

Opimalisasi Pemanfaatan Bioetanol Pada Motor Bakar Bensin Melalui Modifikasi *Compression Ratio (CR) Dan Air Fuel Ratio (AFR)*

[*Optimal Utilization Bio ethanol on Petrol Engine Through Modification of Compression Ratio (CR) And Air Fuel Ratio (AFR)*]

Agus Sujono

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta, 57126
Hp. 08122714524, email : agus_sjn_uns@yahoo.co.id

Abstrak

Minyak bumi Indonesia segera habis, persiapan bahan bakar pengganti sudah dimulai, namun belum cukup memadai, mengingat sampai sekarang kebanyakan kendaraan untuk transportasi kecil masih mengandalkan premium. Sesuai dengan PerPres No. 5, tahun 2006, tentang kebijakan energy nasional, mengintruksikan untuk mengurangi konsumsi minyak bumi, beralih sebagian ke sumber energi baru dan terbarukan dengan target 17 % dari total kebutuhan energi ditahun 2025, atau sebesar 5 % adalah dari biofuel, termasuk bioetanol.

Motor bakar bensin (premium) (Otto) untuk beralih ke bioetanol sesungguhnya masih banyak yang perlu dikerjakan, mengingat berat molekul dan kandungan energi ataupun karakteristik bahan bakar secara detail berbeda . Maka antara lain perlu adanya modifikasi pada system pencampuran bahan bakar – udara yang memberikan perbandingan (AFR) yang sesuai dan perlu modifikasi pada perbandingan kompresi (CR) yang sesuai , agar dapat memberikan keluaran daya yang optimal , tanpa memberikan efek yang negatip.

Dalam penelitian ini telah dilakukan pada motor bakar bensin suatu modifikasi karburator melalui penggantian nozel dengan berbagai ukuran sehingga dapat memberikan berbagai nilai AFR . Juga modifikasi kepala silinder dengan menambah atau mengurangi *gasket* sehingga dapat memberikan berbagai nilai perbandingan kompresi. Dari data kedua modifikasi ini kemudian dianalisa dan dipilih suatu modifikasi yang optimal dalam menghasilkan daya keluaran .

Walaupun bioetanol mempunyai kandungan energi yang lebih rendah dari bensin , namun karena perbandingan kompresi (CR) dapat lebih tinggi (11,8) , perbandingan udara bahan bakar (AFR) lebih rendah (13) dan lebih tahan terhadap terjadinya detonasi (*nglitik, knocking*) , daya yang dihasilkan motor bakar dengan bahan bakar bioetanol dapat menyamai daya yang dihasilkan dengan bahan bakar bensin .

Keywords: *bioetanol, motor bakar, compression ratio, air fuel ratio, detonasi*

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki berbagai macam sumber daya alami berupa sumber energi fosil dan non-fosil (sumber energi baru dan terbarukan) seperti data dari Potensi Energi Nasional 2005 (ESDM) terlihat bahwa ketersediaan minyak bumi sebagai sumber devisa utama hanya bertahan sekitar 23 tahun. Permasalahan tersebut diperparah dengan penggunaan energi yang masih belum optimal seperti yang ditunjukkan dari data insentitas energi, dimana intensitas pemakaian energi di Indonesia lebih tinggi dari negara tetangga sesama anggota ASEAN. Dari pertimbangan *engineering* dan ekonomis, tingginya nilai intensitas energi mengindikasikan tingginya biaya untuk mengkonversikan energi menjadi *growth domestic*

product (GDP). Hal ini berarti bahwa efisiensi penggunaan energi di Indonesia masih sangat rendah.

