

Pengaruh Variasi Sudut Dwel Dan Gab Busi Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Tipe 7K

Anas Mahfud, IGK Sukadana dan I W. Bandem Adnyana

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pengaruh sudut dwel pada proses pembakaran mempengaruhi hasil emisi CO, CO₂, HC, dan O₂ yang berdampak negatif pada lingkungan, khususnya penggerak motor bakar cetus api. Dari masalah ini penulis melakukan penelitian tentang “Pengaruh Variasi Sudut Dwel dan Gab Busi Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Tipe 7K”, dan variasi yang ditentukan Sudut dwel pada -2, -1, Top, +1, +2 putaran poros engkol, putaran mesin 1000, 2000, 3000, 4000 Rpm, dan gab busi 1.0, 1.1, 1.2 mm. Tujuan penelitian untuk mengetahui hasil emisi dari masing-masing variasi yang ditentukan. Bahwa pengaruh sudut dwel, putaran mesin Rpm, gab busi berpengaruh terhadap pembakaran dan emisi yang dihasilkan. Maka hasil keseluruhan analisa data disimpulkan, pembakaran yang terbaik pada waktu sudut dwel berada diposisi (Top = 10⁰ BTDC) pada putaran 1000 Rpm, CO₂ sebesar (15.9 %) dengan gab busi 1.1 mm. Karena setiap proses pembakaran yang terjadi pada prinsipnya menghasilkan CO₂, jika semakin tinggi nilai emisi gas CO₂ maka proses pembakaran yang terjadi sempurna, dan berpengaruh terhadap kandungan emisi gas CO dan HC yang berdampak negatif pada lingkungan. Selain itu, Pembakaran yang sempurna tidak lepas dari O₂, Karena jumlah udara yang masuk menentukan jumlah suplai bahan bakar yang sudah di atur oleh ECU.

Kata Kunci : Sudut Dwel, Pengapian, Busi, Emisi Gas Buang

Abstract

The effect of double angle on the combustion process affects the results of CO, CO₂, HC, and O₂ emissions that have a negative impact on the environment, especially the ignition combustion engine. From this problem the author conducted a study on "The Effect of Variations in Double Angle and Spark Plugs on Exhaust Emissions of Type 7k Engines", and variations determined by the double angle of bends at -2, -1, Top, +1, +2 crankshaft turns, engine speed 1000, 2000, 3000, 4000 Rpm, and spark plugs 1.0, 1.1, 1.2 mm. The purpose of the research is to find out the emission results from each of the specified variations. That the influence of the double angle, engine speed of Rpm, and spark plug affect the combustion and emissions produced. Then the results of the overall data analysis concluded, the best combustion when the double angle is in position (Top = 100 BTDC) at 1000 Rpm rotation, CO₂ equal to (15.9%) with 1.1 mm spark plug. Because each combustion process that occurs in principle produces CO₂, if the higher the value of CO₂ gas emissions, the combustion process that occurs is perfect, and affects the content of CO and HC gas emissions that have a negative impact on the environment. In addition, perfect combustion cannot be separated from O₂, because the amount of air entering determines the amount of fuel supply that has been regulated by the ECU.

Keywords: Double Angle, Ignition, Spark Plugs, Exhaust Emissions

1. Pendahuluan

Pada jaman modern ilmu pengetahuan dan teknologi semakin berkembang dengan pesat seiring berjalannya waktu, khususnya pada bidang transportasi. Transportasi jaman modern adalah sebuah kendaraan yang di gunakan semua umat manusia sebagai pengganti dari transportasi jaman duludiantaranya kuda, kerbau, dan sejenisnya. Selain itu juga berpengaruh terhadap waktu jarak tempuh. Transportasi ini terdiri dari sistem penggerak (mesin), sistem suspensi, sistem navigasi (kemudi), sistem penerangan dan sistem transmisi. Sistem penggerak (mesin) ada dua yaitu sistem pembakaran luar dan pembakaran dalam. Mesin pembakaran luar adalah mesin yang proses pembakaran terjadi di luar mesin, dimana *energy thermal* dari gas hasil pembakaran di pindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah. Sedangkan mesin pembakaran dalam adalah mesin yang menghasilkan tenaga mekanik dari hasil pembakaran di dalam ruang bakar,

sehingga gas hasil pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Pada sistem penggerak (mesin) juga terdiri dari beberapa sistem pendukung lainnya diantaranya : sistem pengapian, sistem pelumasan, sistem bahan bakar, dan sistem pendingin.

