

## KAJI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN *DUAL FUEL* PADA MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR DEXLITE –LPG

Agung Nugroho<sup>1\*</sup>, Ika Bayu Walujo<sup>2</sup> dan Nazaruddin Sinaga<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang  
Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan Semarang 50236

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059  
\*E-mail: agungnugroho3006@gmail.com

### Abstrak

*Sistem dual fuel merupakan suatu sistem dengan menggunakan dua jenis bahan bakar yang memiliki karakteristik yang berbeda yaitu bahan bakar gas dan cair. Memanfaatkan perbedaan karakteristik bahan bakar ini maka performa dari mesin dapat ditingkatkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui fraksi LPG terbaik sebagai upaya untuk mengurangi konsumsi Bahan bakar minyak. Pada penelitian ini digunakan mesin diesel yang memiliki sistem konvensional, empat silinder dengan empat langkah (4-stroke). Bahan Bakar yang digunakan Dexlite dan LPG. Perbedaan fraksi Dexlite-LPG dibuat bervariasi G0, G30, G50 dan G70. Sistem indirect injection digunakan dalam penelitian ini, gas Liquid petroleum gas (LPG) diinjeksikan melalui intake manifold menggunakan konverter kit. Pengukuran daya dan torsi menggunakan dinamometer Water brake. Dalam penelitian ini digunakan mesin tipe C223 yang dimodifikasi menjadi mesin dual fuel dengan metode low pressure injected gas (LPIG). Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan sistem dual fuel Dexlite-LPG dapat meningkatkan torsi dan daya dibanding sistem single fuel. Daya meningkat 28 % terjadi saat dual fuel G70 torsi meningkat 24 % saat G30. BTE meningkat saat G50 dengan nilai 41% BSFC pada mode dual fuel turun dari 0.37 Kg/Kwh menjadi 0.29 Kg/Kwh saat G30.*

**Kata kunci:** Dexlite, dual fuel, LPG, kinerja mesin

### PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan setiap tahun mengakibatkan konsumsi dan harga bahan bakar minyak bumi mengalami peningkatan. Sedangkan persediaannya semakin menipis. Di sisi lain, masih tersedia cadangan bahan bakar gas yang cukup melimpah dengan harga yang relatif murah, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. *Liquid petroleum gas* (LPG) merupakan salah satu jenis bahan bakar gas paling potensial yang tersedia untuk internal *combustion engine* karena lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Sebuah teknologi yang menjanjikan untuk digunakan pada motor pembakaran dalam adalah sistem *dual fuel* atau bahan bakar ganda (Korakianitis, dkk., 2011). Kebutuhan BBM di Indonesia, khususnya sektor transportasi masih menjadi sektor pengguna BBM terbesar di bandingkan dengan sektor-sektor lainnya seperti industri, dan pembangkit listrik. Peningkatan kebutuhan BBM tertinggi terjadi pada sektor transportasi, hal ini disebabkan karena peningkatan jumlah kendaraan yang cukup tinggi, peningkatan mobilitas perjalanan karena jarak tempat tinggal yang semakin menjauh dari tempat kerja, kemacetan yang semakin padat

Sistem *dual fuel* merupakan salah satu metode yang sedang dikembangkan untuk mendapatkan peningkatan performa pada mesin. Telah banyak penelitian mengenai sistem *dual fuel* baik pada mesin diesel maupun mesin bensin. Sistem *dual fuel* menggunakan dua jenis bahan bakar yang memiliki karakteristik yang berbeda. Dengan memanfaatkan perbedaan karakteristik bahan bakar ini maka performa dari mesin dapat ditingkatkan. Ambarita (2017) melakukan penelitian *dual fuel* solar-biogas pada mesin diesel 1 silinder menunjukkan bahwa sistem *dual fuel* meningkatkan efisiensi termal dan daya output. Menurut Li, dkk.(2017), sistem *dual fuel* solar-gas alam pada mesin diesel *heavy duty* dengan 6 silinder dapat meningkatkan nilai efisiensi termal mesin.

