

Optimasi Kinerja Mesin Berbahan Bakar Liquefied Petroleum Gas

NASRUL ILMINNAFIK, ANANG RIFAI SETIYAWAN, RAHMA REI SAKURA

ABSTRACT

The depletion of liquid fuel supplies requires the use of other fuels in transportation vehicles. Gas fuel is one of the fuels that is still quite available including biogas, natural gas, and liquefied petroleum gas (LPG). The current use of LPG is still quite easy to obtain and the price is still affordable compared to root oil (BBM). The use of LPG as a fuel in motor vehicles still causes problems, namely the high combustion temperature due to the high heating value of LPG, thereby reducing engine performance. To lower the combustion temperature, added cooling injection in the combustion chamber. This research was conducted to determine a good injection cooling position in order to obtain better performance. The research was conducted on a 97 cc four stroke motorcycle engine at variations of 3000 – 8000 RPM. The cooling material used is a mixture of water and methanol with a composition of 50% by volume each. Cooling is injected in three different positions, namely P1 (top), P2 (middle), P3 (bottom) on the intake manifold, and using a normal intake manifold. The injection cooling position P1 has the best performance, which is indicated by the increased torque and engine power values, and the lowest values of CO and HC emissions are obtained. This is because at the injection cooling position above (P1), the injection direction is in the same direction as the flow so that a good mixture of fuel, air, and injection cooling occurs which causes the combustion temperature to decrease and torque and power increase and combustion occurs better.

Keywords: *four stroke SIE, LPG fuel, cooling injection*

PENDAHULUAN

Semakin bertambahnya penduduk menyebabkan peningkatan sarana transportasi di Indonesia sehingga masalah konsumsi energi juga meningkat. Sarana transportasi saat ini masih didominasi bahan bakar cair (BBM) padahal keberadaannya semakin terbatas dan harganya semakin mahal (Yulianto dkk, 2013). Selain itu, Indonesia adalah negara kaya potensi energi gas, diantaranya LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) dan gas alam (LNG/CNG). Dengan potensi tersebut, maka salah satu cara mengatasi terbatas dan mahalnya BBM adalah dengan mengganti bahan bakar minyak pada kendaraan bermotor dengan bahan bakar gas (Choirul dan Heru. (2014).).

LPG merupakan gas alam yang dicairkan dan merupakan campuran dari beberapa unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam Sudrajat. (2014). Pembakaran LPG menghasilkan emisi dan efek rumah kaca yang rendah (Morganti dkk, 2013). Langkah nyata untuk meningkatkan penggunaan LPG adalah melalui pengkajian modifikasi kendaraan bermotor berbahan bakar bensin untuk di konversi menggunakan bahan bakar gas (Ghozali M., 2014). Saat ini modifikasi yang sudah dilakukan menggunakan katub suplai solenoid sebagai pengganti mekanisme sistem bahan bakar minyak menjadi gas (Romandoni dan Siregar, 2013). Sejumlah peneliti telah melakukan penelitian menggunakan LPG sebagai bahan bakar kendaraan bermotor untuk mengukur prestasi motor dan emisi (Kalra dkk, 2014). Permasalahan yang sering terjadi

pada mesin berbahan bakar LPG adalah nilai kalor LPG yang cukup tinggi sehingga menyebabkan panas yang tinggi pada mesin Bagiyo. (2017). Panas yang terlalu tinggi pada mesin bisa menyebabkan terjadinya *engine knocking* yang dalam jangka waktu lama bisa mengakibatkan kerusakan komponen mesin dan menurunnya performa mesin (Indartono, 2015). Sulaiman dkk (2013) telah melakukan penelitian pada mesin 1 silinder Spark Ignition Engine (SIE) dengan membandingkan 2 macam bahan bakar yaitu gas (LPG) dan cair unleaded petrol (ULP). Hasil penelitian dinyatakan bahwa daya mesin menurun pada penggunaan bahan bakar LPG.

