

PENGARUH PENGGUNAAN *THREE-WAY CATALYTIC CONVERTER* TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN TOYOTA KIJANG INNOVA

Ellyanie

Jurusan Teknik Mesin-Fakultas Teknik UNSRI
Korespondensi Pembicara. Email: elly_unsri@yahoo.com

ABSTRAK

Emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor mempunyai dampak yang negatif terhadap kesehatan manusia, tumbuh-tumbuhan, hewan, bahan bangunan, udara dan iklim. Hal ini tidak dapat kita hilangkan tetapi kita dapat menekan polutan sampai ketitik yang tidak membahayakan lingkungan (ramah lingkungan). Gas buang yang berbahaya tersebut antara lain: Karbonmonoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan karbondioksida (CO₂). Gas-gas ini dihasilkan oleh proses pembakaran yang terjadi tidak sempurna, baik itu bahan bakarnya maupun sistem pengapiannya serta akibat dari campuran udara-bahan bakar yang terlalu kaya.

Usaha yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi gas buang tersebut adalah dengan menggunakan Three-way Catalytic Converter (TWC), dimana alat tersebut dipasang pada saluran pembuangan kendaraan. Alat tersebut telah dilengkapi dengan sensor lamda yang berfungsi untuk mengontrol perbandingan campuran udara-bahan bakar selalu berada pada rasio pembakaran stoikhiometri.

Pengujian dilakukan pada kendaraan Toyota Kijang Innova, *spark ignition* 4 langkah, 4 silinder *inline*, EFI. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan putaran 750 rpm sampai 5000 rpm. Alat ukur yang digunakan adalah Multi Gas Analyzer type 488 Homologation N. 3664/4103/8-L, emisi gas buang yang diukur adalah CO, CO₂, HC dan O₂.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kendaraan yang menggunakan TWC dapat menurunkan emisi CO antara 83% hingga 94%, emisi HC antara 73% hingga 86% dibandingkan dengan tanpa TWC. Nilai lamda pada kendaraan yang dilengkapi TWC akan lebih mendekati 1, sedangkan kendaraan tanpa TWC menghasilkan campuran udara-bahan bakar lebih kaya.

Kata kunci :emisi gas buang, HC, CO.

I. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan alat transportasi yang paling banyak digunakan pada saat ini, Seiring dengan kemajuan industri otomotif dunia berpacu untuk menginovasi produk-produk kendaraan yang mereka ciptakan. Akan tetapi dampak dari banyaknya kendaraan bermotor itu sendiri adalah polusi udara yang berasal dari saluran pembuangan kendaraan bermotor, sehingga industri-industri tersebut melakukan inovasi untuk menciptakan kendaraan dengan gas buangnya ramah lingkungan.

Pada kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin, gas buang yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara terdiri dari banyak komponen gas yang merupakan hasil dari reaksi sampingan yang tidak dapat dihindarkan. Gas buang dari hasil pembakaran yang tidak hanya oksida-oksida saja tapi juga merupakan senyawa kimia lainnya, misalnya bahan bakar yang belum terbakar secara sempurna jadi masih berupa hidrokarbon, yang lebih populer dengan sebutan HC.

Polusi udara tentu saja mempunyai dampak yang negatif terhadap lingkungan. Polutan akan memberikan efek negatif terhadap kesehatan manusia, tumbuh-tumbuhan, hewan, bahan bangunan, udara dan iklim. Hal ini tidak dapat kita hilangkan akan tetapi kita dapat menekan polutan sampai ke titik yang tidak membahayakan lingkung.

Upaya yang telah dilakukan industri kendaraan bermotor dalam rangka menekan atau mengurangi gas buang/emisi hasil pembakaran salah satunya dengan menambahkan *Three-way catalyst* pada saluran buang (knalpot) agar pembuangan gas buang jumlah (kadar) emisi gas buangnya berada dalam tingkat yang tidak membahayakan.