Ada beberapa peneliti pendahulu telah membahas tentang pengapian, salah satunya Gunadi pada tahun 2010 melakukan penelitian tentang “pengaruh waktu pengapian (*Ignition Timing*) terhadap emisi gas buang pada mobil dengan sistem bahan bakar injeksi (EFI)”. Penelitian yang dilakukan Gunadi menggunakan variasi bahan bakar premium dan pertamax. Hasil yang didapat dari penelitian, pada waktu pengapian akan mempengaruhi emisi gas buang yang dihasilkan. Untuk bahan bakar premium dengan memundurkan pengapian akan berdampak pada menurunnya emisi gas buang. Ketika waktu pengapian dimajukan, maka HC meningkat drastis. Sedangkan pada bahan bakar pertamax, dengan

memundurkan waktu pengapian akan menurunkan HC, akan tetapi kemungkinan juga menurunkan tenaga, ketika waktu pengapian dimajukan tidak terlalu meningkatkan HC, sedangkan untuk CO, memajukan waktu pengapian akan meningkatkan CO, dan sebaliknya untuk CO, ketika waktu pengapian dimundurkan akan menurunkan CO [1].

Benny Susanto pada tahun 2017 melakukan penelitian tentang “pengaruh faktor koreksi pengapian terhadap emisi gas buang yang dihasilkan pada kendaraan jenis injeksi 1800 cc”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan waktu pengapian berpengaruh pada kandungan emisi gas buang yang dihasilkan. Nilai emisi CO terbaik adalah ketika putaran 1500 Rpm, karena saat dinaikkan dan diturunkan koreksi pengapian nilainya juga naik. Untuk gas CO₂ ketika pengapian dimundurkan nilainya cenderung tinggi. Pengaruh dari pembakaran yang singkat, nilai gas CO₂ terbaik pada putaran 2500 Rpm, karena semua nilainya tinggi menandakan pembakaran baik. Memajukan dan memundurkan pengapian, memiliki efek yang sama yaitu menaikkan nilai HC. Kondisi terbaik nilai HC terjadi pada saat koreksi putaran 2000 Rpm, karena semua nilainya cenderung stabil [2].

Dari latar belakang di atas saya tertarik untuk melakukan penelitian tentang sistem pengapian, pada sistem pengapian ini tergolong dari baterai, coil, platina, delco, dan busi. Peneliti akan melakukan penelitian dengan topik “Pengaruh Variasi Sudut Dwel dan Gab Busi Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Tipe 7K”. Dengan penelitian ini diharapkan dapat membantu mengetahui kondisi kendaraan, jika semakin lama usia kendaraan maka semakin banyak part-part yang sudah mulai aus, misal diantaranya crankshaft, metal crankshaft dan connectingrod, ring piston, sealvalve, chamshaft dan part-part yang lain di dalam mesin. Selain itu untuk mengetahui kondisi kendaraan dapat dengan melihat hasil emisi gas buang, tanpa melakukan *overhaul*. Jika terjadi keausan pada komponen mesin maka dapat mengakibatkan perubahan waktu pengapian, Waktu pengapian bisa berubah tergantung dari usia pemakaian.

Objek yang dibuat penelitian ini menggunakan bahan bakar injeksi (EFI) karena ini juga akan berpengaruh terhadap emisi gas buang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut dwel dan gab busi terhadap gas buang yang dihasilkan dan menganalisa data yang dihasilkan pada saat diuji guna menentukan kondisi kendaraan yang diuji.

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain: penelitian pada kondisi stationer pada putaran (1000Rpm, 2000Rpm, 3000Rpm dan 4000 Rpm), bahan bakar yang dipakai jenis pertamax ron 92, sistem pengapian berada dalam kondisi standar, gas buang yang diteliti CO, HC, CO₂, dan O₂, pengaruh lingkungan (udara luar, dan kecepatan udara) dianggap konstan, gab busi (1,0 mm – 1,1 mm

– 1,2 mm), sudut dwel (-2°, -1°, Top, +1°, +2°). Dan sebelum dilakukan penelitian akan dilakukan *tune up* terlebih dahulu (supaya kondisi mobil yang diteliti tidak ada problem ketika dilakukan penelitian) dan kondisi mobil juga bisa mendekati ke spesifikasi semula.

2. Dasar Teori

Sistem Pengapian fungsi utamanya untuk menghasilkan percikan bunga api pada busi untuk membakar campuran bahan bakar dan udara didalam ruang bakar guna menghasilkan gerak rotasi pada (*crankshaft*) akibat dari ledakan dan di lanjutkan gerak translasi (pada piston yang terhubung dengan *connectingrod* dan *crankshaft*). Pada motor bensin, loncatan bunga api pada busi diperlukan untuk memyalakan campuran udara dan bahan bakar yang telah dikompresikan oleh torak didalam silinder. Karena pada motor bensin proses pembakaran dimulai oleh loncatan bunga api tegangan tinggi yang dihasilkan oleh busi, beberapa metode diperlukan untuk menghasilkan arus tegangan tinggi yang diperlukan. Sistem pengapian pada automobile berfungsi untuk menaikkan tegangan baterai menjadi 10 KV atau lebih dengan mempergunakan *ignition coil* dan kemudian membagi-bagikan tegangan tinggi tersebut ke masing-masing busi melalui distributor dan kabel tegangan tinggi. Tipe sistem pengapian baterai ini dipergunakan pada seluruh motor bensin. Pada sistem pengapian baterai ini terdiri dari *ignition coil*, distributor, kabel tegangan tinggi, dan busi (Toyota)

