

## PENGARUH PROSENTASE ETANOL TERHADAP TORSI DAN EMISI MOTOR *INDIRECT INJECTION* DENGAN MEMODIFIKASI *ENGINE CONTROLE MODULE*

Hadi Rahmad, Mega Nur Sasongko, Widya Widjayanti  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jln. MT. Haryono 167 Malang 65145  
Telp (0341) 554291  
Email: hadirahmadsmknudanawu@yahoo.co.id

### ABSTRACT

*This research present the torque and exhaust emission level from four stroke indirect injection fuel system engine. An engine fueled by ethanol gasoline blend. The original Engine Controle Module injected lean mixture into Combustion Chamber. Lean Mixture decreased Torque drastically. Therefore, the Engine Controle Module was modified to produce stoichiometric mixture. Injector was controlled by digital pulse of Fuel Controller. Ethanol was added into gasoline 0% - 100% at 1500 rpm-5000 rpm. The result demonstrate that increasing ethanol concentration into gasoline fuel system, decreasing Torque, and CO, HC, CO<sub>2</sub> emission. By increasing ethanol concentration also increase CO<sub>2</sub> emission to 34.6%.*

**Keyword:** *Ethanol, Engine Controle Module, Torque, HC, CO, CO<sub>2</sub>*

### PENDAHULUAN

Berat molekul etanol lebih rendah bila dibandingkan dengan bensin. Hal ini juga berarti kandungan karbon dan hidrogennya juga semakin rendah. Sehingga kalau dihitung nilai *Lower Heating Value (LHV)* juga lebih rendah jika dibandingkan dengan bensin. Sehingga panas yang dihasilkan dari proses pembakaran akan lebih rendah. Hal ini juga berarti bahwa energi yang dihasilkan untuk menekan batang torak (connecting rod) juga semakin kecil jika dibandingkan dengan bensin sehingga Torsinya juga akan turun karena efisiensi panas selalu sebanding dengan torsi mesin pada pembakaran setiap massa udaranya. Akibatnya Torsi yang dihasilkan akan berkurang.

Etanol memiliki kandungan Karbon dan hydrogen yang lebih rendah maka kandungan Oksigen (O<sub>2</sub>) akan semakin tinggi. Sehingga menggunakan bahan bakar etanol membuat pembakaran menjadi sempurna karena kandungan oksigen lebih banyak dibandingkan dengan bensin. Jika kendaraan menggunakan etanol lebih banyak maka kandungan CO, HC dan CO<sub>2</sub> akan cenderung turun

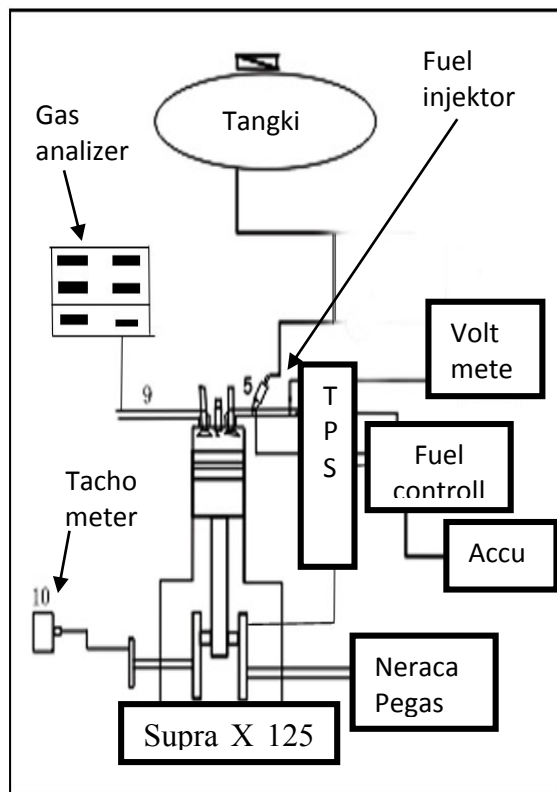
Dengan menggunakan media standart dari pabrik maka penurunan torsi