Indonesia sudah menjadi “*net impoter country*” sehingga pencarian bahan bakar alternatif menjadi semakin mendesak. Sesuai dengan PerPres No. 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional, mengintruksikan untuk mengurangi konsumsi minyak bumi, beralih sebagian ke sumber energi baru dan terbarukan dengan target 17 % dari total kebutuhan energi ditahun 2025, atau sebesar 5 % adalah dari biofuel, termasuk bioetanol. Mengingat bioetanol dapat diproduksi dari produk pertanian (*renewable*) seperti jagung, tebu, bit, beras dll, maka bioetanol menjadi salah satu bahan bakar alternatif terbaik pada motor bensin.

Pengunaan bioetanol pada motor bensin (sering disebut *Flexible Fuel Vehicles -FFV*) seperti yang

dilakukan di USA, akan memerlukan banyak perubahan setting parameter motor maupun modifikasi beberapa komponen ataupun penambahan peralatan pada motor bensin (Otto) mengingat adanya perbedaan karakteristik/sifat-sifat fisik dan kimia yang signifikan antara etanol dan bensin/premium.

Maka antara lain perlu adanya modifikasi pada system pencampuran bahan bakar – udara yang memberikan perbandingan (AFR) yang sesuai dan perlu modifikasi pada perbandingan kompresi (CR) yang sesuai , agar dapat memberikan keluaran daya yang optimal , tanpa memberikan efek yang negatif.

Dalam penelitian ini dilakukan pada motor bakar bensin suatu modifikasi karburator melalui penggantian nozel dengan berbagai ukuran sehingga dapat memberikan berbagai nilai AFR . Juga modifikasi kepala silinder dengan menambah atau mengurangi gasket sehingga dapat memberikan berbagai nilai perbandingan kompresi. Dari data kedua modifikasi ini kemudian dianalisa dan dipilih suatu modifikasi yang optimal dalam menghasilkan daya keluaran .

Dengan demikian diharapkan daya yang dihasilkan motor bakar dengan bahan bakar bioetanol dapat menyamai daya yang dihasilkan dengan bahan bakar bensin .

Bahan bakar motor bensin (Otto) dapat menggunakan bahan bakar keluarga gasoline yang di Indonesia berupa premium, pertamax yang berbeda angka oktannya.

Perbandingan massa udara dan bahan bakar (AFR) stoikiometri bahan bakar

$$AFR = \frac{massa_{udara}}{massa_{bahan-bakar}}$$

AFR stoikiometri Iso-oktan (C₈H₁₈) = 15,03, AFR stoikiometri bioetanol (C₂H₅OH) = 8,94 , AFR stoikiometri campuran Iso – oktan 80 % + bioetanol 20 % (E20) = 13,73 Kandungan energi premium = 7045 kal/ml , sedang kandungan energi etanol 95% = 5185 kal/ml .

Perbandingan AFR aktual / AFR stoikiometri = λ , disebut sebagai batas campuran udara bahan bakar berlebih atau kurang. $\lambda = \frac{AFR.aktual}{AFR.stoikiometri}$

Bila λ = 1 berarti kondisi stoikiometri, campuran bahan udara / bahan bakar adalah pas . Bila λ < 1 berarti kondisi campuran bahan udara / bahan bakar adalah campuran kaya bahan bakar (bahan bakar berlebih) . Bila λ > 1 berarti kondisi campuran bahan udara / bahan bakar adalah campuran miskin bahan bakar (bahan bakar kurang) .

Angka oktan RON : Iso-Oktan = 100, n-heptan = 0, Premium Pertamina = 88 , gasoline Jepang = 90 , Pertamax Pertamina = 92 , Super unleaded US 10 % etanol (E10) = 97 , Pertamax Racing Pertamina = 100 , Etanol = 108,6 , Toluene = 111 , Methane = 120 , Hydrogen > 130 .

Rasio kompresi adalah perbandingan volume campuran bahan bakar dan udara ketika torak sampai di ujung langkah induksi, dengan volume tertentu ketika torak sampai di ujung langkah kompresi (pemampatan).

