

PENGARUH PENAMBAHAN GAS METANA PADA MESIN DIESEL DIRECT INJECTION

Christian Budi Santoso¹⁾, Willyanto Anggono²⁾
Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2)}
E-mail : christian271293@gmail.com¹⁾, willy@petra.ac.id²⁾

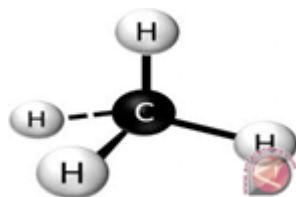
ABSTRAK

Meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor yang otomatis juga berdampak pada meningkatnya penggunaan bahan bakar minyak dan meningkatnya tingkat kadar gas polutan akibat pembakaran bahan bakar minyak yang berlebihan adalah masalah yang cukup serius bagi dunia terlebih lagi diprediksikan cadangan minyak dunia semakin tahun semakin menipis. Untuk mengatasi masalah ini perlu adanya pengalihan penggunaan bahan bakar minyak ke bahan bakar yang bersifat renewable atau bahan bakar terbarukan seperti bahan bakar gas. Karena permasalahan tadi, maka perlu diadakan penelitian terhadap penggunaan gas metana(BBG) pada mesin diesel yang notabene tidak memiliki busi sehingga tidak dapat menggantikan bahan bakar minyak menjadi bahan bakar gas seutuhnya. Dari penelitian yang sudah dilakukan pada mesin diesel yang ditambahkan bahan bakar gas, terdapat peningkatan terhadap performa(torsi dan daya) dan menurunnya konsumsi bahan bakar. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan bahan bakar gas ke dalam saluran intake dengan bantuan converter kit. Kemudian dilakukan pengujian terhadap performa dengan bantuan dynotest dan pengujian konsumsi bahan bakar.

Kata Kunci : Gas Metana, Solar, Dual Fuel, Diesel Engine

1. Pendahuluan

Salah satu gas polutan yang akan digunakan adalah gas metana. Metana adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH₄. CH₄ merupakan gas rumah kaca dengan konsentrasi terbesar kedua setelah karbondioksida. Diperkirakan tiap molekul CH₄ memiliki radiative forcing 21 kali lebih besar daripada CO₂ per molekul. CH₄ menyumbang 20% radiative forcing sehingga pengaruhnya terhadap pemanasan global cukup signifikan. Radiative forcing merupakan perubahan pada selisih antara energi radiasi yang masuk dan yang keluar di tropopause. Radiative forcing yang semakin besar akan menyebabkan suhu bumi semakin panas.



Gambar 1. Unsur gas metana

Penambahan gas metana pada mesin diesel direct injection, yang mana pengaplikasian bahan bakar

gas pada mesin diesel berbeda dengan pengaplikasian bahan bakar gas pada mesin bensin. Jika pada mesin bensin, bahan bakar minyak dapat digantikan 100% menjadi bahan bakar, pada mesin diesel bahan bakar minyak tetap digunakan untuk proses pembakaran. Gas metana di injeksikan ke dalam ruang bakar bersamaan dengan udara dari box filter udara saat langkah hisap. Dengan kata lain, setelah modifikasi dilakukan, maka saat langkah kompresi, campuran udara dan gas metana dikompres bersamaan dengan maksud menyempurnakan pembakaran dengan meningkatkan suhu pembakaran mesin diesel. Dengan adanya tambahan gas metana ini, mesin diesel menjadi mesin berbahan bakar ganda. Karena bahan bakar solar masih tetap digunakan untuk menyalakan/ meledakkan campuran udara dan gas metana. Sehingga dengan adanya penambahan/modifikasi pada sistem bahan bakar tersebut dengan menambahkan gas alam (metana) yang diinjeksikan langsung ke intake manipol diharapkan sistem pembakaran akan lebih sempurna dan lebih ramah lingkungan dari sebelumnya.