II. LANDASAN TEORI

Emisi Gas Buang

Gas buang yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara terdiri dari banyak komponen gas yang sebagian besar merupakan polusi bagi lingkungan hidup. Gas yang menjadi polusi tersebut kebanyakan merupakan hasil dari reaksi sampingan yang tidak dapat dihindarkan. Sebagaimana diketahui bahwa udara disekitar kita mengandung kurang lebih 21% Oksigen dan 79% terdiri dari sebagian besar Nitrogen dan sisanya gas-gas lain dalam jumlah yang sangat kecil, sedangkan bahan bakar pada umumnya berbentuk ikatan karbon (C_xH_y) yang juga mengandung unsur lain yang terikat kedalamnya.

Pada saat reaksi pembakaran, temperatur fluida yang terbakar menjadi sangat tinggi. Pada saat itulah dengan mudah terbentuk oksida-oksida dari unsur-unsur yang ada di dalam bahan bakar dan udara. Oksida-oksida tersebut yang antara lain SO_x , CO_x dan NO_x mempunyai sifat yang merugikan terhadap lingkungan hidup yang berarti bersifat polusi.

1. Polutan Karbon Monoksida (CO)

Gas karbonmonoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, sukar larut dalam air dan tidak mempunyai rasa. Karbonmonoksida merupakan polutan yang berbahaya jika melebihi ambang batas yang ditentukan karena zat pencemar CO, apabila terhisap kedalam paru-paru akan ikut dalam peredaran darah dan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan tubuh. Hal ini dapat terjadi karena CO bersifat racun metabolisme yang ikut bereaksi secara metabolisme didalam darah. Karbonmonoksida mengikat hemoglobin dalam darah sehingga menurunkan kapasitas peredaran oksigen dalam jaringan tubuh manusia yang akhirnya menurunkan fungsi organ tubuh terutama saluran saraf pusat dan panca indera.

2. Polutan Karbondioksida (CO_2)

Gas karbondioksida (CO_2) merupakan gas buang yang tidak berwarna dan tidak berbau, mudah larut dalam air, Gas CO_2 yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global karena hutan yang mempunyai kemampuan menyerap CO_2 saat ini

sudah semakin berkurang, pemanasan global dapat dilihat dengan terjadinya gelombang panas, naiknya permukaan laut serta mencairnya gunung es dan pemanasan kutub dan hal ini telah terjadi diberbagai tempat.

Pada prinsipnya CO₂ berbanding terbalik dengan gas buang karbon monoksida (CO), apabila CO₂ tinggi maka CO akan rendah, karena dalam proses pembakaran yang hampir sempurna CO₂ harus tinggi dan O₂ rendah, akan tetapi CO₂ yang tinggi hasil pembakaran dapat dicegah dengan melakukan penghijauan untuk menyerap CO₂.

3. Polutan Oksida Nitrogen (NO_x)

NO_x terdiri dari NO₂ dan NO. Sifat nitrogenoksida (NO) tidak berwarna, relatif tidak membahayakan tetapi di atmosfer berlebihan menjadi nitrogenoksida (NO₂) yang berbahaya. NO₂ bereaksi dengan air di atmosfer membentuk asam nitrat yang menyebabkan korosi pada permukaan logam.

Pengaruh terhadap lingkungan kadar NO₂ empat kali lebih tinggi dibanding NO dan CO menyebabkan gangguan pernapasan yang merusak jaringan paru-paru.