Mesin *Spark Ignition* (SI) berbahan bakar LPG dioperasikan pada kondisi yang sama dengan mesin SI berbahan bakar bensin, peningkatan emisi gas buang yang signifikan dapat dicapai. Namun, variasi dalam berbagai parameter kinerja mesin dan efeknya pada elemen struktur mesin tidak menjanjikan (Bayraktar and Orhan, 2005). Penggunaan LPG pada mesin berbahan bakar bensin menurunkan torsi dan daya (Sulaiman dkk (2013), Mahmud (2021), Muhammad dan Ilminnafik. (2018).

Untuk mengatasi hal ini, sejumlah penelitian telah dilakukan diantaranya penelitian Muhammad dan Ilminnafik (2018) pada motor bakar 4 langkah 100 cc bahan bakar LPG dengan menambahkan *water injection/cooling injection* yang dimasukkan melalui *intake manifold* untuk menurunkan suhu mesin. Hasil penelitian ini adalah penambahan *cooling injection* mampu meningkatkan daya mesin, dan mampu menurunkan konsumsi bahan bakar LPG. Nuarsa dkk. juga memvariasikan posisi penginjeksian bahan bakar LPG pada *intake manifold* untuk mengetahui konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor 4 langkah, dengan hasil pada putaran 4500 dan 6000 rpm nilai konsumsi bahan bakar pada posisi bawah ini lebih rendah dari pada variasi lainnya sehingga nilai konsumsi bahan bakar bensin lebih kecil Nuarsa. Made, Mara, Riskon. (2012). Penyemprotan bahan bakar gas yang dekat dengan ruang bakar akan mengakibatkan bahan bakar langsung menuju ke ruang bakar. Soyelmez dan Hakan (2013) telah melakukan water injeksi pada mesin SI 4 langkah 4 silinder dengan bahan bakar LPG dengan variasi beberapa rasio air dan bahanbakar.

Penelitian tentang cooling injeksi pada mesin berbahan bakar LPG perlu dilakukan dengan

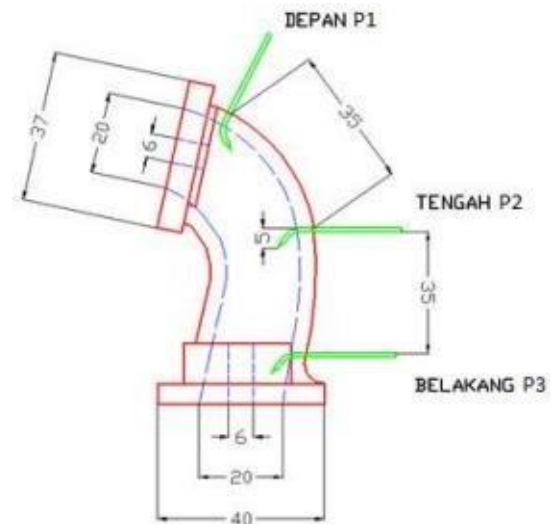
variasi posisi injeksi untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Mesin yang telah dimodifikasi sehingga bisa digunakan untuk bahan bakar LPG pada penelitian ini sama dengan penelitian In'amullah dkk (2020). Perbedaannya adalah pada penelitian ini mesin dihubungkan dengan *prony brake* untuk mendapatkan torsi mesin.

Bahan cooling injeksi adalah *water methanol injection A50* yaitu campuran air dan metanol dengan komposisi air 50% dan methanol 50%, hasil terbaik yang digunakan pada penelitian Muhammad dan Ilminnafik (2018).

Adapun variasi posisi cooling injeksi pada mesin sepeda motor berbahan bakar LPG dilakukan dengan 3 variasi posisi injektor, yaitu P1 (atas), P2 (tengah), P3 (bawah) pada *intake manifold*, serta menggunakan *intake manifold* normal (tanpa cooling injeksi) sebagai pembanding. Variasi posisi cooling injeksi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Posisi cooling injeksi pada *intake manifold*

Parameter yang diteliti adalah torsi, daya, efisiensi termal dan emisi gas buang. Penelitian ini dilakukan pada variasi putaran mesin 3000 – 8000 RPM.