Emisi gas buang adalah hasil proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar (silinder) yang di keluarkan lewat katub buang dan diteruskan melalui knalpot. Gas buang umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun N₂ (nitrogen), CO₂ (karbon dioksida) dan H₂O (uap air, sebagian kecil merupakan gas beracun seperti NO_x, HC, dan CO. Selain dari gas buang unsur HC dan CO dapat pula keluar dari penguapan bahan bakar di tangki dan *blowby* gas dari mesin. Sehingga perlu diperhatikan pula kondisi tutup tangki bahan bakar maupun saat pengisian bahan bakar jangan sampai terlalu berlebihan saat pengisian bahan bakar. Pada motor bensin besarnya emisi gas buang seiring dengan besarnya penambahan jumlah campuran udara dan bahan bakar, karena yang masuk ke dalam silinder adalah campuran antara bahan bakar dan udara, pada gas buang dikeluarkan melalui katub buang dan melewati knalpot. Menurut teori hanya 2 karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) yang di hasilkan ketika membakar bahan bakar (bensin). Tetapi, semua bensin tidak bereaksi sesuai dengan teori karena faktor-faktor seperti rasio udara bahan bakar, N₂ (nitrogen), di atmosfer, suhu pembakaran, waktu pembakaran dan lain-lain. Secara itulah unsur yang berbahaya seperti CO, HC, atau Nox yang dihasilkan. Rasio udara-bahan bakar teoritis adalah rasio bahan bakar dan udara minimum (yang mengandung oksigen) yang

dibutuhkan untuk membakar bahan bakar secara sempurna. Bensin adalah campuran beberapa tipe hidrokarbon dengan oktan yang paling dominan C8H18 [3].

Ambang batas nilai gas buang, dibawah ini adalah ambang batas nilai emisi gas buang yang sudah di tentukan sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Batas Gas Buang

NO	Gas Buang	Nilai Standar
1	CO	0,5-2,5 %
2	HC	Max 200 ppm
3	CO ₂	12-16 %
4	O ₂	Max 2 %

Tabel 2. Ambang Batas Gas Buang

Kategori	Tahun Pembuat	Parameter		Methode
		CO (%)	HC (ppm)	
Berpengerak Motor Bakar Cetus Api (Bensin)	< 2007 ≥ 2007	4,5 1,5	1200 200	Idle
Berpengerak Motor Bakar Penyalan Kompresi				
GVW > 3.5 ton	< 2010 ≥ 2010			Percepatan Bebas
GVW > 3.5 ton	< 2010 ≥ 2010			

Manfaat uji emisi, manfaat dari uji emisi yang dilakukan untuk mengetahui proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar (silinder), dengan menganalisa kandungan pada CO (karbon monoksida) dan HC(hidrokarbon) yang ada pada gas buang, sehingga terdapat campuran udara-bahan bakar yang tepat untuk mengurangi tingkat emisi pada kendaraan. Uji emisi juga bisa membantu menganalisa kondisi mesin berdasarkan hasil emisi yang dilakukan. Untuk komponen yang rusak yang berada di luar mesin bagian dalam bisa di cek, diantaranya pada sistem pengapian, contoh kabel tegangan tinggi juga berpengaruh terhadap keluarnya

arus yang di hasilkan oleh busi, jika kabel tegangan tinggi tersebut tidak behubungan dari ujung ke ujung kabel akan mempengaruhi pengapian yang di hasilkan busi, Busi mati juga mengakibatkan terjadinya pembakaran tidak sempurna, kurangnya kompresi juga berpengaruh terhadap pembakaran di ruang bakar dan bahan bakar kotor akibat dari filter bahan bakar yang tidak bersih [3].

3. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan yaitu eksperimen. Yang dimaksud dengan eksperimen disini adalah perlakuan (*treatment*) kepada objek yang dilakukan penelitian. Perlakuan dalam penelitian tersebut tentang pengaruh variasi sudut dwel dan gab busi terhadap emisi gas buang mesin tipe 7k. dengan menggunakan alat ukur emisi gas buang (*gas analyzer*). Objek penelitian yang digunakan adalah kendaraan kijang L-GX mesin tipe 7K 1800 cc EFI.