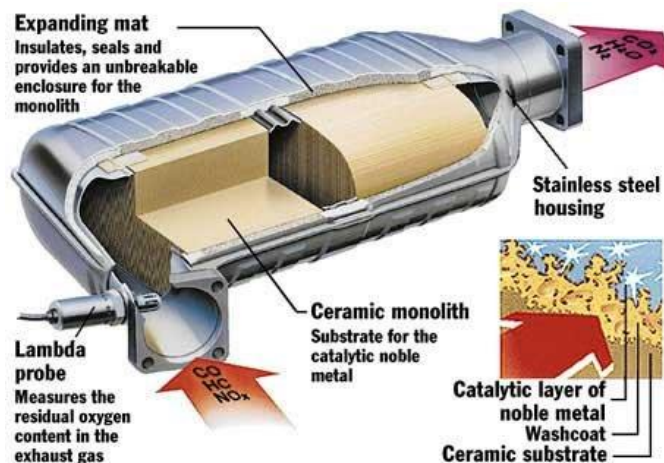
Katalitik konverter (Catalytic Converter)

Katalitik konverter berfungsi untuk mengubah polutan yang membahayakan pada gas buang menjadi gas yang tidak membahayakan. Alat ini dipasang pada sistem pembuangan, sehingga semua gas buang harus mengalir melaluinya. *Katalis* adalah suatu bahan pada katalitik konverter yang mendorong saling bereaksi antara satu dengan yang lainnya tanpa menggunakan reaksi kimia pada bagian tersebut. Gas buang yang keluar dari katalitik konverter kandungan HC, CO, dan NO_xnya lebih rendah dibandingkan yang masuk.

Di dalam katalitik konverter, gas buang melewati suatu permukaan luas yang dilapisi katalis. Lapisan ini berbentuk butiran kecil atau pelet yang ditempatkan pada sebuah alas atau pada keramik berbentuk sarang madu.

Katalitik konverter ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu penyangga dan inti logam aktif yang berfungsi sebagai katalis. Bahan yang sering dipakai sebagai inti logam aktif adalah platina (Pt), rhodium (Rh), paladium (Pd) dan keramik monolith. Logam Pt dan Pd sangat efektif untuk mereduksi CO dan HC, sedangkan logam Rh mampu “menjinakkan” NO. Paduan Rhodium (Rh) dan platina (Pt) akan membentuk catalytic converter yang disebut Three Way Catalyst (TWC) yang sangat efektif mereduksi sekaligus mengoksidasi CO, NO_x maupun HC.

Logam-logam aktif pada katalitik ini sangat sensitif terhadap timbal yang terkandung dalam bahan bakar (terutama BBM di Indonesia), hal ini perlu diperhatikan untuk menjaga efisiensi kerja katalis, karena itu TWC hanya bisa dipakai untuk mesin berbahan bakar tanpa timbal



Gambar 1 Bentuk-bentuk Katalis

Kendaraan yang menggunakan katalitik konverter harus menggunakan bensin tanpa timbal. Alasannya, timbal pada bensin akan menempel pada katalis yang mengakibatkan katalisator tersebut tidak efektif. Agar katalitik konverter tersebut lebih efektif, campuran udara-bahan bakar harus dalam perbandingan *stokiometri*. Perubahan yang paling kecil pada perbandingan udara-bahan bakar mengakibatkan kenaikan yang besar pada emisi gas buangnya. Agar lebih akurat jumlah perbandingan udara-bahan bakarnya, maka sistem bahan bakar pada motor tersebut dikontrol secara elektronik.

Pada saat motor dilakukan pemanasan, udara sekunder dari pompa didorong menuju ruang udara pembatas. Udara tersebut membantu untuk mengoksidasi katalis mengubah HC dan CO menjadi karbon dioksida dan air. Cara yang sama dilakukan juga pada konverter katalis sarang lebah tiga jalur.

Tahap awal dari proses yang dilakukan pada katalitik konverter adalah reduction catalyst. Tahap ini menggunakan platinum dan rhodium untuk membantu mengurangi emisi NO_x . Ketika molekul NO atau NO_2 bersinggungan dengan katalis, sirip katalis mengeluarkan atom nitrogen dari molekul dan menahannya. Sementara oksigen yang ada diubah ke bentuk O_2 . Atom nitrogen yang terperangkap dalam katalis tersebut diikat dengan atom nitrogen lainnya sehingga terbentuk format N_2 . Rumus kimianya sebagai berikut: $2\text{NO} \Rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$ atau $2\text{NO}_2 \Rightarrow \text{N}_2 + 2\text{O}_2$.