Selain itu, sistem *dual fuel* dapat digunakan untuk mengurangi tingkat emisi gas buang. Karena pada dasarnya gas LPG memiliki kandungan karbon (C) yang lebih rendah dibanding solar maupun bensin. Oleh karena itu, emisi yang dikeluarkan dari hasil pembakaran gas LPG lebih rendah dibanding solar maupun bensin (Karamangil, 2007). Penelitian yang dilakukan Ayhan, dkk.(2011), menunjukkan

bahwa dengan menggunakan sistem *dual fuel* Dexlite-LPG pada mesin diesel 1 silinder dapat menurunkan tingkat emisi  $\text{NO}_x$ . Menurut Chen dkk. (2018), dengan menggunakan sistem *dual fuel* gas alam dapat menurunkan emisi gas buang  $\text{NO}_x$ . Sistem *dual fuel* Dexlite-LPG pada mesin diesel 4 silinder dapat menurunkan tingkat emisi  $\text{NO}_x$  dan HC diikuti dengan penurunan *specific fuel consumption* menurut Ngang & Abbe (2018).

Pada dasarnya sistem *dual fuel* memerlukan pengaturan lebih lanjut untuk mendapatkan performa yang terbaik. Hal ini dikarenakan sistem *dual fuel* sangat bergantung dari berbagai parameter seperti beban kerja, kecepatan mesin, fraksi bahan bakar, *timing injection*, dan kondisi *intake manifold* mesin (Ashok, 2015). Oleh karena itu pada penelitian ini sistem *dual fuel* diterapkan pada mesin diesel 4 silinder dengan menggunakan gas LPG. Tujuan utama dari penelitian ini yaitu melihat pengaruh fraksi gas LPG terhadap torsi, daya, *specific fuel consumption*, dan efisiensi termal mesin. Penelitian dilakukan pada kecepatan konstan serta dilengkapi dengan data akuisisi dalam proses pengambilan data.

Peningkatan kebutuhan BBM tertinggi terjadi pada sektor transportasi, hal ini disebabkan karena peningkatan jumlah kendaraan yang cukup tinggi, peningkatan mobilitas perjalanan karena jarak tempat tinggal yang semakin jauh dari tempat kerja dan kemacetan yang semakin padat. Dexlite merupakan jenis BBM jenis solar yang merupakan produk bahan bakar dengan kualitas lebih tinggi dibandingkan dengan biosolar yang dijual di SPBU dan merupakan jenis bahan bakar non subsidi. Sehingga harga per liter dari bahan bakar ini cenderung lebih mahal dibandingkan dengan biosolar. Kelangkaan biosolar di SPBU mengalihkan pengguna biosolar beralih ke Dexlite. kendaraan di Indonesia masih banyak yang menggunakan teknologi lama, terutama pada kendaraan yang menggunakan sistem Diesel. Sehingga dalam penggunaan Dexlite banyak hidrokarbon hasil pembakaran yang tidak sempurna pembakarannya. Salah satu upaya yang dilakukan untuk menurunkan unburned hidrokarbon adalah dengan menambahkan bahan bakar gas ke dalam ruang bakar.

## METODE

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan fraksi komposisi

gas LPG dan performa mesin diesel *dual fuel* Dexlite-LPG maksimum yang dapat dicapai. Berikut ini adalah peralatan uji yang digunakan:

### Mesin Uji

Mesin diesel yang digunakan pada penelitian ini yaitu mesin diesel tipe C223. (Spesifikasi lihat tabel 1).

**Tabel 1. Spesifikasi mesin C223**

No.	Parameter	Value
1	Tipe mesin	C223
2	Jumlah silinder	4 in line
3	Berat (kg)	213
4	Volume silinder (cm <sup>3</sup> )	2238
5	Fraksi kompresi	21,0
6	Daya output (kW/(r/min))	45/4000
7	Torsi (N.m/(r/min))	130/2200

### Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan komponen utama dalam penelitian ini. Bahan bakar utama dalam penelitian ini menggunakan Dexlite yang didapatkan dari stasiun pengisian bahan bakar. Kemudian untuk pengujian bahan bakar ganda pada mesin uji ditambahkan LPG dengan 4 macam variasi campuran.