Pengukuran emisi gas buang pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *gas analyzer*, dengan pendeteksi *probe gas analyzer* yang di tempatkan pada lubang knalpot ketika mesin pada kondisi *idle*. Sebelum *probe gas analyzer* dimasukkan dalam lubang knalpot, dilakukan kalibrasi

selama 30 detik dan selama kalibrasi mesin diharuskan menyala pada posisi *idle* sehingga nilai kandungan gas sisa pembakaran akan muncul pada layar *gas analyzer* saat *probe gas analyzer* dimasukkan pada knalpot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian pengaruh posisi cooling injeksi pada kinerja mesin 4 langkah 1 silinder dengan bahan bakar LPG. Hasil penelitian berupa torsi, daya, efisiensi, dan emisi adalah sebagai berikut:

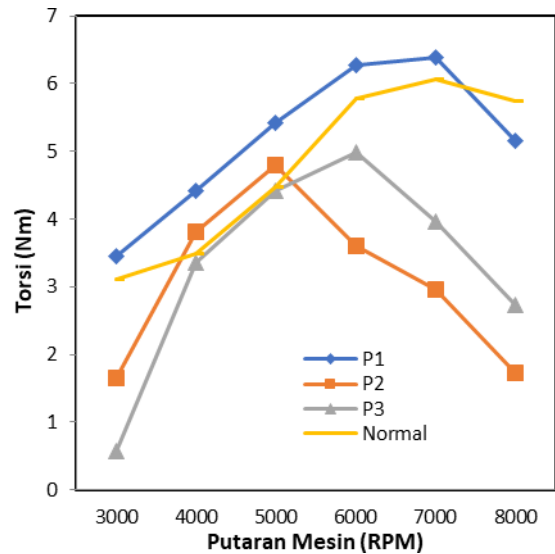
Torsi

Hasil penelitian berupa torsi mesin berbahan LPG dengan variasi posisi cooling injeksi ditunjukkan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa P1 atau posisi injeksi di atas mempunyai nilai torsi yang tertinggi dibandingkan pada kondisi yang lain. Nilai torsi tertinggi diperoleh pada putaran 7000 RPM dengan nilai 6,388 Nm. Posisi *cooling* injeksi P1 menyebabkan *cooling* injeksi bercampur dengan aliran udara dan bahan bakar lebih merata sehingga menyebabkan torsi yang dihasilkan lebih tinggi.

Ini berbeda pada posisi P2, dimana posisi cooling injeksi lebih dekat ruang bakar bahkan pada P2 paling dekat ruang bakar, hal ini menyebabkan proses pencampuran cooling injeksi dan bahan bakar-udara kurang baik sehingga menyebabkan penurunan suhu pembakaran berkurang yang menyebabkan torsi juga menurun. Pada putaran mesin 8000 rpm, aliran udara dan bahan bakar semakin tinggi sehingga aliran cooling injeksi tidak bercampur dengan baik menyebabkan torsi menurun lebih rendah dari torsi mesin tanpa *cooling* injeksi.