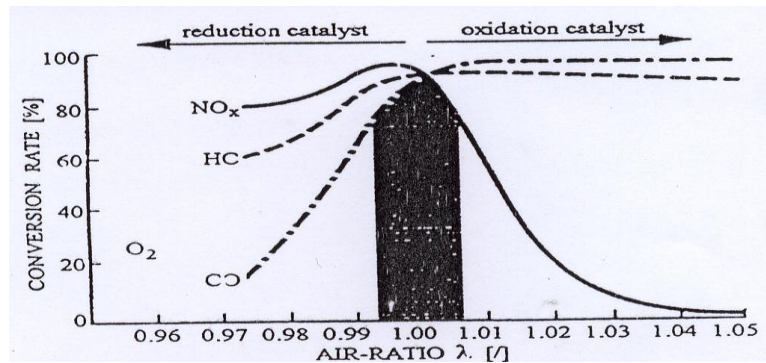
Tahap kedua dari proses di dalam katalitik konverter adalah oxidization catalyst. Proses ini mengurangi hidrokarbon yang tidak terbakar di ruang bakar dan CO dengan membakarnya (oxidizing) melalui katalis platinum dan palladium. Katalis ini membantu reaksi CO dan HC dengan oksigen yang ada di dalam gas buang. Reaksinya sebagai berikut; $2\text{CO} + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{CO}_2$.

Tahap ketiga adalah pengendalian sistem yang memonitor arus gas buang. Informasi yang diperoleh dipakai lagi sebagai kendali sistem injeksi bahan bakar. Ada sensor oksigen yang diletakkan sebelum katalitik konverter dan cenderung lebih dekat ke mesin ketimbang konverter itu sendiri. Sensor ini memberi informasi ke *Electronic Control System* (ECS) seberapa banyak oksigen yang ada di saluran gas buang. ECS akan mengurangi atau menambah jumlah oksigen sesuai rasio udara-bahan bakar. Skema pengendalian membuat ECS memastikan kondisi mesin mendekati rasio stoikiometri dan memastikan ketersediaan oksigen di dalam saluran buang untuk proses oxidization HC dan CO yang belum terbakar.

Sistem pengendalian lamda loop tertutup bersama-sama dengan katalitik konverter sampai saat ini adalah metode yang paling efektif untuk membersihkan gas buang motor bensin.

Katalitik konverter Tiga Lajuan (Three – Way Catalytic Converter)

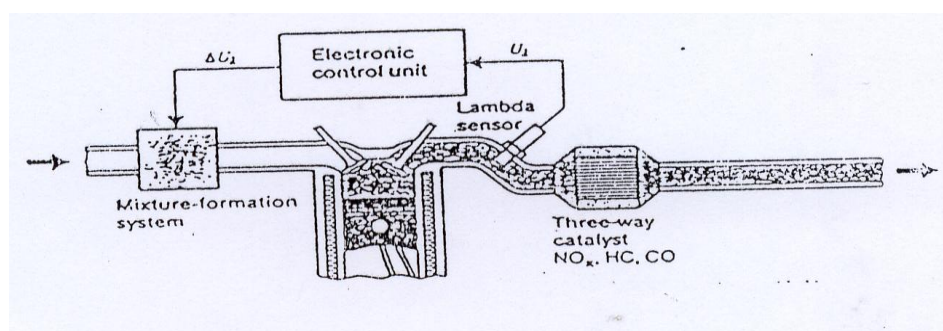
Three way catalytic (TWC) merupakan alat yang paling efektif untuk menurunkan emisi gas buang. Katalitik ini dapat mengurangi kadar HC, CO (oksidasi) dan NO_x sampai dengan 90% jika motor beroperasi pada daerah sekitar 1% dari perbandingan stoikiometrik lamda (λ) = 1, gambar . berikut memperlihatkan daerah operasi katalitik oksidasi dan katalitik oksidasi. Daerah yang gelap merupakan daerah operasi sekitar $\lambda = 1 \pm 1\%$.