2. Metodologi Penelitian

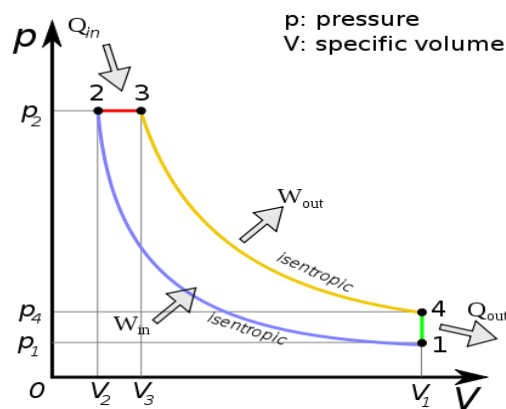
Mengumpulkan informasi dan data yang berkaitan dengan BBG (gas metan) dan mesin

diesel. Permodelan jalur-jalur distribusi gas dari tabung menuju intake. Mempersiapkan dan menentukan bahan-bahan untuk eksekusi di lapangan (mesin mobil). Melakukan pengujian dyno sebelum aplikasi gas maupun sesudah aplikasi. Hasil dan analisa, setelah dilakukan penelitian dan hasil dyno keluar, dilakukan analisa terhadap data-data dari hasil penelitian. Kesimpulan, menentukan kesimpulan dari hasil analisa apakah ada efek dari modifikasi pengaplikasian diesel dual fuel.

Sistem Kerja Mesin Diesel

Cara Kerja Mesin Diesel 4 Langkah. Seperti halnya pada motor bensin maka ada motor diesel 4 langkah dan 2 langkah, dalam aplikasinya pada sektor otomotif/kendaraan kebanyakan dipakai motor diesel 4 langkah.

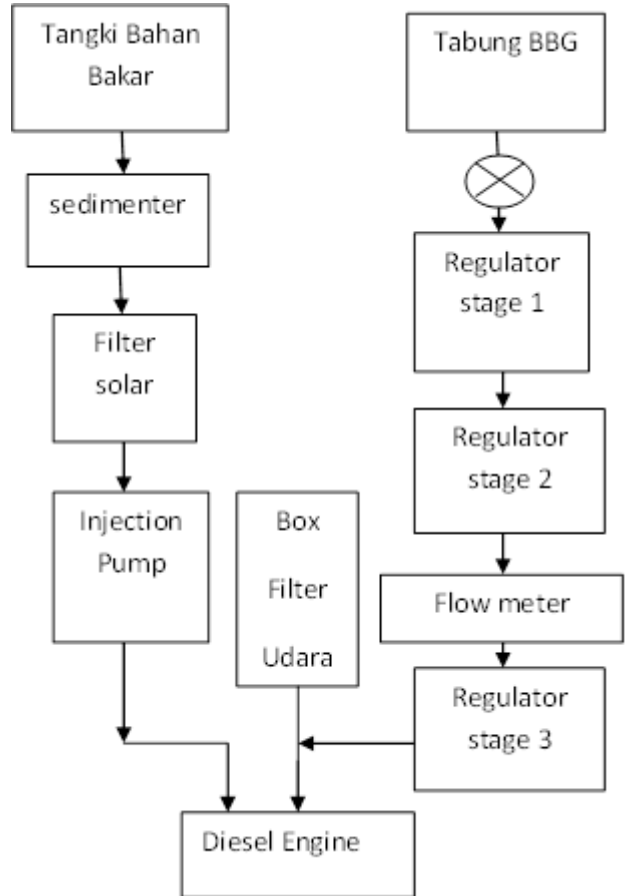
Pada mesin diesel 4 langkah, katup masuk dan buang digunakan untuk mengontrol proses pemasukan dan pembuangan gas dengan membuka dan menutup saluran masuk dan buang. Perbedaan nya, jika pada motor bensin, udara dan bahan bakar masuk bersama sama melalui intake manifold dan katup hisap, sementara di mesin diesel, hanya udara (gas) saja yang masuk ke ruang bakar melalui saluran masuk dan katup hisap. Perbedaan yang kedua, jika pada mesin bensin pembakaran diperoleh dari nyala bunga api pada busi, pada mesin diesel tidak demikian, melainkan dengan panas yang dihasilkan pada saat langkah kompresi udara, kemudian baru injector nozzle menyemprotkan bahan bakar yang sudah diatomisasikan (dikabutkan) sehingga mudah terjadi pembakaran.