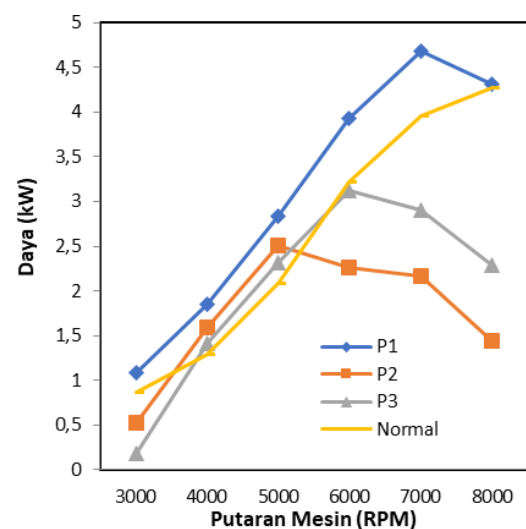
Daya

Hasil perhitungan daya pada variasi posisi cooling injeksi P1 (atas), P2 (tengah), P3 (bawah) pada *intake manifold* terhadap putaran mesin ditunjukkan Gambar 3. Pada gambar tersebut terlihat grafik mempunyai kecenderungan yang sama dengan torsi, karena daya merupakan perkalian torsi dan kecepatan sudut sehingga peningkatan torsi menyebabkan peningkatan daya mesin, dan juga sebaliknya.



Gambar 2 Torsi mesin pada variasi posisi cooling injeksi

Pada Gambar 3 terlihat daya mesin pada posisi injeksi P1 memiliki nilai tertinggi. Hal ini juga terjadi pada penelitian Muhammad dan Ilminnafik (2018) dimana penambahan *cooling* injeksi dapat meningkatkan nilai torsi dan daya pada motor. Udara yang lebih dingin memiliki motor oksigen yang padat dan tinggi, dengan demikian energi yang dihasilkan lebih tinggi. *Water injection* menginjeksikan air ke dalam ruang pembakaran yang akan terpecah menjadi uap yang terurai dalam bentuk hidrogen dan oksigen pada temperatur ruang pembakaran, hal ini dapat menghasilkan tenaga tambahan bagi mesin In'amullah dkk (2020).

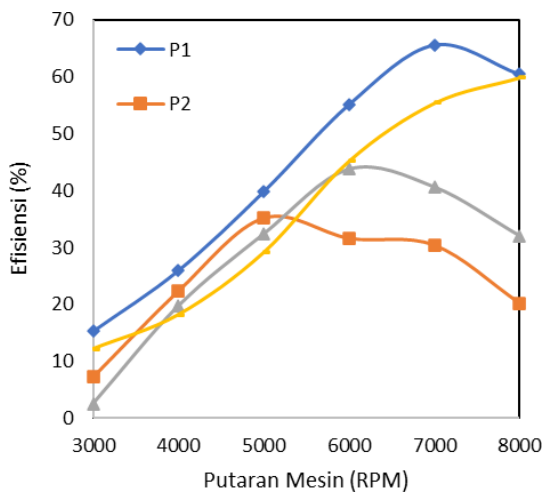


Gambar 3 Daya mesin pada variasi posisi injektor

Efisiensi Termal

Efisiensi termal merupakan besarnya energi panas yang dihasilkan oleh bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh mesin, dimana untuk menghitung efisiensi termal digunakan persamaan $\eta_{th} = bhp/(Q \cdot \dot{m})$, dimana bhp adalah daya (Watt); \dot{m} adalah konsumsi bahan bakar per waktu (kg/s); Q adalah nilai kalor bawah dari bahan bakar yang digunakan (J/kg). Dengan persamaan ini dan hasil pengambilan data maka dihitung efisiensi termal yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 5. Tingginya nilai efisiensi termal dihasilkan oleh pembakaran di dalam ruang bakar yang semakin baik (Mardani dan Reksa. 2008).

Pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa efisiensi termal maksimum terjadi pada posisi injektor P1 dengan nilai 65,66%. Efisiensi termal dari putaran mesin 3000 – 8000 mengalami kenaikan dan setelah mencapai puncak dari masing-masing variasi akan bergerak menurun secara perlahan. Pada gambar tersebut ditunjukkan bahwa pada variasi posisi cooling injeksi atas (P1) mengalami kenaikan yang signifikan pada putaran mesin 3000 -7000 rpm, hal itu menunjukkan bahwa posisi P1 dapat menghasilkan daya efektif pada putaran mesin 3000 – 7000 rpm. Dibandingkan dengan kondisi normal (tanpa cooling injeksi) nilai efisiensinya lebih rendah pada semua putaran mesin. Berbeda halnya dengan variasi P2 dan P3, yang mengalami kenaikan hanya sampai putaran mesin 5000 – 6000 rpm kemudian menurun pada putaran tinggi. Hal ini sesuai dengan hasil torsi dan daya yang menurun juganilainya pada putaran ini.