Gambar 2 Daerah operasi three way catalytic converter

Pada pembakaran yang sebenarnya, motor bensin tidak dapat bekerja pada daerah operasi yang sempit tersebut, maka digunakan sistem pengendalian loop tertutup, yaitu sistem pengendalian yang menjaga komposisi campuran udara-bahan bakar yang masuk ke ruang bakar tetap pada daerah lamda yang diinginkan ($\lambda = 1 \pm 1\%$).

Sebagai pendeteksi gas buang pada TWC digunakan sensor lamda. Sensor ini akan mendeteksi apakah campuran lebih kaya atau lebih miskin dari $\lambda = 1$. Pada gambar 3 dapat dilihat skema sistem katalitik konverter yang menggunakan sensor lamda sebagai alat pengontrol kandungan oksigen campuran bahan bakar pada kendaraan.



Gambar 3 Sistem three way catalytic converter

III. PROSEDUR PENGUJIAN

Pengujian ini dilakukan pada kendaraan Toyota Kijang Innova, *spark ignition*, empat langkah 4 silinder *inline*, 16valve, DOHC, VVT-I, EFI,

Pengujian dilakukan secara bertahap dengan memvariasikan putaran yaitu pada putaran 750 rpm, 1500 rpm,, 3000 rpm,, 4000 rpm,, dan 5000 rpm. Pada setiap putaran mengukur emisi-emisi karbonmonoksida (CO), karbondioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan lambda (λ). Pengukuran dilakukan pada kendaraan yang menggunakan *three way catalytic converter* dan tanpa *three way catalytic converter*.

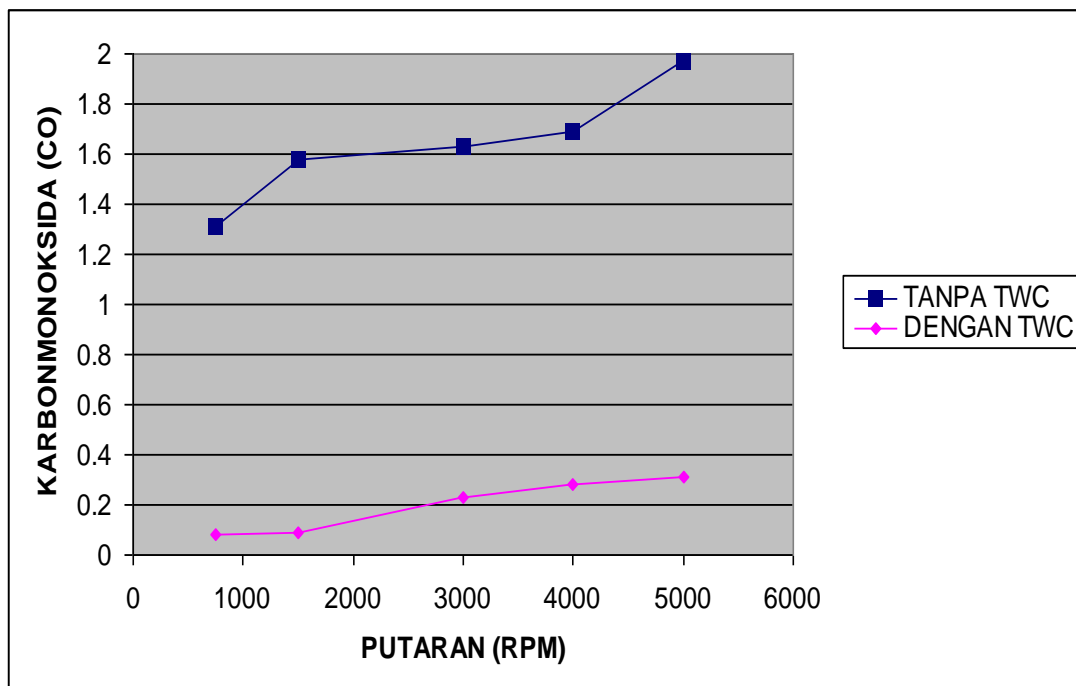
Pengukuran emisi gas buang ini dilakukan di UPT Balai Pengujian Kendaraan Bermotor dinas Perhubungan dengan menggunakan alat uji *Multigas Analyzer Tecnotest, type 488 Homologation N. 3664/4103/8-L*. Alat ini dapat digunakan untuk mengetahui emisi CO, CO₂, HC, O₂ dan Lamda.