Variabel penelitian yang digunakan ada dua variasi pada penelitian ini, yaitu yang pertama variabel bebas adalah dimana variabel yang besarnya ditentukan peneliti diantaranya, Sudut Dwel, -2⁰, -1⁰, Top, +1⁰, +2⁰, Putaran mesin, 1000 – 2000 – 3000 – 4000 (Rpm), Gab Busi, 1,0 – 1,1 – 1,2 (mm). Sedangkan yang kedua yaitu variabel tetap adalah variabel yang besarnya di dapat dari variabel bebas yang ditentukan peneliti, dan diketahui sesudah dilakukan penelitian. Variabel terikatnya yaitu emisi gas buang (CO, CO₂, HC dan O₂).

Alat yang digunakan antara lain, kendaraan yang digunakan mesin tipe 7k Kijang L-GX 1800 cc. *Timing light* adalah alat untuk mengetahui derajat(sudut dari poros engkol) dari suatu pengapian sebuah kendaraan. Gas analyzer adalah alat untuk mengukur emisi yang dihasilkan oleh kendaraan jenis yang di uji. Kotak alat (*Tool Box*).

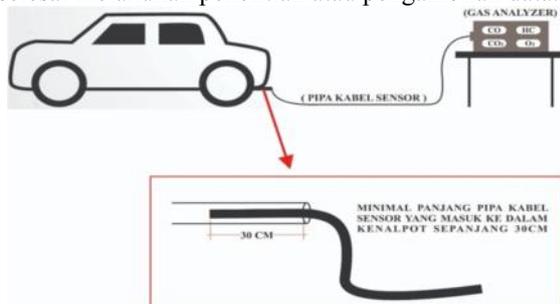


Gambar 1. Kendaraan Uji

Bahan yang digunakan antara lain, Bahan pengapian (Busi), Standard Toyota Genuine Part dan bahan bakar pertamax produksi PT.PERTAMINA. Langkah – langkah penelitian:

Untuk langkah-langkah penelitian sebagai berikut, Siapkan alat dan bahan yang digunakan penelitian. Atur kendaraan yang akan di uji. Pasang busi (sesuai variasi yang sudah ditentukan) yang di gunakan penelitian. Hidupkan mesin kendaraan uji. Pasang *timing light*. Renggangkan baut pengikat distributor, atur sudut dwel (sesuai variasi yang sudah ditentukan) dengan *timing light*. Jika timing sudah pas, kencangkan lagi pengikat baut distributor. Nyalakan gas analyzer (diamkan selama 2

menit, tujuannya untuk mengkalibrasi secara otomatis). Masukkan kabel sensor ke muffler sedalam 30 cm. Atur Rpm (sesuai variasi yang sudah ditentukan), jika Rpm sudah sesuai maka lakukan print data yang sudah di baca oleh alat uji emisi. Ulangi langkah sebelumnya selama 3 kali dengan variasi Rpm yang berbeda. Matikan mesin kendaraan uji. Ganti busi dengan variasi yang berbeda. Ulangi kembali langkah mulai pasang timing light sampai selesai melakukan penelitian atau pengambilan data.



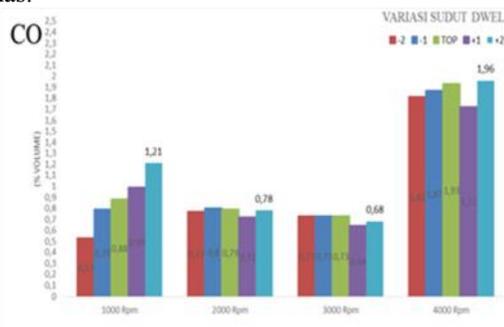
Gambar 2. Skematik Objek Penelitian

4. Hasil Dan Pembahasan

Analisa data hasil penelitian diolah lebih lanjut menjadi grafik diagram batang, dengan perbandingan pada sudut dwel dan putaran 1000 Rpm, 2000 Rpm, 3000 Rpm dan 4000 Rpm.

4.1 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik CO, dengan gab busi 1,0 mm.

Gas CO merupakan senyawa gas beracun yang terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna, gas CO merupakan gas yang relatif tidak stabil dancenderung bereaksi dengan unsur lain, tetapi CO dapat diubah dengan mudah menjadi karbondioksida (CO₂) dengan bantuan oksigen dan panas.