**Tabel 2. LHV Dexlite (Angga Ramadhany, 2017)**

Parameter	Dexlite
Density @ 15 °C (Kg/m <sup>3</sup> )	845.7
Kinematic viscosity @ 40 °C(mm <sup>3</sup> /s)	0.65
Cetane index	50
Lower Heating Value(KJ/Kg)	43000

**Tabel 3. nilai LHV LPG (Saraf, dkk., 2009)**

Parameter	LPG
Chemical formula	CH <sub>4</sub> -40% C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> -60%
LHV in (KJ/Kg)	46500
Density at 16 °C in ( Kg/m <sup>3</sup> )	2.26
Stoichiometric air fuel ratio	15.6
Flame speed (cm/sec)	37
Auto ignition Temp in deg C	410

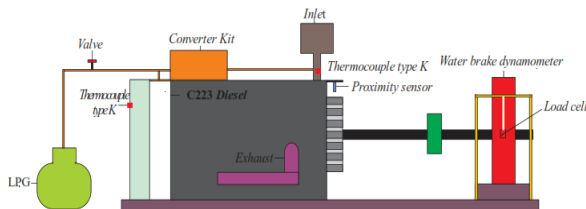
Besarnya nilai campuran fraksi Dexlite dengan LPG dilambangkan sebagai berikut:

Tabel 4. fraksi LPG terhadap Dexlite

No.	kode	Kuantitas Dexlite (%)	Kuantitas LPG (%)
1	G30	70	30
2	G50	50	50
3	G70	30	70
4	G0	100	0

### Dinamometer

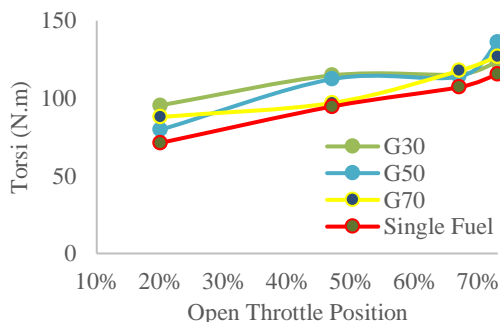
Kinerja mesin uji diukur dengan *Dynamometer water brake*. Dinamometer digabungkan dengan C223 untuk memberikan variasi beban dan mengukur torsi. Dinamometer memiliki *low cost* instrumentasi sebagai data akuisisi dan perekam parameter kinerja selama pengambilan data (Sinaga dkk., 2019). Alat instrumentasi dipasang pada mesin uji sebagaimana terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. skema mesin uji

### HASIL DAN DISKUSI

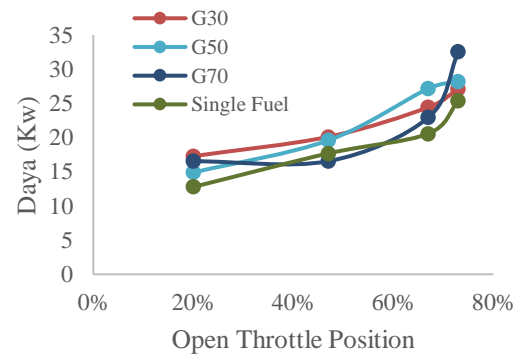
Secara umum dalam hal torsi, sistem *dual fuel* cenderung lebih rendah dibanding pada *single fuel*. Penurunan performa ini diakibatkan karena jumlah udara yang dikompresi tidak mencukupi untuk melakukan pembakaran dengan baik. Hal ini dikarenakan sebagian volume pada ruang bakar yang seharusnya diisi oleh udara diambil alih oleh gas LPG.