Gambar 2. Siklus termodinamika sebuah mesin diesel ideal.

Permodelan Jalur-jalur Distribusi Gas

Permodelan jalur-jalur distribusi ini dibuat guna mempermudah proses pembuatan juga sebagai peta. Panjang selang distribusi disesuaikan dengan dimensi masing-masing kendaraan dan peletakan tabung gas. Untuk penelitian ini, kendaraan yang digunakan adalah ISUZU PANTHER diesel engine TBR54 dengan peletakan tabung gas di belakang kursi penumpang depan sebelah kiri.



Gambar 3. Jalur distribusi gas dari tabung gas menuju intake manifold

Pada tabung BGG terdapat gate valve yang berguna untuk membuka dan menutup aliran gas yang keluar dari tabung. Gas dari tabung hingga menuju intake dialirkan melalui pipa kuningan. Untuk menurunkan tekanan gas dari tabung agar dapat digunakan oleh mesin, maka gas dimasukkan ke dalam regulator stage 1 yang akan menurunkan tekanan gas namun pada tahap ini tekanan gas masih cukup tinggi, sehingga perlu diturunkan lagi tekanannya di dalam regulator stage 2. Setelah gas benar-benar pada tekanan rendah (low pressure), maka gas dimasukkan kedalam regulator stage 3 dimana pada regulator ini, gas diposisikan untuk siap dikonsumsi sewaktu-waktu. Didalam regulator

stage 3 ini terdapat katup membrane yang akan terbuka sesaat mesin pada langkah hisap.

Untuk mengukur besar kecilnya laju aliran gas sesuai dengan keinginan kita, maka kita gunakan flow meter gas. Pada flow meter ini terdapat valve yang dapat digunakan untuk mengatur besar kecilnya gas sesuai keinginan kita. Setelah besar laju gas yang kita inginkan tercapai melalui flow meter gas, maka gas siap diinjeksikan ke dalam mesin melalui jalur intake manifold. Untuk injectornya, dibuatkan lubang di saluran lorong intake dari filter udara. Sehingga gas masuk bersamaan dengan udara dari box filter udara saat langkah hisap.

Setelah campuran gas dan udara dikompresi, sesaat sebelum piston mencapai TMA, solar diinjeksikan oleh injector dengan tekanan tinggi sehingga terjadi pembakaran.

Proses Instalasi BBG Pada Isuzu Panther

Merancang peletakan tabung BBG (Bahan Bakar Gas) agar posisi tabung tidak mengganggu ruang dalam ruang kabin. Dalam percobaan ini, tabung BBG diletakkan di belakang jok penumpang depan sebelah kiri mengingat pada penelitian ini BBG hanya digunakan selama percobaan (tidak permanen). Apabila akan digunakan secara permanen, tabung gas bisa diletakkan di bagian belakang mobil atau bagasi mobil agar tidak mengorbankan kenyamanan penumpang pada baris tengah. Mengukur panjang selang dari tempat peletakan tabung BBG hingga ke intake manifold. Pada langkah ini perlu dilakukan kalkulasi dan penggambaran rencana aplikasi BBG secara keseluruhan agar tidak terjadi kekurangan bahan (selang,dll) saat proses aplikasi dilakukan. Membuat lubang di lantai mobil untuk jalan selang keluar mobil, dalam percobaan ini selang distribusi diletakkan di luar kabin guna mengantisipasi apabila terjadi kebocoran pada selang sehingga gas tidak bocor di dalam ruang kabin mobil. Membuat dudukan/pangkon untuk tabung BBG agar tabung tetap ada di tempat (tidak berpindah tempat selama perjalanan), pada percobaan ini tidak dibuatkan dudukan tabung BBG karena tabung dipastikan tidak berpindah kerana terapat oleh jok tengah dan jok depan kiri beserta console box tapi pada penempatan seperti ini akan mengorbankan kenyamanan penumpang pada baris tengah mengingat ruang kaki/leg room habis oleh adanya tabung. Merakit *converterkit* BBG (regulator stage 1, regulator stage 2 (katup membran). Dan membuat jalur untuk injector gas pada intake manifold. Pada proses ini yang bisa dibbilang agak rumit mengingat ruang/*space* sisa pada ruang mesin tiap-tiap mobil berbeda. Dalam proses ini perlu dipikirkan untuk membuat dudukan/brecket untuk