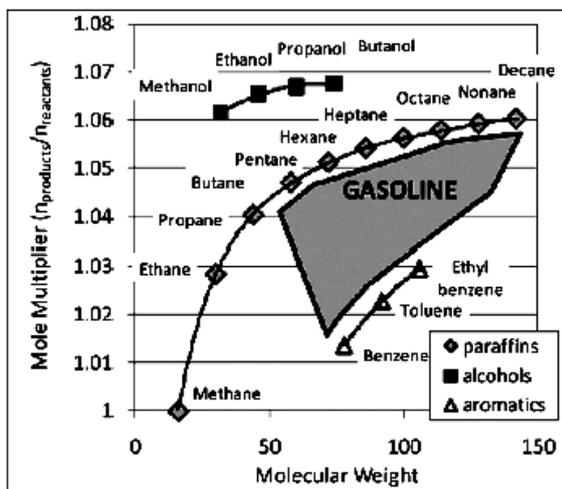
Rasio kompresi (CR) dapat didefinisikan dengan :

$$CR = \frac{Vd + Vc}{Vc} \quad (\text{Heywood, 1988})$$

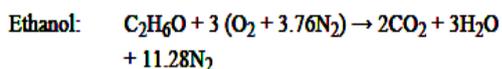
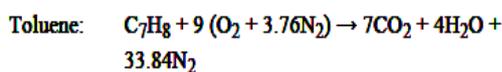
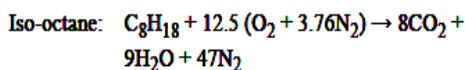
Vd = Volume langkah torak

Vc = Volume minimum / sisa langkah torak

Penelitian terdahulu antara lain : Setiyawan (2005,2007) melakukan penelitian campuran premium dan etanol dengan prosentase etanol (30% dan 85%) dan premium (70% dan 15%) dengan memvariasikan diameter main jet. Setiyawan dkk. (2006) membandingkan campuran etanol dan premium (E30) dan MTBE (Pertamax Plus) sebagai octane booster, dimana hasilnya menunjukkan bahwa etanol mempunyai unjuk kerja lebih rendah tetapi mempunyai ketahanan knocking yang lebih tinggi dibandingkan MTBE. Halvorsen (1998) menguji E10 dan E-85 pada mobil cevrolet 3.1 liter susunan silinder V dengan sistem injeksi, mendapatkan hasil bahwa dengan menaikkan rasio kompresi dari 9,71 menjadi 10,32 daya yang dihasilkan sama seperti pemakaian E-10 tetapi terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar 21,6%. Jeuland (2004), meneliti



Gambar 1. Macam bahan bakar motor Otto (Demirbas, 2009)

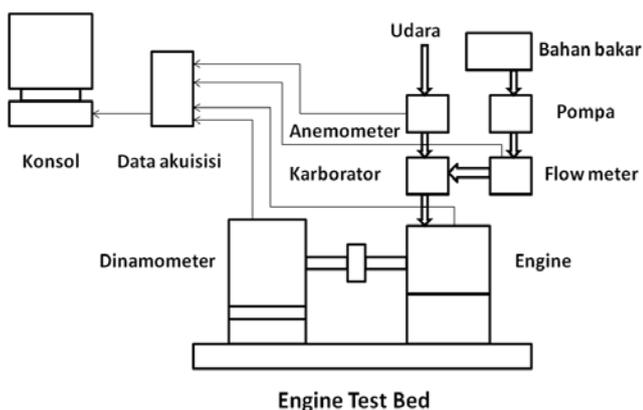


etanol murni pada motor bensin yang dilengkapi dengan turbocharger dan motor dimodifikasi pada system saluran bahan bakar, geometri silinder dan menaikkan rasio kompresi dari 9,5 menjadi 12,5. Pada beban penuh, torsi dan daya maksimum yang dihasilkan lebih besar 15% dibandingkan bahan bakar bensin.