terjadi cukup tinggi dikarenakan nilai kalor yang rendah dari etanol yang membuat temperatur mulai langkah hisap dan temperatur akhir pembakaran. Selain itu yang membuat penurunan torsi yang lainnya yaitu campuran yang masuk ke ruang bakar cenderung miskin karena program Engine Controle Module tidak dapat dirubah. Dengan tidak dapat dirubahnya program *Engine Controle Module* maka injektor hanya akan menyemprotkan bahan bakar sesuai program dari ECM motor bensin. Penyemprotannya hanya akan mencampur massa udara dengan massa etanol dengan perbandingan 1:15. Dan hal ini membuat campuran bahan bakar yang cenderung miskin. Campuran yang miskin akan membuat penurunan torsi yang sangat tinggi.

Untuk mengurangi penurunan torsi yang terjadi pada motor standart dan untuk mengetahui seberapa kadar emisi yang dihasilkan maka peneliti membuat pengontrol bahan bakar. Pengontrol bahan bakar (*fuel controller*) akan memberikan signal kepada injektor berupa signal digital sesuai keinginan peneliti. Sehingga dengan fuel controller tersebut campuran yang masuk ke ruang bakar dapat dijaga pada kondisi ideal (stoikiometri). Dengan kondisi yang stoikiometri akan didapatkan penurunan torsi yang tidak terlalu

tinggi dalam upaya mempertinggi efisiensi bahan bakar. Dengan fuel controller campuran yang masuk ke dalam ruang bakar diatur dengan cara membuat pengatur yang dapat mengatur signal digital yang masuk ke dalam injector dengan cara mengatur *dutycylenya*. Sehingga dengan pengaturan itu, peneliti bisa mendapatkan campuran yang ideal. Dengan pengaturan ini maka data yang akan dihasilkan diharapkan lebih akurat.

**METODOLOGI PENELITIAN**



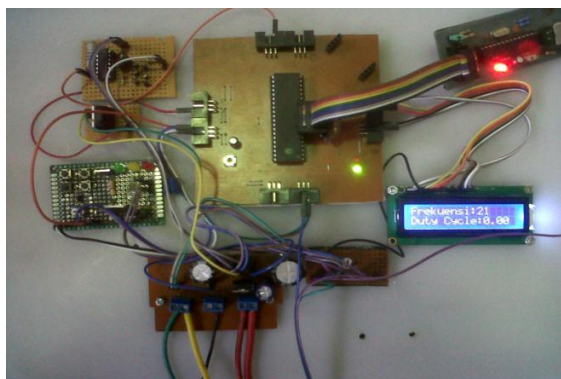
**Gambar 1.** Skema Instalasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan motor HONDA PGMFI. Namun dengan kondisi standart mesin PGMFI tidak mampu menjaga kondisi campuran hingga mencapai 1. Dengan adanya kekurangan tersebut maka peneliti membuat Fuel Controller untuk mengatur Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan dengan mengatur *Dutycycle* dan Frekwensi seperti terlihat pada Gambar 2 dengan menggunakan Mikro Kontroller Atmega 16

Dengan Fuel Controller mampu mengambil alih kerja injektornya dengan

memberikan Signal digital pada transistor PNP sehingga Transistor mampu mengendalikan injector dengan menghubungkannya ke massa. Dengan dihubungkannya ke massa jika injector telah dialiri arus listrik maka injector akan membuka. Sebaliknya jika transistor tidak menghubungkan injektor ke massa maka injektor akan menutup. Lama membuka dan menutupnya injektor dapat dikendalikan sesuai kebutuhan peneliti.

Udara masuk melalui throttle body dan diatur oleh *Throtle Position Sensor* (TPS). Pengaturan pembukaan derajat katup gasnya tergantung peneliti. Karena TPS berupa Potensiometer maka jika gas dibuka maka Signal tegangan analognya disalurkan melalui kabel Vta memberikan signal ke fuel controller. *Fuel controller* mengolah signal itu sebagai inputan. Fuel Controller mengkonversi signal analog tersebut menjadi signal tegangan digital sehingga dapat digunakan untuk mengaktifkan Transistor NPN. Dengan adanya signal digital tersebut maka Injektor akan dihubungkan ke massa oleh transistor. Sehingga injektor menyemprot dan tidak menyemprot berdasarkan signal pengontrol bahan bakar (*fuel controller*).