Gambar 5 Hasil perhitungan efisiensi termal terhadap putaran mesin

Emisi Gas Buang

Data hasil emisi gas buang ditunjukkan pada Tabel 1, dimana pada tabel tersebut ditunjukkan bahwa emisi terendah diperoleh pada mesin dengan posisi injeksi atas (P1) baik emisi hidrokarbon (HC) maupun karbon monoksida (CO). Adapun tanpa cooling injeksi, emisi hidrokarbon (HC) yang diperoleh pada penelitian ini paling tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya yaitu sebesar 994 PPM. Adapun kandungan CO pada variasi P2 dan P3 memiliki nilai yang sama sebesar 0.08%.

Tabel 1. Emisi gas buang

Emisi	P1	P2	P3	Normal
HC (PPM)	391	504	498	994
CO (%)	0,02	0,08	0,08	0,02

Hidrokarbon (HC) terjadi karena bahan bakar belum terbakar tetapi sudah keluar bersama gas buang akibat pembakaran kurang sempurna dan penguapan bahan bakar Sulistyono. (2013). Sedangkan emisi CO (karbon monoksida) yang dihasilkan pada variasi P2 dan P3 lebih besar dikarenakan posisi penginjeksian *cooling injection* lebih dekat dengan ruang bakar sehingga belum tercampur dengan campuran udara dan bahan bakar secara baik yang menyebabkan pembakaran terjadi kurang sempurna. Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Karbon monoksida dapat terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Pada mesin pembakaran dalam (ICE), penggunaan bahan bakar alternatif bersama dengan konsep pembakaran yang inovatif merupakan jalan yang memungkinkan untuk menggabungkan teknologi yang efisiensi dan rendah emisi (Sulaiman dkk, 2013). Sebagai bahan bakar alternatif, LPG mempunyai nilai oktan yang tinggi (sekitar 112), sangat baik untuk jenis mesin bensin (*spark ignited*). LPG menghasilkan emisi dan efek rumah kaca yang rendah dari suatu pembakarannya (Morganti, 2013)