Clark et. al. (2004) menguji E-85 dan dibandingkan dengan E-10 dan gasoline pada motor bensin stasioner dengan memodifikasi diameter main jet untuk mendapatkan campuran mendekati stokiometri dan mevariasikan ignition timing. Konsumsi bahan bakar E-85 meningkat 30%, emisi HC dan NOX menurun sedangkan CO tidak berubah secara signifikan dibandingkan gasoline. Jia, dkk. (2005) meneliti pengaruh ethanol terhadap emisi gas buang, CO, CH, NOx, yang memberi kesimpulan bahwa ethanol akan mengakibatkan bahwa emisi gas buang motor bakar akan lebih baik (lebih kecil). Topgul T, dkk., 2006, meneliti pengaruh waktu pengapian terhadap torsi output dan konsumsi bahan bakar. Peningkatan torsi pada semua penambahan etanol terjadi pada compression ratio 10:1, penurunan CO terbesar (32%) terjadi ada E40 dan compression ratio 9:1 sedangkan penurunan HC terbesar (31%) terjadi pada E60 dan compression ratio 10:1

Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Eksperimen ini menggunakan *Engine Test Bed* (ETB) Dynamite 200 hp, yang pokok mengukur torsi, putaran, laju udara dan bahan bakar dari motor bakar yang diteliti. ETB dilengkapi dengan konsol yang mengendalikan besar torsi dan katup karborator (*throttle*) dan data akuisisi yang mencatat semua data yang diperlukan.



Gambar 2. Rangkaian peralatan penelitian

Motor bakar (engine) yang dipakai adalah Toyota KE 20 F 1166 cc, bore x stroke = 75mm x 66mm, 4 langkar, 4 silinder segaris, CR = 9,3 standar, dengan karburator.

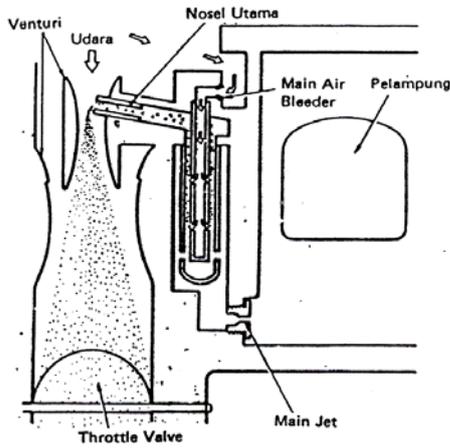


Gambar 3. Engine Test Bed Dynamite dan motor bakar bensin (Otto)

Eksperimen pertama adalah menjalankan mesin dengan kondisi standar dengan bahan bakar bensin (premium) dan bahan bakar bioetanol secara bergantian (tidak dicampur), dengan besar bukaan karburator 40%. Torsi dynamometer sebagai beban motor dapat diperbesar ataupun diperkecil sehingga motor berjalan pada putaran tertentu. Torsi dan putaran akan menghasilkan daya motor yang terjadi saat itu. Data aliran udara dan bahan bakar saat itu juga dicatat dalam computer secara otomatis (*real time*) setiap saat.

Kedua menjalankannya dengan modifikasi perbandingan kompresi (CR) yang dirubah dengan memotong kepala silinder sekitar 2 mm, sehingga diperoleh CR tertinggi = 11,8. Dalam kondisi CR tertinggi mesin ini diberi bahan bakar etanol 96% untuk diukur torsi, putaran, aliran udara dan bahan bakarnya.

Ketiga menjalankannya dengan modifikasi karborator dengan mengganti berbagai ukuran besar *primary main jet* (*orifice, spuyer*) sehingga dapat memberikan aliran bahan bakar yang bervariasi, dan dengan demikian kondisi perbandingan udara – bahan bakar (AFR) menjadi bervariasi. Hal ini dilakukan untuk bahan bakar bensin maupun etanol. Untuk masing-masing variasi dicatat torsi, putaran, aliran bahan bakar dan udaranya. Bila *primary main jet* diperbesar, maka aliran bahan bakar akan bertambah, sehingga campuran udara bahan bakar akan menjadi kaya bahan bakar. Sebaliknya bila *primary main jet* diperkecil, maka aliran bahan bakar akan berkurang, sehingga campuran udara bahan bakar akan menjadi miskin bahan bakar.