**Gambar 2.** *Fuel controller* (pengatur jumlah bahan bakar yang diinjeksikan)

Penyemprotan injektor dapat diatur dengan menekan tombol (*push button*) pada *fuel controller*. Jika menghendaki suplai bahan bakar lebih banyak maka peneliti tinggal menekan tombol *Dutycycle*. Penambahan angka *Dutycycle* (DC) maka durasi penyemprotan pada frekwensi tertentu akan semakin panjang. Karena *dutycycle* adalah perbandingan antara waktu injektor

menyemprot ( $T_{On}$ ) dengan Waktu yang dibutuhkan dalam satu periode.

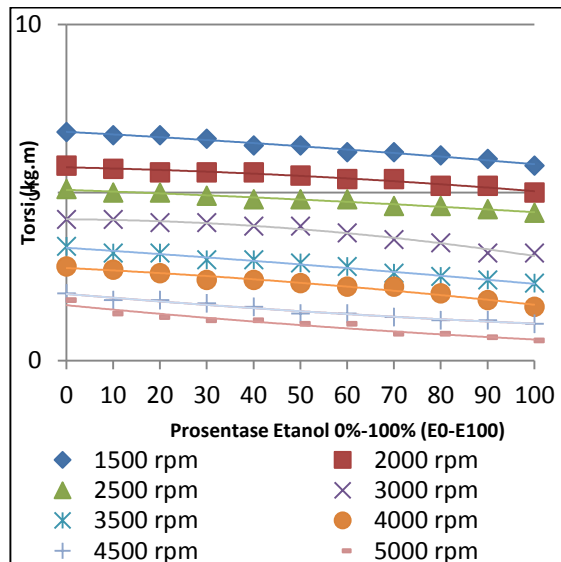
Dengan skema penelitian ini campuran bahan bakar dapat langsung dilihat pada *gas analyzer*. Ketika nilai lambda ( $\lambda$ ) mendekati 1 maka dapat disimpulkan bahwa campuran bahan bakar dan udara sudah ideal. Apabila nilai lambda melebihi 1 maka campuran terlalu miskin. Oleh karenanya supaya nilai lambda mendekati 1 maka peneliti tinggal menekan tombol untuk mempertinggi *Dutycycle*. Karena nilai lambda adalah perbandingan udara yang sebenarnya / udara teoritis. Jika nilai lambda terlalu tinggi maka sebenarnya jumlah udara yang masuk ke dalam ruang bakar (*combustion chamber*) terlalu banyak untuk itu campuran harus ditambah suplay bahan bakar. Begitu pula jika sebaliknya.

Dalam menentukan *dutycycle* yang paling tepat untuk mendapatkan campuran bahan bakar yang *stoichiometri* memerlukan pasangan-pasangan harga Tegangan yang dikeluarkan oleh *Throttle Position Sensor (TPS)* ke *Fuel Controller*, *Frekwensi*, *Dutycycle*, Putaran Motor. Sehingga didapatkan pasangan harga pada setiap beberapa derajat pembukaan katup gas nya. Pengambilan data emisi gas buang harus berdasarkan pasangan-pasangan harga tegangan, Frekwensi, *dutycycle*, Jumlah putaran maksimal. Sehingga didapatkan kadar CO, HC, CO<sub>2</sub> pada masing-masing perubahan bahan bakarnya. Setelah selesai mengambil data Kadar CO, HC, CO<sub>2</sub> dari Gas Analyzer maka pasangan harga diatas dapat digunakan untuk mengambil data Torsi. Selanjutnya mengambil data Torsi yang dihasilkan. Sesuai Pasangan harga yang sudah didapatkan pada tahapan sebelumnya maka didapatkan beban pengereman untuk dasar mendapatkan Torsi yang dihasilkan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada putaran 1500 rpm torsi paling tinggi didapatkan pada bahan bakar tanpa penambahan etanol. Setelah ditambah etanol 10% torsi menjadi turun 1,4 %. Dilanjutkan dengan penambahan etanol 20% Torsi tidak mengalami penurunan. Setelah prosentase etanol ditambah hingga 30 % Torsi turun hingga 2,9%. Torsi turun lagi hingga 5,8% pada penambahan etanol sebanyak 40% dan 50%. Prosentase etanol 60% dan 70%

mengakibatkan turunnya Torsi hingga 8,8%. Penurunan terus terjadi pada penambahan etanol sebesar 80% dan 90% yaitu masing-masing 10,3% dan 11,8 %. Penurunan terbesar pada 100% etanol yaitu mencapai 14 %.