peletakkan *regulator* gas beserta pipa-pipa dan selang untuk jalur distribusi gas dari tabung di dalam kabin mobil hingga ke ruang mesin mobil.



Gambar 4. Rangkaian Converterkit BBG

Memasang *flowmeter* gas setelah regulator stage 2 dengan maksud mencari gas yang sudah bertekanan rendah (low pressure) agar dapat diukur dan terbaca oleh flow meter. *Flowmeter* ini berguna untuk melakukan *setting* atau *tunning* pada langkah berikutnya. *Flowmeter* memberikan informasi seberapa besar *flow* gas yang keluar dari regulator stage 1 dan menuju regulator stage 2 untuk kemudian gas ditampung sementara di regulator stage 2.



Gambar 5. Aplikasi Flowmeter pada regulator

Tunning basaran gas untuk pencampuran gas dan BBM yang sempurna. Gas yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar mesin diesel tidak dianjurkan untuk terlalu banyak. Apabila jumlah gas yang diinjeksikan terlalu banyak berdasarkan percobaan ini, mesin diesel akan tidak stabil berbeda dengan pada mesin bensin yang bahkan bisa mengkonsumsi gas hingga 100% tanpa menggunakan BBM (Bahan Bakar Minyak) lagi. Pada percobaan ini, hanya memodifikasi mesin diesel untuk menjadi dual fuel/bahan bakar ganda dalam arti mesin diesel tetap membutuhkan solar untuk proses pembakarannya.

Uji Konsumsi Bahan Bakar Isuzu Panther 2.5 MT Direct Injection

Uji konsumsi bahan bakar berfungsi untuk mengetahui berapa liter bahan bakar yang dikonsumsi suatu kendaraan untuk menempuh jarak tertentu tergantung hasil. Berikut adalah cara menguji/mengukur konsumsi bahan bakar (metode full to full): Kendaraan yang akan diuji harus dipastikan dalam keadaan *full tank*. Setelah kendaraan dipastikan pada kondisi *full tank* dan siap uji, maka trip meter pada speedometer diriset(dinolkan) atau bisa dengan cara mencatat kilometer awal. Gunakan kendaraan seperti biasa dengan kecepatan dan jarak tempuh yang sama, akan lebih baik bila rute yang dilalui sama. Setelah mencapai jarak tempuh tertentu dan dirasa cukup, maka tangki bahan bakar perlu diisi lagi hingga full tank untuk kemudia dapat diketahui jumlah liter yang terpakai Jarak tempuh pengujian akan terekam pada trip meter atau bila dengan cara manual yaitu kilometer akhir -- kilometer awal. Biasanya jika mengisi bahan bakar dan kita mendapat struk pengisian, maka akan tertera jumlah liter yang kita beli. Itu lah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin. Setelah mendapat data jarak tempuh dan jumlah liter yang digunakan, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut untuk menentukan konsumsi bahan bakar.

$$\text{Konsumsi BBM} = \frac{\text{Jarak Tempuh (Km)}}{\text{Solar yang terpakai (L)}}$$

Chassis Dyno

Mobil/motor secara keseluruhan dinaikkan ke atas meja dyno dan posisi roda penggerak berada tepat di atas roller/drum, roda mobil/motor memutar roller atau drum mesin dynotest. Pada percobaan ini, digunakan jenis dyno chasis dyno.