KESIMPULAN

Penelitian pengaruh variasi posisi cooling injeksi P1 (atas), P2 (tengah), P3 (bawah) *cooling injection* pada *intake manifold* terhadap prestasi motor bakar empat langkah berbahan bakar LPG telah dilakukan. Kesimpulan penelitian adalah bahwa posisi cooling injeksi atas (P1) mempunyai kinerja yang terbaik, yang ditunjukkan dengan nilai torsi dan daya mesin yang meningkat, dan emisi CO dan HC yang diperoleh nilai paling rendah. Hal ini disebabkan pada posisi cooling injeksi di atas (P1), maka arah injeksi searah aliran sehingga terjadi campuran yang baik antara bahan bakar, udara, dan cooling injeksi yang menyebabkan suhu pembakaran menurun torsi dan daya meningkat serta pembakaran terjadi lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- Yulianto A.A., Farid A., & Suyatno A. (2013). Perbandingan Unjuk Kerja Motor Bahan Bakar Premium dan Liquefied Petroleum Gas (LPG). *Proton*. Vol 5 No 1, 1-5
- Choirul dan Heru. (2014). Pengaruh Pemanfaatan Gas Buang Sebagai Pemanas INTAKE MANIFOLD Terhadap Performa Mesin Supra X Tahun 2002.
- Sudrajat. (2014). Penggunaan bahan bakar gas pada mesin sepeda motor ditinjau dari aspek daya dan torsi. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 2, No. 4, Tahun 2014
- J.Morganti, K. Foong, T. M. J.Brear, M. Silva, G. d., Yang, & L.Dryer, F. (2013). The Research and Motor Octane Numbers of Liquefied Gas (LPG). *Fuel*, 797-811.
- Ghozali M. (2014). Analisis Pengaruh Penggunaan Premium dan Gasohol Terhadap Prestasi Motor Bakar Dengan Alat Uji Dynamometer Prony-Brake, Skripsi STT YBSI
- Romandoni, N., dan T. B. Siregar. 2013. Studi Komparasi Performa Mesin Dan Kadar Emisi Gas Buang Sepeda Motor Empat Langkah Berbahan Bakar Bensin Dan LPG. *Jurnal Teknik Mesin* 1(2): 1-9.
- Kalra. D., Dr. Veeresh, B.A., Kumar, M.V. 2014. Effects of LPG on the performance and emission characteristics of SI engine - An Overview. *IJEDR*1403019. Volume 2, Issue 3, ISSN: 2321-9939: 2997 – 3003
- Bagiyo. (2017). Karakteristik Emisi gas buang kendaraan berbahan bakar LPG untuk mesin bensin single piston. ISSN 2407-9189.
- Indartono. (2015). Pemakaian bahan bakar gas menjadi alternatif bagi kendaraan bermotor berbahan bakar premium. *Gema Teknologi*. Vol. 17 No. 1
- Sulaiman, M. Y., Ayob, M. R. and Meran, I. Performance of Single Cylinder Spark Ignition Engine Fueled by LPG. *Procedia Engineering* 53 (2013) 579 – 585
- Bayraktar H and Durgun Orhan. Investigating the effects of LPG on spark ignition engine combustion and performance. *Energy Conversion and Management* 46 (2005) 2317-2333
- Mahmud R., Ilminnafik N, Amrullah A., dan Aminudin A.. Pengaruh Bahan Bakar LPG Sistem Manifold Injeksi Terhadap Performa Single Cylinder Spark Ignition Engine. *JMESI*. 1 (1) 9-14
- Muhammad dan Ilminnafik. (2018). Optimasi Prestasi Motor Bakar Empat Langkah Berbahan Bakar Liquefied Petroleum Gas dengan Water Injection. ISSN: 1907-5995
- Nuarsa. I Made, I Made Mara, Riskon. (2012). Pengaruh Posisi Penyemprotan Bahan Bakar Gas Lpg Pada Intake Manifold Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin Bensin Empat Langkah Satu Silinder (Honda Supra X). Volume 2 No.1, Januari 2012.
- Soyelmez M. S and Hakan O. Water Injection Effects on the Performance of Four-Cylinder, LPG Fuelled SI Engine. *Open Access scientific Reports*. 2 (1) 2013. 1-3.
- In'amullah AR., Ilminnafik N., Jatisukanto G. Pengaruh medan elektromagnetik pada prestasi mesin motor bakar empat langkah dengan bahan bakar gas. *TURBO* Vol. 9, No. 1, 2020
- Mahmud, F., Bugis, H., & Basori. 2015. Rancang Bangun Water Injection Berbasis Mikrokontroler Serta Pengaruhnya Terhadap Torsi Dan Daya Sepeda Motor Honda Mega Pro Tahun 2009. *Jurnal Nosel*. 3(4):1-10
- Mardani, Reksa. 2008. Karakteristik Pembakaran Dari Variasi Campuran Ethanol-Gasoline (E30-E50) Terhadap Unjuk Kerja Sepeda Motor 4 Stroke Fuel Injection 125 CC. Tugas Akhir. Depok: Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Sulistiyono. (2013). Pengurangan Subsidi BBM Fosil Sebagai Momentum Pengembangan Energi Alternatif Jenis Biofuel. *Forum Teknologi*, 1-8.
- P.Napolitano, M. Alfè, C. Guido, V. Gargiulo, V. Fraioli & C.Beatrice (2020). Particle

emissions from a HD SI gas engine fueled
with LPG and CNG. *Fuel*, 269

PENULIS:

Nasrul Ilminnafik

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Jember, Jember.

Email: nasrul.teknik@unej.ac.id