**Gambar 3.** Grafik Pengaruh Prosentase Etanol terhadap Torsi.

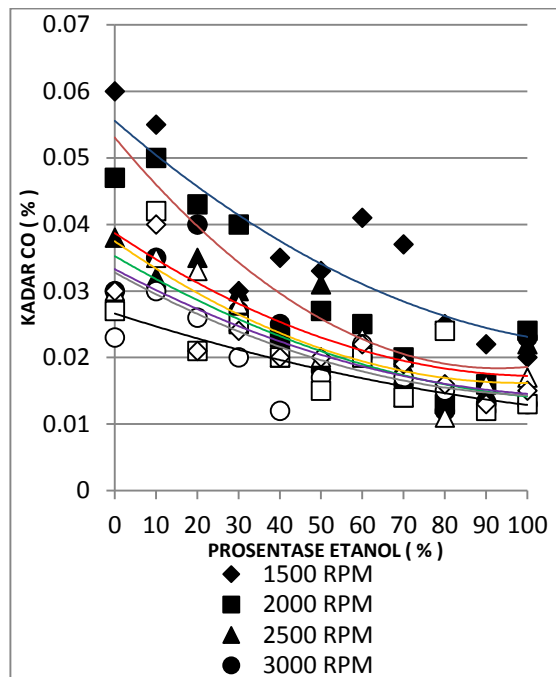
Dari hasil diatas secara umum pada semua putaran terjadi penurunan Torsi. Penurunan torsi tertinggi terjadi pada prosentase etanol 100% jika dibandingkan dari sekian banyak data yang dihasilkan pada putaran 1500 rpm sampai dengan 5000 rpm. Hal ini disebabkan karena etanol memiliki nilai kalor (*heating value*) yang lebih rendah sehingga etanol mengurangi temperatur silinder yang dapat mengakibatkan misfire dan akhirnya menurunkan Torsi seperti telah disampaikan oleh peneliti terdahulu [1].

**Pengaruh Prosentase Etanol pada Emisi CO**

Pada Gambar 4 menunjukkan pengaruh prosentase etanol terhadap kadar CO yang dihasilkan. Kadar CO dapat langsung dibaca pada Gas analyzer. Pada putaran rendah yaitu 1500 rpm kadar CO yang dihasilkan tanpa adanya penambahan etanol (0% etanol) adalah 0,06%. Setelah ditambahkan kadar etanolnya menjadi 10% kadar CO turun hingga 8,3%. Penambahan etanol dilanjutkan sampai prosentase 20% juga terus menurunkan kadar CO hingga 33,3%. Penurunan terus terjadi pada penambahan etanol sampai 30%

menghasilkan kadar CO sebesar 50%. Penambahan kadar etanol sampai 40% mengalami sedikit kenaikan dibanding dengan prosentase etanol 30% yaitu 41,6%. Penambahan etanol 50% menurunkan kadar CO menjadi 45%. Namun penambahan etanol menjadi 60% penurunan kadar CO tidak sebanyak kadar CO yang dihasilkan prosentase etanol 50%. Penambahan etanol sampai 70% menghasilkan CO sebesar 38%. Penambahan etanol sampai 80% juga terus menurunkan kadar CO sampai 58%. Penurunan terus terjadi pada penambahan etanol sampai 90% yaitu sebesar 63. Penurunan terbesar terjadi pada penambahan etanol 100% yaitu sampai 66%.