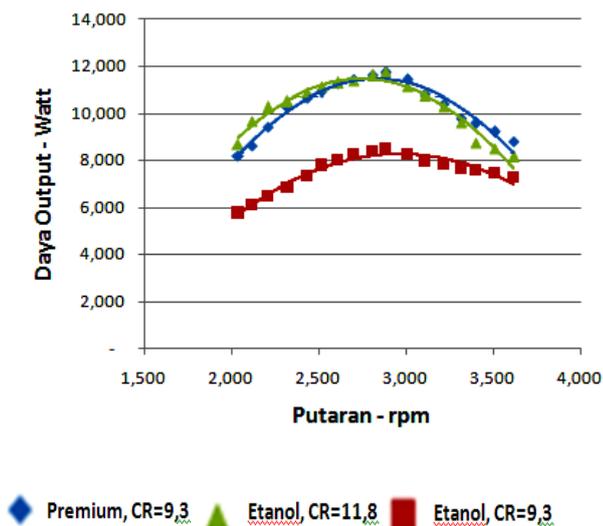


Gambar 4. Carburator (Toyota Astra Motor)

Hasil dan Pembahasan

Eksperimen untuk mengetahui pengaruh CR terhadap daya output mesin dilakukan pada kondisi bukaan katup karborator (*throttle*) 40 % , dengan putaran yang bervariasi yang akan menghasilkan torsi output tertentu , baik untuk bahan bakar premium maupun etanol . Untuk bahan bakar premium, dilakukan pada CR=9,3 , tetapi untuk CR=11,8 tidak dilakukan pada premium , sebab akan terjadi detonasi (*knocking, nglitik*) . Untuk eksperimen etanol, dilakukan pada CR=9,3 maupun CR=11,8 .

Hasil mengukur torsi bersama dengan putaran , dihasilkan daya output mesin , yang datanya dipaparkan pada Gambar 5 berikut :

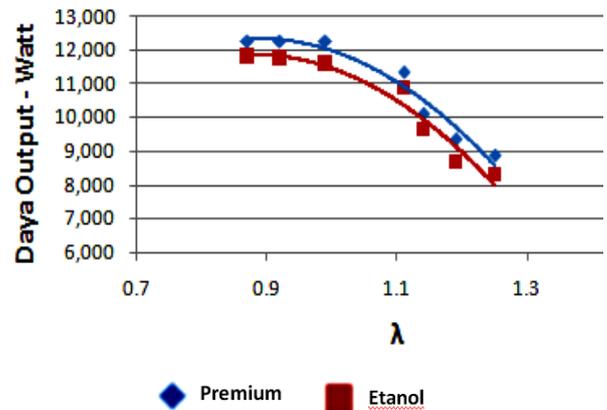


Gambar 5. Hasil ekperimen pengaruh CR terhadap daya mesin untuk bahan bakar premium dan etanol

Dari data dalam gambar terlihat bahwa untuk CR = 9,3 (standard) , daya output mesin akan lebih besar bila diberi bahan bakar premium , namun tidak dapat

ditingkatkan lagi dayanya , sebab nilai oktan premium hanya 88 dan bila CR ditambah akan terjadi detonasi . Untuk bahan bakar etanol , berhubung nilai oktannya lebih tinggi (108,6) dan walaupun kandungan energi etanol lebih kecil dibanding premium , ternyata CR dapat ditingkatkan menjadi 11,8 , sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna dan dapat menghasilkan daya yang lebih besar .