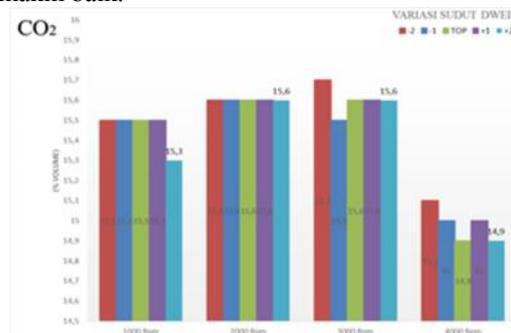


Gambar 3. Grafik CO Gab busi 1,0 mm

Hasil emisi gas CO tertinggi berada di putaran 4000 Rpm sebesar (1.96%), pada sudut dwel di mundurkan dari posisi Top (+2 = 12^o BTDC), yang terjadi ketika sudut dwel dimundurkan dari posisi Top (+2 = 12^o BTDC), terjadi pembakaran yang singkat didalam ruang bakar, akibat dari pembakaran yang singkat tersebut menjadikan nilai CO tinggi, dikarenakan semua bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna selain itu gab busi yang rapat juga menjadi faktor salah satunya. Nilai terendahnya berada di putaran 1000 Rpm sebesar (0.53%), pada saat sudut dwel di majukan dari posisi Top (-2 = 8^o BTDC), pembakaran terjadi lebih awal sehingga

proses yang terjadi pada CO sebagian besar ikut terbakar dan berubah menjadi CO₂. Khususnya pada putaran 1000 Rpm, grafik tersebut cenderung naik meskipun berada pada waktu sudut dwel di majukan atau di mundurkan. Secara keseluruhan hasil yang terbaik berada pada putaran 3000 Rpm, karena nilai dari emisi gas CO ini, pada waktu putaran 3000 Rpm, hasil dari emisi gas CO tidak ada kenaikan nilai CO yg tinggi, disetiap perubahan sudut dwel yang ditentukan.

Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik CO₂, dengan gab busi 1,0 mm. Setiap proses pembakaran yang terjadi, pada prinsipnya menghasilkan CO₂ yang merupakan tingkat efisien pembakaran dari mesin bahan bakar cair, dimana semakin tinggi nilai emisi gas CO₂ maka proses pembakaran akan semakin baik.

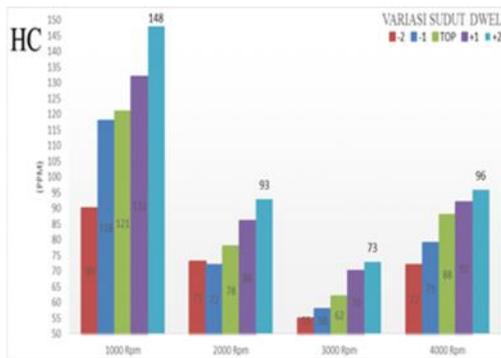


Gambar 4. Grafik CO₂ Gab Busi 1,0 mm

Grafik CO₂ di atas menunjukkan nilai emisi gas CO₂ rata-rata berada diambang batas angka sebesar (15%). Nilai tertinggi emisi gas CO₂ diputaran 3000 Rpm sebesar (15.7%), pada waktu sudut dwel dimajukan (-2 = 8^o BTDC) dari posisi Top, fenomena yang terjadi sudut dwel dimajukan, pengapian yang terjadi lebih awal sehingga proses waktu pembakaran terjadi lebih lama bahan bakar juga banyak yang terbakar didalam ruang bakar, potensi pembakaran yang baik tidak lepas dari suplai campuran bahan bakar yang sudah diatur oleh ECU pada waktu pembakaran. Nilai terendah emisi gas CO₂ berada diputaran 4000 Rpm sebesar (14.9%) pada saat sudut dwel dimajukan (+2 = 12^o BTDC) dari posisi Top, akibat dari pembakaran ini terjadi keterlambatan waktu pengapian sehingga berpengaruh terhadap tingkat pembakaran yang singkat. Untuk putaran terbaik secara keseluruhan grafik CO₂ di atas berada diputaran 3000 Rpm.

4.2. Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik HC, dengan gab busi 1,0 mm.

Hidrokarbon merupakan unsur senyawa bahan bakar bensin, setiap HC yang keluar dari gas buang menunjukkan adanya bensin atau bahan bakar yang tidak terbakar semuanya waktu pembakaran terjadi diruang bakar, dan terbuang keluar melalui gas buang bersama sisa pembakaran. Jika senyawa hidrokarbon terbakar dengan sempurna maka akan bereaksi dengan oksigen, hasil dari reaksi pembakaran tersebut pasti akan menghasilkan karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O).