Gambar 6. Chasis Dyno

Prosedur Dynotest Pada Isuzu Panther 2.5 MT Direct Injection

Untuk menjalani Dynotest, ada beberapa prosedur dan persiapan yang perlu diperhatikan: Memastikan mesin dalam kondisi yang baik. Kendaraan yang akan diuji dyno harus dipastikan berada dalam keadaan baik. Yang dimaksud baik adalah bahwa mesin tidak mengalami gangguan atau sedang dalam masalah seperti misal mesin yang sedang dalam keadaan bocor kompresi dimana ini berpengaruh terhadap kinerja mesin tersebut. Memastikan kondisi ban baik. Pada proses dyno terutama pada chasis dyno seperti yang terapkan pada penelitian ini dimana ban memutar rolling/drum sehingga menghasilkan data maka ban sangat berperan penting dalam uji dyno ini. Oleh karena itu ban harus dalam kondisi baik. Tidak dalam kondisi tipis. Memastikan tekanan ban cukup. Pada saat akan melakukan dyno test, tekanan ban pada roda terutama pada roda penggerak harus dinaikkan hingga 30% – 50% dari tekanan normal. Memeriksa kekencangan belts. Timing belt, fan belt and other belts harus dalam kondisi baik. Jika didapati ada belt yang mulai retak atau aus, baiknya untuk segera diganti baru sebelum melakukan uji dyno. Memeriksa oli mesin. Oli mesin sangat penting bagi mesin saat beroperasi. Oleh karena itu ketinggian oli harus sesuai dengan standart yang dianjurkan oleh pabrik. Untuk memeriksa ketinggian oli mesin dapat dilakukan melalui dipstick oli. Memeriksa selang-selang pada jalur vital. Selang-selang pada jalur vital tidak bisa disepelekan seperti selang radiator,dll. Apabila terjadi kebocoran pada selang ini akan berdampak pada terjadinya overheat pada mesin karena cairan coolant bocor. Oleh karena itu, selang-selang harus dipastikan masih layak pakai. Memeriksa kondisi busi apakah dalam kondisi normal atau tidak (gasoline engine). Pada mobil bermesin bensin, busi memegang peran yang sangat vital untuk terjadinya proses pembakaran dalam ruang bakar. Oleh karena itu kondisi busi sangat mempengaruhi kinerja sebuah mesin. bila busi dlam keadaan mati pada satu ruang bakar saja, maka bisa dipastikan mesin akan tidak stabil dan berdampak pada performa mesin itu sendiri. Memeriksa ketinggian air radiator, agar dipastikan air radiator berada dalam ketinggian yang seharusnya. Radiator sebagai satu-satunya komponen mesin mobil yang bertugas untuk menjaga kestabilan suhu mesin mobil. Sehingga radiator juga sangat vital dan penting untuk dilakukan pengecekan agar tidak terjadi overheat pada mesin. Mengikat kendaraan untuk memastikan kendaraan tetap berada di tempat saat proses dyno sedang berjalan. Hal ini sangat perlu dilakukan mengingat mobil akan dirunning pada kecepatan dan Rpm yang sangat tinggi di

atas drum/roller. Tali pengikat juga harus dipastikan sudah dalam keadaan baik. Apabila hal ini disepelekan, tidak memungkinkan terjadi kecelakaan saat proses uji dyno sedang berjalan. Setelah kondisi kendaraan dipastikan dalam kondisi yang baik dan siap uji dyno, maka proses dyno test dapat dilakukan. Pada bagian depan mobil diberikan kipas berukuran cukup besar, ini dilakukan untuk mengkondisikan kendaraan saat berjalan dijalan, sehingga mesin tidak kekurangan udara saat beroperasi dan membantu radiator untuk mencegah terjadinya peningkatan suhu/temperature mesin.