Gambar 2. pengaruh variasi fraksi LPG dual fuel terhadap torsi

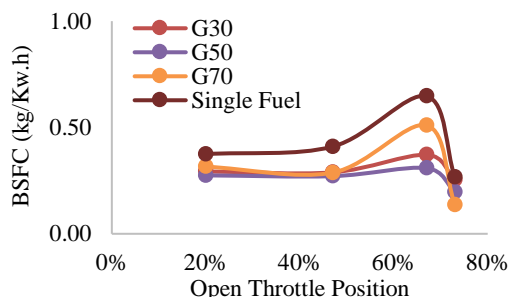
Terlihat dari gambar 2 secara umum dengan ditambahkan gas LPG torsi mengalami peningkatan. Namun semakin banyak LPG yang

ditambahkan kenaikan torsi cenderung hanya sedikit, hal ini sesuai dengan penelitian Gumus (2011), sistem *dual fuel* menyebabkan penurunan efisiensi volumetrik yang berdampak pada penurunan torsi mesin. Untuk mengatasi penurunan ini menurut Selim (2004) dengan cara meningkatkan jumlah solar yang diinjeksikan kedalam ruang bakar. Torsi maksimum yang dicapai sistem *dual fuel* Dexlite-LPG yaitu sebesar 126,84 N.m. meningkat 24% saat G30 jika dibandingkan *single fuel*.



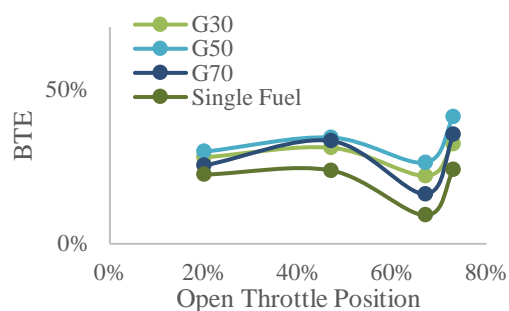
Gambar 3. pengaruh fraksi gas LPG terhadap daya

Penggunaan sistem *dual fuel* Dexlite-LPG akan meningkatkan daya dari mesin. Pada sistem *dual fuel* G70 daya maksimum meningkat dibanding *single fuel* yaitu sebesar 32,56 Kw. Kenaikan ini sekitar 28% dibanding *single fuel* yang hanya 25,37 Kw. Hal ini dikarenakan nilai kalor (LHV) dari gas LPG yang lebih tinggi dibanding nilai kalor (LHV) Dexlite. Peningkatan daya ini juga sejalan dengan penelitian Ngang & Abbe (2018) bahwa dengan meningkatkan suplai gas LPG ke dalam ruang bakar akan meningkatkan daya yang dihasilkan. Selain itu, menurut Andrew (2014) dengan meningkatkan jumlah propana yang terkandung dalam gas LPG juga dapat meningkatkan daya pada sistem *dual fuel* solar-LPG. Namun dalam penelitian ini jika fraksi LPG dinaikkan akan terjadi efek *knocking*. Fenomena *knocking* terjadi karena rendahnya suplai udara ke dalam ruang bakar seiring peningkatan suplai bahan bakar gas sehingga densitas di dalam ruang bakar menjadi naik. Bersamaan dengan kenaikan densitas di dalam ruang bakar berakibat dengan peningkatan *temperature* yang memicu bahan bakar mengalami *self ignition*. Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 3 di mana daya pada sistem *dual fuel* dengan meningkatkan fraksi gas LPG yang diberikan maka daya juga cenderung meningkat.



**Gambar 4. Efek variasi fraksi gas LPG pada dual fuel terhadap BSFC**

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4 terjadi penurunan nilai BSFC pada sistem *dual fuel* seiring dengan peningkatan fraksi gas LPG, pada mode *single fuel* BSFC 0.37 kg/Kwh turun menjadi 0.29 kg/kwh saat *dual fuel* G30. Hal ini menunjukkan bahwa *dual fuel* dengan Dexlite-LPG dapat menghemat konsumsi bahan bakar pada mesin diesel



**Gambar 5. Efek variasi fraksi gas LPG pada dual fuel terhadap BTE**

Peningkatan suplai gas LPG ke dalam ruang bakar pada sistem *dual fuel* dapat meningkatkan nilai BTE. Hal ini terbukti di mana BTE maksimum yang dicapai *dual fuel* yaitu sebesar 41% telah melampaui *single fuel* yang sebesar 24%. Rendahnya nilai BTE ini diakibatkan penurunan daya pada *dual fuel* sebelumnya. Rendahnya nilai BTE menunjukkan bahwa pembakaran masih belum berjalan dengan baik pada sistem *dual fuel*. Pembakaran yang belum baik ini dapat diatasi dengan meningkatkan suplai oksigen pada ruang bakar. Karena dengan kadar oksigen yang tidak mencukupi pada proses pembakaran akan menyebabkan *misfiring* dan tidak stabilnya pembakaran (Cacua, 2012).

