bukaan 2 dan tekanan 3 bar dengan dual-fuel dan putaran 2033 rpm terjadi kondisi paling optimum. Apabila dibandingkan dengan kondisi menggunakan bahan bakar solar 100% maka penggunaan dual-fuel akan menaikkan daya rerata sebesar 12%. Kecenderungan besaran daya seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik perbandingan daya pada pembebanan 6 kW

Sedangkan pada pembebanan 10 kW\_3\_3 bar\_DF, daya terbesar terjadi pada putaran 1856 rpm, tetapi *Specific Fuel Consumption* (SFC) nya tidak menunjukkan paling optimum, kondisi SFC paling optimum terjadi pada putaran 1849 rpm. Dan apabila dibandingkan dengan kondisi pembebanan 10 kW\_solar\_100% maka terjadi kenaikan daya rerata sebesar 13,7%. Kecenderungan besaran daya seperti ditunjukkan pada gambar 4.

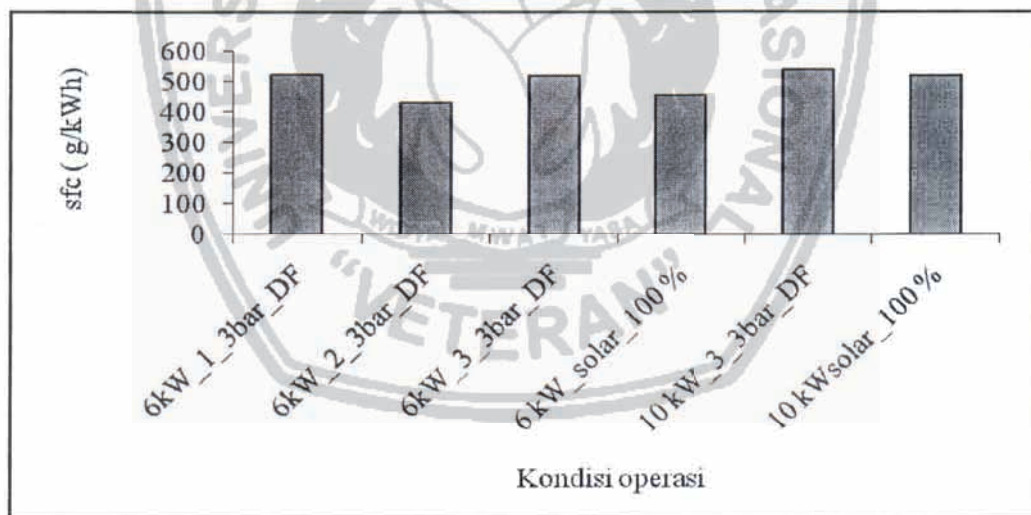


Gambar 4. Grafik perbandingan daya pada pembebanan 10 kW

### Specific fuel consumption (sfc)

Laju konsumsi bahan bakar pada suatu mesin per satuan keluaran daya disebut juga dengan *specific fuel consumption* (sfc) dan dinyatakan dalam jumlah massa bahan bakar per satuan daya dan ini juga merupakan indikator nilai ke ekonomian operasi suatu mesin dalam menggunakan bahan bakar.

Kondisi operasi dengan beban 6 kW, bukaan 2, tekanan 3 bar, serta bahan bakar *dual-fuel*, specific fuel consumption nya paling rendah, dan apabila dibandingkan dengan kondisi operasi dengan pembebanan 6 kW, solar 100%, maka akan terjadi penghematan sebesar 20%. Sedangkan pada pembebanan 10 kW, bukaan 3 akan menghemat sebesar 12,6%. Kecenderungan grafik *specific fuel consumption* (sfc) seperti ditunjukkan pada gambar 5.