Dari hasil hubungan antara prosentase *ethanol* dengan kandungan CO pada berbagai putaran mesin didapatkan bahwa munculnya gas CO pada sisa hasil pembakaran merupakan kerugian dalam reaksi antara bahan bakar dan udara. Kerugian ini disebabkan karena adanya atom C yang tidak berikatan dengan O<sub>2</sub> sehingga pembakaran berlangsung secara tidak sempurna dimana penyemprotan bahan bakar tidak menghasilkan partikel yang cukup kecil. Dari Gambar 4 dapat dilihat pada semua prosentase etanol, kandungan CO cenderung turun seiring bertambahnya prosentase *ethanol* dalam bahan bakarnya. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan 35% oksigen dalam setiap molekul *ethanol* sehingga oleh peneliti terdahulu disebutkan sebagai Partially Oxidized Hydrocarbon yang akan memiliki peluang untuk membuat C berikatan dengan Oksigen untuk membentuk CO<sub>2</sub> [1]. Sehingga CO menjadi turun. Diperkuat juga dengan pernyataan peneliti terdahulu bahwa kadar CO pada saluran buang selalu ada meskipun campuran miskin [2]. Tetapi kadarnya dapat berkurang dengan penurunan temperatur pembakaran. Karena *low Heating Value* rendah maka panas hasil pembakaran akan turun. Sehingga juga menurunkan kadar CO.



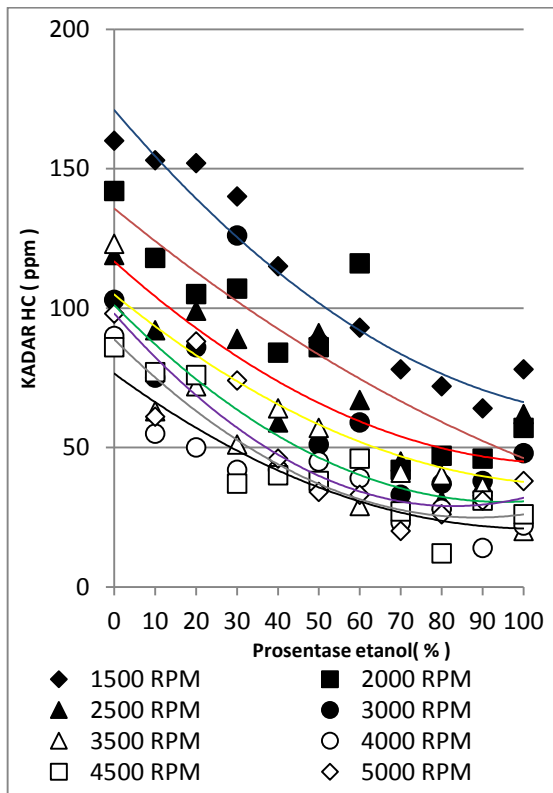
Gambar 4. Hubungan prosentase etanol dengan kandungan CO

**Pengaruh Prosentase Etanol Terhadap Emisi HC**

Gambar 5 menunjukkan hubungan prosentase etanol terhadap kadar HC yang dihasilkan. Dari Gambar tersebut dapat dilihat pada putaran 1500 rpm menghasilkan kadar HC sebesar 160 ppm. Setelah ditambahkan 10% etanol terjadi penurunan kadar HC sebanyak 4,3%. Penurunan kadar HC terus bertambah setelah ditambahkan kadar etanol menjadi 20% yaitu sebesar 5%. Penambahan kadar etanol terus ditambah menjadi 30% menurunkan produksi HC sebanyak 12,5%. Penurunan HC sampai 28,1% jika bahan bakar menggunakan prosentase etanol 40%. Penurunan terus terjadi pada penambahan prosentase etanol sampai 50% yaitu sebesar 44,3%. Penurunan setelah diberi etanol sampai 60% lebih kecil dari 50% etanol yaitu hanya sebesar 41,8%. Penurunan tertinggi terjadi pada penambahan etanol 90% yang dapat menurunkan kadar HC sampai 60%. Pada prosentase etanol 100% sedikit mengalami penurunan yaitu hanya 51%.