Eksperimen untuk mengetahui pengaruh AFR terhadap bahan bakar , yang dilakukan dengan mengganti *primarymain jet* dengan berbagai ukuran yang lebih besar maupun lebih kecil pada karburator , mengakibatkan aliran bahan bakar dapat lebih besar ataupun lebih kecil pada aliran udara tertentu atau putaran tertentu , sehingga AFR akan bervariasi , juga λ bervariasi . Data eksperimen untuk maksud tersebut dipaparkan pada Gambar 6 , berikut :



Gambar 6. Hasil eksperimen pengaruh AFR terhadap daya output pada putaran = 3000 rpm

Data yang dihasilkan pada eksperimen tersebut terlihat bahwa untuk CR yang sama , walaupun aliran bahan bakar etanol ditambah , daya dihasilkan oleh mesin dengan bahan bakar premium tetap lebih tinggi , walupun tidak banyak .

Kesimpulan

Dalam upaya untuk segera memanfaatkan etanol sebagai pengganti bensin pada motor bakar Otto , secara lebih efektif dan efisien telah dilakukan eksperimen menyangkut pengaruh CR dan pengaruh AFR terhadap prestasi mesin , seperti yang telah dilakukan tersebut ternyata cukup berguna untuk lebih memahami permasalahannya , bahwa pemanfaatan etanol perlu adanya penyesuaian konstruksi atau komponen ataupun penyetelan yang perlu dilakukan pada motor bensin tersebut , tidak hanya sekedar mengganti premium dengan etanol yang tinggal diisikan kedalam tangki .

Dari pembahasan diatas dapat diambil

kesimpulan bahwa : dengan meningkatkan CR = 11,8 dan aliran bahan bakar etanol sehingga $\lambda \leq 1$, mesin dapat menghasilkan daya yang cukup mampu menyamai prestasi mesin dengan bahan bakar premium .

Ucapan Terima kasih

Terima kasih pada Laboratorium Motor Bakar , Teknik Mesin , Fakultas Teknik , Universitas Sebelas Maret , Surakarta .

Referensi

- Clark, Chris, Yanrong Zhang dan Khesav Varde, ,”*Investigation of Combustion and Emission from Gasoline-Ethanol Fuled Engine*, Project Report, University of Michigan, USA (2004)
- Demirbas A, *Bioalcohols as Alternatives to Gasoline*, Energy Sources, Part A, 31:1056–1062, 2009 Copyright © Taylor & Francis Group, LLC ISSN: 1556-7036 print/1556-7230, 1Silva Science, Trabzon, Turkey (2009)
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, *Blueprint Pengelolaan energi Nasional (PEN) 2005 – 2025* (2004)
- Halvorsen, Ken, C., ”*The Necessary Component of A Dedicated Ethanol Vehicle*”, Mater Thesis, University of Nebraska, USA (1998)
- Heywood, John B., *Internal Combustion Engine Fundamental*, McGraw Hill Book Company, New York (1988)
- Jia Li-Wei, Mei-Qing Shen, ”*Influence of ethanol-gasoline n%blended fuel on emission characteristics from a four-stroke motor cycle engine*”, Journal of Hazardous Materials (A123), 29-34, Elsevier (2005)
- Jeuland, N., et.al. ”*Potentiality of Ethanol As Fuel For Dedicated Engine*”, Oil and Gas Technology Journal, Vol. 59, No.6, pp.559-570, Institut Frances du Petrole (2004)
- Setiawan, Atok., ”*Pengaruh Diameter Main Jet Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Cetus Berbahan Bakar Campuran Premium Dan Etanol*”, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Dan Industri I, Universitas Tarumanegara, Jakarta (2005)
- Setiawan, Atok., ”*Uji Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Campuran Etanol 85% Dan Premium 15% Dengan Variasi Diameter Mainjet*” Seminar

Nasional Teknik Mesin dan Industri, Universitas Tarumanagara, Jakarta (2007)

Topgul Tolga, Huseyin Serdar Yucesu, ”*The effects of ethanol-unleade gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions*”, Journal of Renewable Energy (31), 2534-42, Elsevier (2006)