IV. PEMBAHASAN

A. Karbonmonoksida (CO)

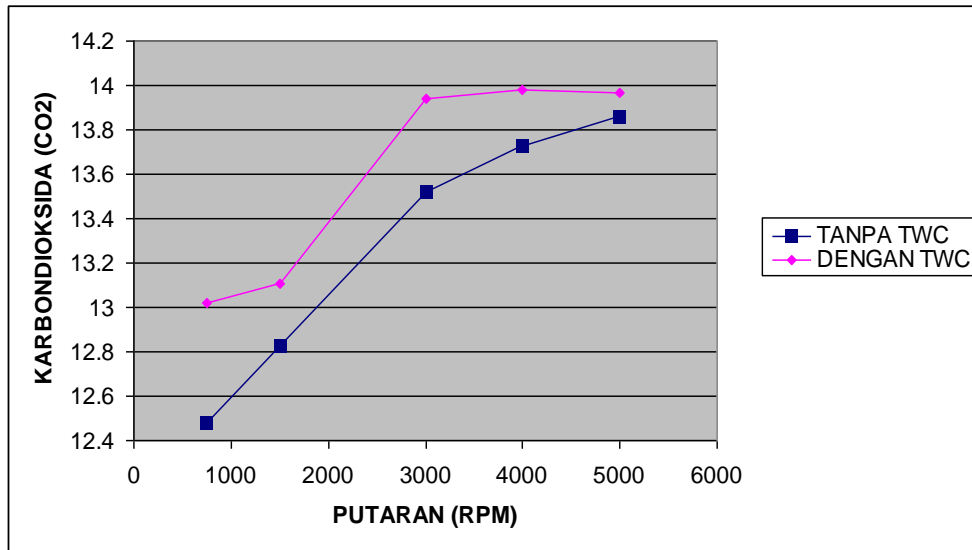
Pada gambar 4 terlihat bahwa konsentrasi CO meningkat seiring dengan meningkatnya putaran motor. Penggunaan TWC pada saluran pembuangan (knalpot) kendaraan dapat menurunkan konsentrasi emisi CO. antara 83% hingga 94% dibandingkan dengan tanpa TWC.. Hal ini karena TWC dilengkapi dengan sensor lamda untuk mendapatkan daerah operasi sekitar $\lambda = 1 \pm 1\%$., sehingga dapat mengetahui jumlah udara yang akan disuplai dan juga penggunaan katalis dapat mereduksi emisi CO.

Faktor yang paling mempengaruhi jumlah konsentrasi CO adalah campuran udara-bahan bakar. Semakin kaya campuran udara-bahan bakar, maka emisi CO yang dihasilkan akan lebih besar karena terjadi pembakaran tidak sempurna pada ruang bakar yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi emisi CO.