Prosedur Melakukan Dyno test:

Operator dibantu oleh asisten dalam melakukan proses dyno. Mobil dirunning hingga mencapai peak power, pada proses running ini perlu dilakukan beberapa kali hingga grafik hasil torsi dan daya konsisten Saat mobil dirunning, posisi gigi yang digunakan adalah gigi 3. Hal ini karena gigi 3 mewakili semua gigi dalam mencapai torsi puncak dan power puncak. Selama proses running, computer membaca 3 data secara bersamaan. Yaitu RPM, torsi, dan power. Setelah mesin mencapai *redline*, maka computer akan menggambar grafik hasil dari torsi dan power. Proses ini dilakukan berulang hingga mencapai hasil konsisten

3. Hasil dan Analisa

Hasil Uji Konsumsi Bahan Bakar Isuzu Panther 2.5 MT Direct Injection

Table 1. Hasil Uji Konsumsi Bahan Bakar

Kondisi	Jarak tempuh	Liter Pemakaian	Perbandingan	Waktu Perjalanan
Standart	31,7	3,77	1:8,4	11.45-12.25
BBG 10L/min	31,7	2,71	1:11,69	13.25-14.20

Uji konsumsi bahan bakar ini dilakukan dengan metode full tank to full tank. Yaitu dengan cara mengisi tangki bahan bakar hingga penuh setelah itu kendaraan diuji jalan pada kecepatan, jarak, rute, dan pengisian bahan bakar di SPBU yang sama. Pengujian ini dilakukan dengan rute dari masuk tol waru dan mengisi bahan bakar di SPBU rest area ruas tol SBY-Porong Km26. Start pengujian dimulai dari SPBU kemudian turun exit tol Sidoarjo dan putar balik masuk tol lagi hingga turun di exit tol waru putar balik lagi dan finish di SPBU awal pengisian. Begitu seterusnya.

Dari hasil pengujian konsumsi bahan bakar, terjadi penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 1.06%. Penurunan konsumsi bahan bakar ini dapat terjadi karena proses pembakaran berlangsung lebih sempurna dan lebih efisien dari pada kondisi standart tanpa BBG.

Hasil Dyno Test Isuzu Panther 2.5 MT Direct Injection

Proses dyno test ini dilakukan dengan 2 kali uji dyno, yaitu uji dyno standart tanpa gas metana (BBG) dan uji dyno dengan menambahkan gas metana (BBG) sebanyak 10 Lt/min.

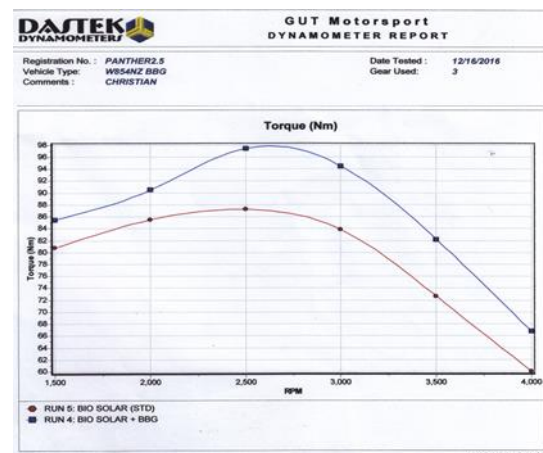
Pada kondisi standart, BBG belum diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Dengan kata lain, hasil dyno pada tahap ini merupakan kemampuan asli yang dihasilkan oleh mesin diesel isuzu panther 2.5l MT non turbocharge (4JA1).

Pada kondisi BBG 10 Lt/min ini mobil dirun/ diuji dyno dengan menambahkan gas BBG sebanyak 10 liter per menit. Untuk setting jumlah gas yang akan diinjeksikan ke ruang bakar digunakan flowmeter gas. Flowmeter gas ini yang berfungsi membatasi jumlah gas yang masuk sesuai settingan. Jadi, seberapapun besar katup embrane yang terbuka gas yang masuk tetap sebanyak 10 Lt/min.