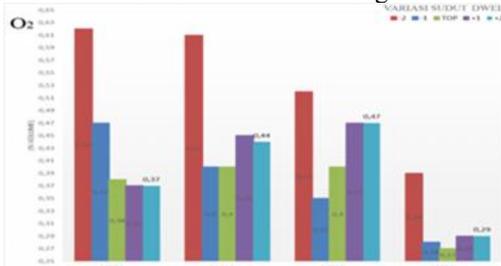


Gambar 5. Grafik HC Gab Busi 1,0 mm

Jika dilihat grafik di atas pada waktu sudut dwel berada di (-2 = 8⁰ BTDC sampai dengan +2 = 12⁰ BTDC) selalu terjadi peningkatan nilai emisi gas HC. Nilai tertinggi emisi gas HC terdapat pada putaran 1000 Rpm sebesar (148 ppm) pada saat sudut dwel dimundurkan (+2 = 12⁰ BTDC) dari posisi Top, yang terjadi waktu sudut dwel dimundurkan ini, mengakibatkan proses pembakaran yang singkat sehingga tidak semua bahan bakar yang disuplai keruang bakar ikut terbakar semua sehingga sebagian bahan bakar yang mentah tadi ikut terbuang bersama sisa pembakaran selain itu juga dipengaruhi faktor rapatnya gab busi sehingga pengapian yang dihasilkan kecil pada saat pembakaran terjadi, juga berpengaruh terhadap tingginya nilai HC yang dihasilkan dari proses pembakaran yang singkat tersebut. Nilai terendah emisi gas HC berada diputaran 3000 Rpm sebesar (55 ppm) pada saat sudut dwel dimajukan (-2 = 8⁰ BTDC) dari posisi Top, yang terjadi ketika sudut dwel dimajukan, terjadi pembakaran yang lebih awal, sehingga proses pembakaran yang terjadi lebih lama dan bahan bakar diindikasikan terbakar semuanya dan nilai HC pun juga menurun jauh dibandingkan ketika waktu sudut dwel dimundurkan. Putaran terbaik grafik di atas seluruhnya di putaran 3000 Rpm.

4.3 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik O₂, dengan gab busi 1,0 mm.

O₂ pada gas buang bukanlah gas yang berbahaya. O₂ ini tidak ikut bereaksi dengan bahan bakar pada saat terjadi pembakaran di ruang bakar. Sehingga akan keluar bersama gas buang masih dalam bentuk O₂ dan ambang batas dari O₂ juga ditentukan maksimum 2% dari ambang batas.

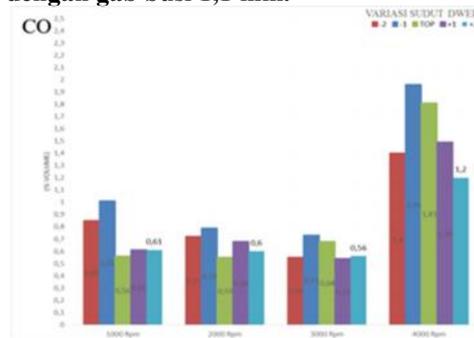


Gambar 6. Grafik O₂ Gab Busi 1,0 mm

Grafik O₂ di atas nilai yang tertinggi berada pada putaran 1000 Rpm sebesar (0.62%) ketika sudut dwel dimajukan dari posisi Top, (-2 = 8⁰ BTDC), sedangkan nilai terendahnya berada diputaran 4000

Rpm sebesar (0.27%), meskipun O₂ ini tidak tergolong gas yang berbahaya tapi sangat berpengaruh terhadap terjadinya suatu proses pembakaran diruang bakar. Karena O₂ juga menentukan berapa banyak bahan bakar yang suplai ke ruang bakar guna mengetahui apakah campuran dari udara dan bahan bakar ini tergolong campuran yang kaya atau kurus. Dari keseluruhan grafik di atas nilai O₂ yang terbaik berada diputaran 4000 Rpm.

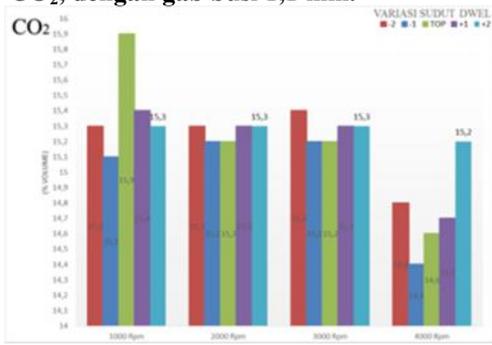
4.4 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik CO, dengan gab busi 1,1 mm.