Proses pembakaran yang stabil akan meningkatkan daya, efisiensi termal dan menurunkan tingkat konsumsi bahan bakar pada sistem *dual fuel* (Maxwell, 1993). Menurut Poonia (1999), dengan meningkatkan jumlah solar juga dapat meningkatkan efisiensi termal

pada sistem *dual fuel* solar-LPG. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya jumlah solar akan memicu pembakaran pada mesin menjadi semakin stabil.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan yaitu

1. Penggunaan sistem *dual fuel* Dexlite-LPG dapat meningkatkan torsi dan daya dibanding sistem *single fuel*. Daya meningkat 28 % terjadi saat *dual fuel* G70 torsi meningkat 24 % saat G30
2. Nilai *brake specific fuel consumption* (BSFC) pada *dual fuel* lebih kecil dibanding *single fuel*. Khususnya pada fraksi gas G50 Hal ini membuktikan bahwa sistem *dual fuel* dapat menurunkan tingkat konsumsi bahan bakar.
3. Penggunaan *dual fuel* Dexlite-LPG dapat meningkatkan efisiensi termal dari mesin. BTE tertinggi saat G50 dengan nilai 41% .

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, H. (2017). Performance and emission characteristics of a small diesel engine run in dual-fuel (diesel-biogas) mode. Case studies in thermal engineering, 179-191.
- Angga Ramadhany, Q., 2017. Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Timing Injeksi (Start of Injection) Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Mesin Diesel 4-Langkah Silinder Tunggal Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Etanol 182.
- Andrew C. Polk, C. D. (2014). An investigation of diesel-ignited propane *dual fuel* combustion. Fuel, 135-148.
- B.Ashok, S. A. (2015). LPG diesel *dual fuel* engine – A critical review. Alexandria Engineering Journal, 105-126.
- Chen, H. H. (2018). Engine combustion and emission fuelled with natural gas A review. Journal of the Energy Institute.
- E Anye Ngang, Claude Valery Ngayihi Abbe. (2018). Experimental and numerical analysis of the performance of a diesel engine retrofitted to use LPG as secondary fuel. Applied Thermal Engineering.
- Gumus, M. (2011). Effects of volumetric efficiency on the performance and emissions characteristics of a dual fueled

- (gasoline and LPG) spark ignition engine. Fuel Processing Technology, 1862-1867.
- H. Li, S. L. (2017). An investigation of the combustion process of a heavy-duty *dual fuel* engine supplemented with natural gas or hydrogen. International journal of hydrogen energy.
- Ihsan Karamangil, M. (2007). Development of the auto gas and LPG-powered vehicle sector in Turkey A statistical case study of the sector for Bursa. Energy Policy.
- Korakianitis, T., Namasivayam, A.M., Crookes, R.J., 2011. Natural-gas fueled spark-ignition (SI) and compression-ignition (CI) engine performance and emissions. Prog. Energy Combust. Sci. 37, 89–112. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2010.04.002>
- M. P. Poonia, A. R. (1999). Experimental Investigation of the Factors Affecting the Performance of a LPG - Diesel *Dual fuel* Engine. SAE .
- Saraf, R.R., Thipse, S.S., Saxena, P.K., 2009. Comparative Emission Analysis of Gasoline / LPG Automotive Bifuel Engine 3, 279–282.
- Selim, M. Y. (2004). Combustion Noise Measurements and Control from Small Diesel and *Dual fuel* Engines. SAE.
- Sinaga, N., Yuniyanto, B., Purba, D., Syaiful, Nugroho, A., 2019. Design and Manufacture of a Low-Cost Data Acquisition Based Measurement System for *Dual fuel* Engine Researches. {IOP} Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 598, 12031. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/598/1/012031>
- Veziir Ayhan, A. P. (2011). Performance and exhaust emission characteristics of a diesel engine running with LPG. International Journal of the Physical Sciences.