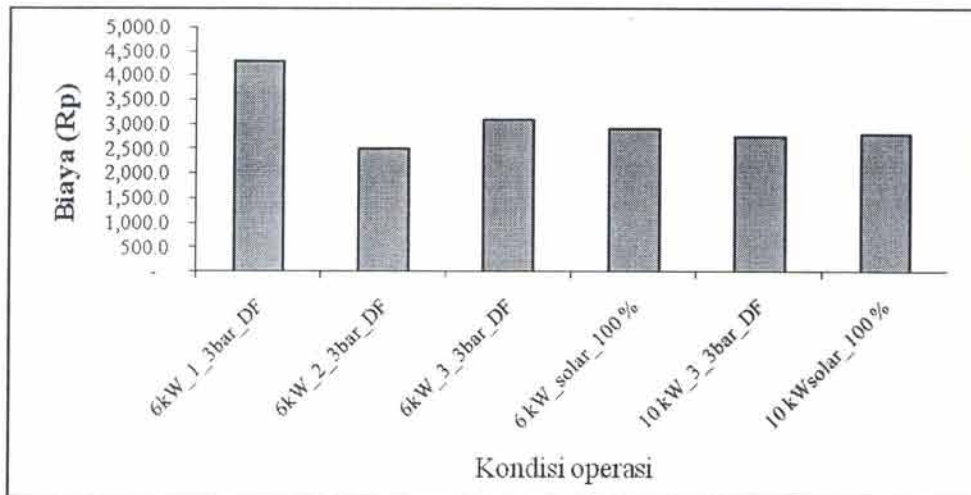


Gambar 5. Grafik Specific Fuel Consumption pada berbagai kondisi operasi

### Biaya bahan bakar

Jika ditinjau dari biaya bahan bakar, pada kondisi operasi dengan beban 6 kW, bukaan 2, tekanan 3 bar dan menggunakan bahan bakar *dual-fuel*, biaya bahan bakar yang ditimbulkan sebesar Rp. 2.499,4,- sedangkan pada kondisi operasi 6 kW dan bahan bakar solar 100%, biaya bahan bakar yang ditimbulkan sebesar Rp. 2.897,3,- sehingga penggunaan *dual-fuel* dapat menghemat biaya sebesar 13,7%.

Sedangkan pada kondisi operasi dengan beban 10 kW, bukaan 3, tekanan 3 bar dan menggunakan bahan bakar *dual-fuel*, biaya bahan bakar yang ditimbulkan sebesar Rp. 2.747,2,- sedangkan pada kondisi operasi 10 kW dan bahan bakar solar 100%, biaya bahan bakar yang ditimbulkan sebesar Rp. 2.790,6,- sehingga penggunaan *dual-fuel* dapat menghemat biaya sebesar 1,6%. Kecenderungan grafik biaya seperti ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik biaya pada berbagai kondisi operasi

## SIMPULAN

Kondisi operasi 6 kW bukaan 2 dan tekanan 3 bar dengan dual-fuel dan putaran 2033 rpm terjadi kondisi paling optimum. Apabila dibandingkan dengan kondisi menggunakan bahan bakar solar 100% maka penggunaan dual-fuel akan menaikkan daya rerata sebesar 12%.

Kondisi operasi dengan beban 6 kW, bukaan 2, tekanan 3 bar, serta bahan bakar dual-fuel, specific fuel consumption nya paling rendah, dan apabila dibandingkan dengan kondisi operasi dengan pembebanan 6 kW, solar 100%, maka akan terjadi penghematan sebesar 20%. Sedangkan pada pembebanan 10 kW, bukaan 3 akan menghemat sebesar 12,6%

Kondisi operasi dengan beban 6 kW, bukaan 2, tekanan 3 bar dan menggunakan bahan bakar dual-fuel dapat menghemat biaya sebesar 13,7%. Sedangkan pada kondisi operasi dengan beban 10 kW, bukaan 3, tekanan 3 bar dan menggunakan bahan bakar dual-fuel dapat menghemat biaya sebesar 1,6%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim....., 2006, *Energi Alternatif ditengah surutnya pasokan minyak*, <http://www.republika.co.id>, diakses tanggal 24 Juni 2006.
- Chalilullah R. 1955, *Perbandingan Udara Bahan-Bakar dari Analisa Gas-buang pada Suatu Motor-Bakar*, ISSN :0853.5175, Edisi No. 002- Desember 1995
- Hariyotejo. P. 2006, *Laporan Teknis Pengembangan Teknologi Otomotif Ramah Lingkungan*, Simulasi CFD-Fluent-Gambit, Internal Report BTMP-BPPT,
- Heywood J.B. 1988, *Internal Combustion Engine Fundamental*, Mc Graw Hill, Singapore.
- Lim Pei Li, 2006, *The Effect of Compression Ratio on the CNG-Diesel Engine*, University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying Oktober 2004. <http://www.usq.edu.au/>, diakses September 2006.
- Strehlow R. A. 1985, *Combustion Fundamentals*, Mc Graw Hill Book Company.
- Sumartono H. 2003, *Studi Pengaruh Waktu Injeksi Solar Terhadap Performa Mesin Diesel Ber-bahan Bakar Ganda CNG-Solar*, Tesis Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Ishiyama T, dkk. 2005, *A study on premixed charge compression ignition combustion of natural gas with direct injection*, International Journal of Engine Research ISSN: 1468-0874 DOI: 10.1243/146808705X30459 Volume 6, Number 5 / 2005 Pages: 443 – 451
- Santoso W.B, dkk. 2006, *Pengaruh CNG-Ratio Terhadap Proses Pembakaran Pada Motor Diesel Berbahan Bakar Ganda Solar-CNG*, Prosiding Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekatronik 2006, hal. 283-287, ISBN :979-26-2441-4.
- Yusaf T.F., dkk. 1999, *A study of dual fuel system using compressed natural gas for commercial diesel engine*, International Journal of Power and Energy Systems, Vol. 19, No. 2. (ms 163-167)
- Zhiqiang Lin and Wanhua Su. 2003, *A study on the amount of pilot injection and its effects on rich and lean boundaries of the premixed CNG/air mixture for a CNG/diesel dual-fuel engine*, International Journal of Global Energy Issues, Vol. 20, Number 3/2003, Pages 290-301