Gambar 7. Grafik CO, Gab Busi 1,1 mm

Pada grafik CO di atas, nilai emisi gas CO tertinggi ada diputaran 4000 Rpm sebesar (1.96%), berada pada waktu sudut dwel dimajukan dari posisi Top, (-1 = 9⁰ BTDC), hal yang terjadi ketika sudut dwel dimajukan terjadi pembakaran lebih awal dari top yang sudah ditentukan, sehingga proses pembakaran yang berlangsung terjadi pembakaran yang singkat didalam ruang bakar yang mengakibatkan tingginya nilai CO, akibat dari campuran udara dan bahan bakar yang kaya sehingga ketika pembakaran terjadi di indikasikan kekurangan oksigen dan kelebihan bahan bakar, sehingga sebagian bahan bakar tidak terbakar pada waktu pembakaran terjadi. Sedangkan nilai terendahnya ada diputaran 3000 Rpm sebesar (0.54%), pada saat sudut dwel dimundurkan dari posisi Top (+1 = 11⁰ BTDC), fenomena yang terjadi ketika waktu sudut dwel dimundurkan, pembakaran yang harusnya terjadi akibat dari keterlambatan waktu pengapian sehingga menyebabkan terjadinya pembakaran yang singkat, tetapi meskipun terjadi keterlambatan waktu pengapian, hasil nilai emisi gas CO ini lebih rendah dibandingkan pada waktu sudut dwel dimajukan, ini di indikasikan dipengaruhi oleh campuran udara dan bahan bakar yang kurus di bandingkan dengan sudut dwel di majukan. Jika dilihat dari tren grafik di atas keseluruhannya cenderung turun. Tetapi kalau dilihat dari keseluruhan grafik tersebut, emisi gas CO yang terbaik ada diputaran 4000 Rpm Karena pada putaran 4000 Rpm lebih dominan dan signifikan grafiknya turun, ketika sudut dwel berada pada waktu posisi (Top = 10⁰ BTDC), kemudian dimundurkan dari posisi Top (-1 = 9⁰ BTDC) sampai dengan sudut dwel dimundurkan dari posisi Top (+2 = 12⁰ BTDC). Dari ketiga sudut dwel tersebut sangat berpengaruh terhadap turunnya nilai emisi gas CO.

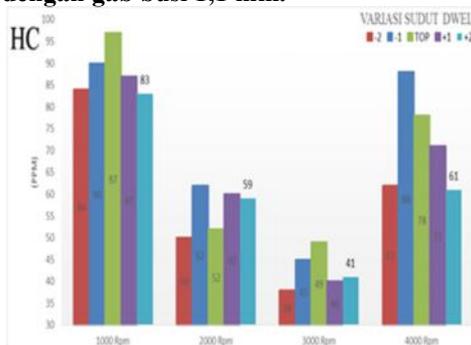
4.5 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik CO₂, dengan gab busi 1,1 mm.



Gambar 8. Grafik CO₂ Gab Busi 1,1 mm

Nilai Tertinggi pada grafik emisi gas CO₂ di atas, berada pada putaran 1000 Rpm sebesar (15.9%), pada saat sudut dwel di posisi (Top = 10⁰ BTDC). Ketika sudut dwel berada di posisi Top yang sudah ditentukan juga dianggap waktu pengapian yang terbaik, pada saat pembakaran terjadi bahan bakar yang terbakar semua di ruang bakar di indikasikan terjadinya pembakaran yang baik, dimana prinsip dari CO₂ ini jika semakin tinggi nilai CO₂ maka proses pembakaran akan semakin baik, (tetapi tetap berada di ambang batas yang sudah ditentukan), namun potensi ini juga tidak lepas dari suplai udara-bahan bakar yang sudah di atur oleh ECU. Sedangkan nilai terendahnya ada pada putaran 4000 Rpm sebesar (14.4%), pada waktu sudut dwel dimajukan dari posisi Top (-1 = 9⁰ BTDC), terjadi pembakaran lebih awal dari posisi Top yang sudah ditentukan, hal ini juga tidak lepas dari campuran suplai udara dan bahan bakar yang sudah diatur ECU. Jika dilihat secara keseluruhan grafik tersebut, yang terbaik ada diputaran 4000 Rpm, karena pada saat sudut dwel berada pada posisi (Top = 10⁰ BTDC), data grafik tersebut selalu naik sampai sudut dwel di mundurkan dari posisi Top (+2 = 12⁰ BTDC), karena dengan semakin naiknya nilai emisi gas CO₂, bisa diindikasikan bahwa pembakaran yang terjadi di ruang bakar semakin baik.

4.6 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik HC, dengan gab busi 1,1 mm.

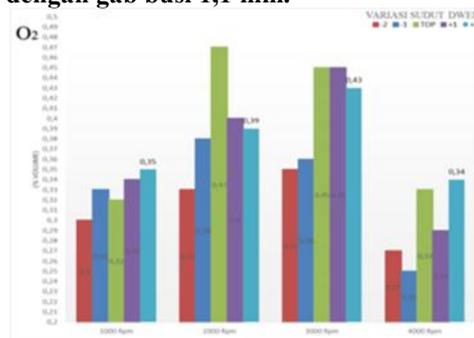


Gambar 9. Grafik HC Gab Busi 1,1 mm

Grafik emisi gas HC di atas, jika dibandingkan dengan grafik HC sebelumnya (dengan gab busi 1.0 mm), ada perbedaan pada bentuk grafik, pada grafik sebelumnya lebih cenderung naik nilainya, sedangkan untuk grafik emisi gas HC di atas trennya