Gambar 4..Grafik hubungan putaran terhadap emisi CO

B. Karbondioksida (CO₂)

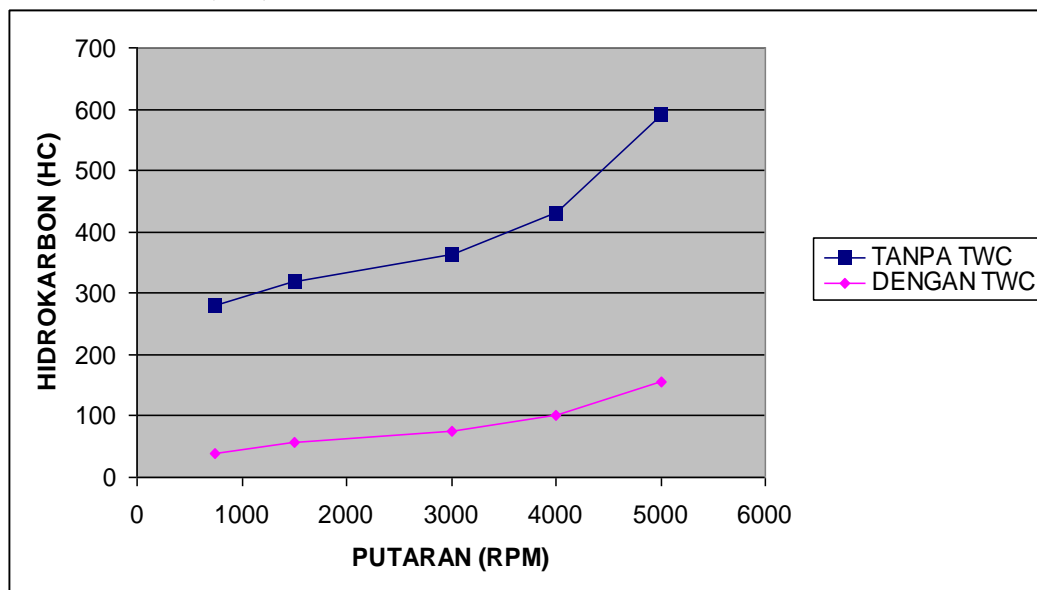


Gambar 5. Grafik hubungan putaran terhadap emisi CO₂

Pada gambar 5 menunjukkan grafik hubungan putaran terhadap emisi CO₂, kendaraan yang menggunakan TWC menghasilkan emisi CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan tanpa TWC.

Konsentrasi CO₂ pada kendaraan sangat tergantung pada kesempurnaan pembakaran, apabila konsentrasi O₂ mencukupi untuk terjadinya pembakaran sempurna maka gas CO₂ yang dihasilkan akan lebih besar dibandingkan dengan gas CO, begitu juga sebaliknya, apabila konsentrasi O₂ tidak mencukupi untuk terjadinya pembakaran sempurna maka konsentrasi gas CO akan meningkat sedangkan CO₂ akan menurun, atau dapat diambil pengertian semakin tinggi konsentrasi CO₂ dalam emisi gas buang maka kesempurnaan pembakaran semakin baik.

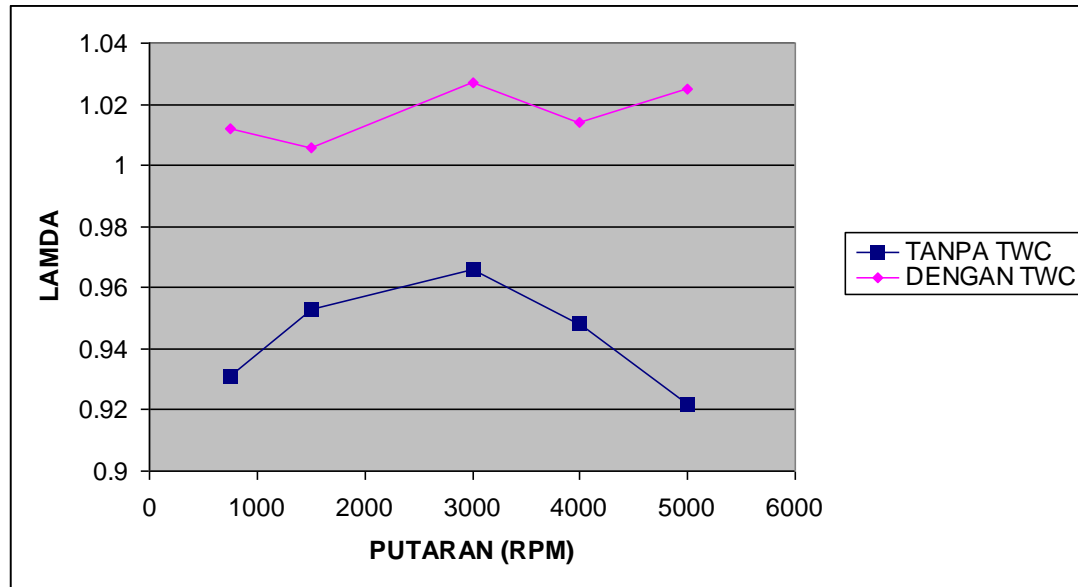
C. Hidrokarbon (HC)