Hidrokarbon (HC) adalah ikatan unsur dari hidrogen dan karbon yang tidak terbakar pada saat proses pembakaran tidak sempurna di

ruang bakar dimana hanya sebagian bahan bakar bereaksi dengan oksigen (O<sub>2</sub>). Pada Gambar 5 dapat dilihat pada setiap variasi putaran kandungan HC cenderung turun seiring bertambahnya prosentase etanol mulai dari 0 % sampai 100%. Hal ini dikarenakan adanya penambahan oksigen sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna sehingga mengurangi kadar HC seperti telah dijelaskan oleh peneliti terdahulu bahwa etanol sebagai *partially oxidized hydrocarbon* [3].



**Gambar 5.** Hubungan antara Prosentase etanol dengan kandungan HC.

Pembakaran yang terjadi pada AFR stoikiometri akan menghasilkan emisi yang lebih rendah. Pengaturan frekuensi dan *dutycycle* dengan *Fuel Controller* untuk mendapatkan AFR stoikiometri juga sangat membantu dalam menghasilkan emisi yang lebih rendah karena pembakaran berlangsung secara lebih sempurna. Kadar terendah HC terdapat pada prosentase etanol 80% dengan putaran 4500 dengan nilai 12 ppm (part per million) dan kadar HC tertinggi terdapat pada kadar *ethanol* E0 dengan putaran 1500 dengan

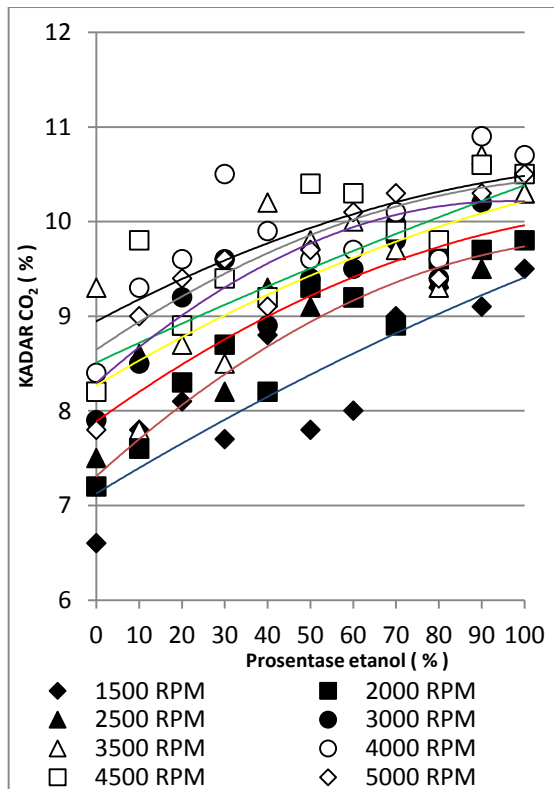
nilai 160 ppm. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar etanol, semakin rendah kadar HC yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan peneliti terdahulu bahwa etanol sebagai *Partially Oxidized Hydrocarbon* [1].

**Pengaruh Prosentase Etanol pada Emisi CO<sub>2</sub>**

Pada Gambar 6 dapat dilihat hubungan prosentase etanol dengan kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Putaran 1500 rpm menghasilkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 6,6 % pada pembakaran tanpa ditambahkan etanol (0% etanol). Peningkatan kadar CO<sub>2</sub> terjadi setelah ditambahkan 10% etanol sebesar 18,2%. Penambahan etanol selanjutnya pada 20% etanol juga menghasilkan peningkatan CO<sub>2</sub> sebesar 22,7%. Pada penambahan etanol selanjutnya menjadi 30% etanol menunjukkan penurunan grafik karena hanya menghasilkan peningkatan CO<sub>2</sub> sebesar 16,6%. Lebih kecil dari prosentase etanol sebelumnya. Peningkatan kadar CO<sub>2</sub> kembali terjadi dan grafik menunjukkan kenaikan pada prosentase etanol 40% yaitu sebesar 33,3%. Pada putaran ini peningkatan CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada prosentase etanol 100% yaitu sebesar 43,9%.