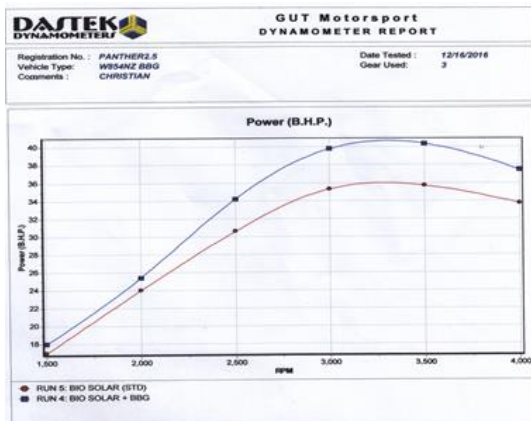
Gambar 7. Kondisi BBG 10 Lt/min

Hasil dynotest performa(torsi dan power) dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 8. Hasil Dynotest Torque Isuzu Panther 2.5 MT Direct Injection

Dari gambar 8 dapat dilihat adanya perubahan/peningkatan terhadap torsi puncak yang cukup signifikan yaitu sekitar 10%. Sehingga dapat dikatakan penambahan gas metana pada mesin diesel ini berhasil.



Gambar 9. Hasil Dynotest Power Isuzu Panther 2.5 MT Direct Injection

Penambahan gas metana juga berpengaruh pada peningkatan power kendaraan seperti yang tergambar pada hasil dyno pada gambar 9.

4. Kesimpulan

Dari berbagai proses pengerjaan Tugas Akhir dengan judul Pengaruh Penambahan Gas Metana Pada Mesin Diesel Direct Injection dapat diambil kesimpulan bahwa ada pengaruh yang cukup signifikan terhadap penambahan gas metana (BBG) pada mesin diesel direct injection dalam hal konsumsi bahan bakar dan performa mesin.

Namun penambahan gas kedalam mesin diesel harus dibatasi dan tidak dianjurkan untuk menambah gas metan terlalu banyak, hal ini dikarenakan karena proses pembakaran menjadi tidak sempurna dan berimbas pada rusaknya mesin diesel. Ini ditandai dengan meningkatnya Rpm mesin dan mesin menjadi tidak stabil ketika jumlah gas yang diinjeksikan terlalu banyak.

Pada penelitian ini jumlah gas yang diinjeksikan sebesar 10 Lt/min dan dari penambahan tersebut berdasarkan hasil dyno menunjukkan adanya peningkatan terhadap torque/torsi dan power secara signifikan dari kondisi standart tanpa gas. Dengan kata lain penambahan gas pada mobil diesel ini sangat memungkinkan dan bahkan menunjukkan adanya peningkatan performa pada kendaraan

Untuk konsumsi bahan bakar juga terjadi penghematan/pengurangan konsumsi solar yang cukup signifikan. Sehingga tujuan untuk mencari bahan bakar yang terbarukan (renewable) untuk mesin kendaraan yang masih mengkonsumsi BBM (Bahan Bakar Minyak) akan sangat memungkinkan untuk terjadi.

DAFTAR REFERENSI

1. Ashok B, Ashok, Denis S, Kumar, Ramesh C., LPG Diesel Dual Fuel Engine – A Critical Review, 2015
2. Taylor, Charles Fayette. The Internal-combustion Engine in Theory and Practice. MIT Press, 1985.
3. Hirst, Gordon. Biogas sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel, 2013
4. Rich, Haut, PhD., LaFleur Carolyn, PE.. Natural Gas Fuel For Drilling and Hydraulic Fracturing
5. Talibi, Midhat., Hellier, Paul., Balachandran, Ram anarayanan., Ladommatos, Nicos., Effect of Hydrogen Diesel Fuel co-combustion on Exhaust Emissions With Verification Using An in-cylinder Gas Sampling Technique, 2014
6. Operational Information the 4 Stroke Dual Fuel Engine "Safety Datasheet, Material Name: Methane" USA: Metheson Tri-Gas Incorporated. December 4, 2009. Retrieved December 4, 2011.
7. Anggono Willyanto. Laminar Burning Velocity and Flammability Characteristics of Biogas in Spark Ignited Premix Combustion at Reduced Pressure. Applied Mechanics and Materials, 2013
8. Anggono Willyanto. Effect of Inhibitors on Biogas Laminar Burning Velocity and Flammability Limits in Spark Ignited Premix Combustion. International Journal of Engineering and Technology, 3 Januari 2014