Gambar 6 Grafik hubungan putaran terhadap emisi HC

Pada gambar 6 menunjukkan pengaruh pemakaian TWC terhadap emisi hidrokarbon (HC), semakin tinggi putaran motor maka emisi HC akan semakin tinggi juga. Konsentrasi emisi HC pada kendaraan yang menggunakan TWC menurun antara 73% hingga 86% dibandingkan dengan tanpa TWC.

D. Lamda (λ)



Gambar 7. Grafik hubungan putaran terhadap Lamda (λ)

Pada gambar 7 menunjukkan pengaruh penggunaan TWC terhadap lamda. Nilai lamda sangat mempengaruhi tingkat emisi polutan yang terbentuk pada proses pembakaran.

Nilai lamda pada kendaraan yang dilengkapi TWC akan lebih mendekati satu, sedangkan kendaraan tanpa TWC menghasilkan lamda dibawah satu atau campuran udara-bahan bakar lebih kaya.

V. KESIMPULAN

1. Pada kendaraan yang menggunakan TWC dapat menurunkan konsentrasii CO antara 83% hingga 94%
2. Pada kendaraan yang menggunakan TWC dapat menurunkan konsentrasi HC mulai dari 73,8% hingga 86,1%.
3. Pada kendaraan yang menggunakan TWC menghasilkan emisi CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan tanpa TWC.
4. Nilai lamda (λ) pada kendaraan yang dilengkapi TWC lebih mendekati satu, sedangkan kendaraan tanpa TWC menghasilkan lamda dibawah satu atau campuran udara-bahan bakar lebih kaya

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Arends, BPM, Berenschot, H., "Combustion Engine II", Volume 1, Jenbacher Energie Systeme, Austria, 1996.
- Arismunandar, Wiranto, "Penggerak Mula Motor Bakar Torak", Edisi Kelima, cetakan kesatu, ITB, Bandung, 2002.

- Hardianto, Toto, Dr. Ir., "Usaha Pengurangan dan Pengontrolan Polusi Gas Buang", ITB, Bandung, 1993.
- Hardianto, Toto, Dr. Ir., "Jenis-jenis Polusi Udara dari Gas Buang", ITB, Bandung, 1993.
- Laboratorium Termodinamika Pusat Antar Universitas – Ilmu Rekayasa. Aspek Polutan Emisi Gas Buang dari Proses Pembakaran Terhadap Lingkungan, ITB, Bandung, 1993.
- Soelaiman, Fauzi, Dr. Ir., "Dampak Dari Berbagai Polusi Udara Terhadap Lingkungan", ITB, Bandung, 1993.
- Schwaller, E., Anthony, "Motor Automotive Mechanics", Delmar Republisher INC., United States of America, 1988.
- Perkins, Henry Crawford, "Air Pollution", McGraw-Hill INC., United States of America, 1974.
- Toyota Astra Motors, "Technical Inspection Manual", PT. TAM ATPM, Jakarta, 2004.