Dari grafik hubungan antara Prosentase etanol mulai 0% (E0) sampai dengan 100% etanol (E100) dengan kenaikan kadar *ethanol* 10% dan kandungan CO<sub>2</sub> pada berbagai putaran mesin. Terdapatnya CO<sub>2</sub> pada hasil pembakaran merupakan tanda bahwa pembakaran yang terjadi tercukupi oksigen sehingga pembakaran dapat terjadi dengan sempurna. Pada Gambar 5.4 diatas dapat dilihat pada setiap penambahan kadar *ethanol* kandungan CO<sub>2</sub> cenderung naik. Bertambahnya kandungan CO<sub>2</sub> pada emisi gas buang dikarenakan semakin banyaknya kandungan oksigen yang terkandung dalam campuran sehingga atom C cenderung berikatan dengan O<sub>2</sub> untuk membentuk CO<sub>2</sub>. Selain itu pengaturan banyaknya bahan bakar yang masuk ke ruang bakar melalui pengaturan frekuensi dan *dutycycle* akan menjadikan campuran bahan bakar berada di daerah stoikiometri. Dengan demikian reaksi pembakaran akan berlangsung dengan lebih sempurna. Kandungan CO<sub>2</sub> terendah terdapat pada kadar etanol 10%(E10) dengan putaran 1500 dengan nilai 1,66% dan CO<sub>2</sub> tertinggi

terdapat pada kadar etanol 100% (E100) dengan putaran 4500 dengan nilai 11,5%. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan [1] bahwa ada hubungan antara CO dengan CO<sub>2</sub>. Apabila CO yang dihasilkan Turun maka CO<sub>2</sub> yang dihasilkan akan naik. Seiring dengan kenaikan kecepatan putaran motor. Begitu juga sebaliknya jika CO<sub>2</sub> yang dihasilkan turun, CO yang dihasilkan akan naik. CO<sub>2</sub> yang dihasilkan juga tergantung pada perbandingan udara dan bahan bakar. Namun pada penelitian kali ini nilai lambda dijaga bernilai 1. Hal ini juga berarti bahwa perbandingan udara dan bahan bakar telah dijaga dengan campuran yang ideal sehingga data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan pembuatan teknologi motor dengan bahan bakar etanol.



**Gambar 6.** Hubungan antara Prosentase etanol dengan kandungan CO<sub>2</sub>

**KESIMPULAN**

Dari data hasil penelitian yang telah didapatkan, dengan menambahkan etanol dengan prosentase 0% sampai 100%. Semakin banyak etanol yang ditambahkan, maka torsi

yang dihasilkan juga semakin turun. Penurunan torsi terbesar terjadi pada putaran motor 5000 rpm dengan penambahan etanol 100% yaitu sebesar 66%. Dari data emisi yang dihasilkan setelah ditambahkan etanol dengan prosentase 10% sampai 100% terjadi perubahan kadar CO. Semakin banyak etanol yang ditambahkan, semakin tinggi pula penurunan kadar CO yang dihasilkan. Penurunan kadar CO yang dihasilkan terjadi pada putaran 5000 rpm. Penurunan tertinggi terjadi setelah ditambahkan etanol 90%. Penurunan itu hingga mencapai 56,6%. Selain itu data emisi yang didapatkan dari gas analyzer menunjukkan bahwa setelah ditambahkan prosentase etanol, kadar HC yang dihasilkan juga mengalami perubahan. Semakin tinggi prosentase etanol, semakin tinggi pula penurunan kadar HC. Penurunan kadar HC tertinggi terjadi pada putaran 5000 rpm. Penurunan tertinggi terjadi setelah ditambahkan 70% etanol. Penurunan kadar HC tertinggi mencapai 79,6%. Kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan juga mengalami perubahan. Semakin banyak prosentase etanol, maka semakin banyak juga kandungan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Peningkatan kadar CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada putaran 5000 rpm. Peningkatan CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi setelah penambahan etanol 100% (etanol murni). Peningkatan tertinggi mampu mencapai 34,6%.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Celik MB. 2008. *Experimental determination of suitable ethanol-gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine*. Appl Thermal Eng. 28(5):396-404.  
 [2] Koc. M et al. 2009. *The effects of ethanol-unleaded gasoline blend on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine*. Renewable Energy.(34) :2101-2106.  
 [3] Yang H. 2012. *Effect of etanol-blended gasoline on emission of regulated air pollutants and carbonyl from motor cycle*. Applied Energy (89):281-286.