lebih cenderung turun. Tetapi untuk nilai emisi gas HC yang tinggi berada pada putaran 1000 Rpm sebesar (97 ppm) pada waktu sudut dwel di posisi (Top = 10⁰ BTDC), hal ini yang terjadi bisa dibalang wajar karena putaran tersebut berada di posisi idle, sesungguhnya waktu kerja mesin itu sendiri pada posisi stationer berada di putaran sekitar 2000 Rpm – 3000 Rpm, selain itu pembakaran yang terjadi juga dipengaruhi oleh campuran udara dan bahan bakar yang diatur oleh ECU. Sedangkan nilai terendahnya berada diputaran 3000 Rpmsebesar (38 ppm), pada waktu sudut dwel di majukan dari posisi Top, (-2 = 8⁰ BTDC), yang terjadi ketika sudut dwel dimajukan, terjadi pembakaran yang lebih awal, sehingga proses pembakaran yang terjadi lama dan bahan bakar di indikasikan terbakar semua, juga berpengaruh terhadap nilai emisi gas HC yang rendah dibandingkan dengan sudut dwel yang berada di posisi (Top = 10⁰ BTDC). Secara keseluruhan grafik tersebut, Nilai terbaiknya berada di putaran 3000 Rpm, karena peningkatan hasil nilai emisi gas HC yang dihasilkan tidak terlalu signifikan dibandingkan putaran Rpm lainnya.

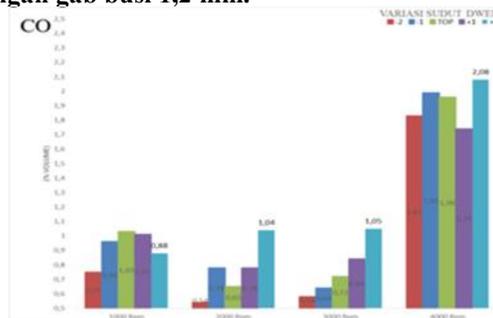
4.7 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik O₂, dengan gab busi 1,1 mm.



Gambar 10. Grafik O₂, Gab Busi 1,1 mm

Nilai emisi gas O₂ tertinggi ada diputaran 2000 Rpm sebesar (0.47%), ketika sudut dwel berada di posisi (Top = 10⁰ BTDC), hasil tersebut lebih baik dibandingkan dengan grafik O₂ sebelumnya (dengan gab busi 1.0 mm). Sedangkan nilai terendahnya ada diputaran 4000 Rpmsebesar (0.25%), pada saat sudut dwel di majukan dari posisi Top, (-1 = 9⁰ BTDC), dari grafik O₂ secara keseluruhan di atas putaran terbaiknya ada di putaran 4000 Rpm. Untuk tren grafik O₂ ini lebih cenderung naik nilainya.

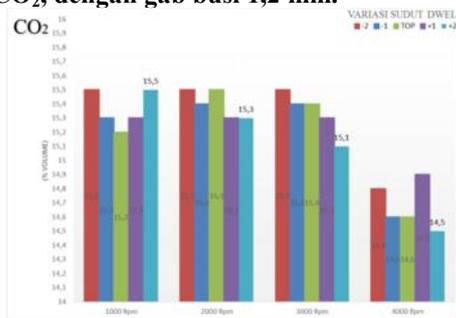
Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik CO, dengan gab busi 1,2 mm.



Gambar 11. Grafik CO Gab Busi 1,2 mm

Hasil grafik emisi gas CO di atas, nilai tertinggi berada pada putaran 4000 Rpm sebesar (2,08 %), ketika sudut dweldi mundurkan dari posisi Top, (+2 = 12⁰ BTDC), yang terjadi ketika sudut dwel dimundurkan terjadi keterlambatan waktu pengapian sehingga bahan bakar yang ada di ruang bakar tidak terbakar sempurna akibat pembakaran singkat, selain itu gab busi juga mempengaruhi loncatan bunga api yang kecil ketika pembakaran terjadi sehingga nilai CO yang dihasilkan tinggi, nilai terendahnya ada diputaran 2000 Rpm sebesar (0,54 %), saat waktu pengapian dimajukan dari posisi Top, (-2 = 8⁰ BTDC), karena pada saat sudut dwel dimajukan terjadi pembakaran lebih awal sehingga bahan bakar yang disuplai keruang bakar terbakar semua, selain bahan bakar terbakar semua yang mempengaruhi nilai rendahnya gas CO ini juga tidak lepas dari campuran udara dan bahan bakar yang sudah diatur ECU. Kalau dilihat keseluruhan tren grafik tersebut cenderung naik, putaran terbaiknya ada di 2000 Rpm.

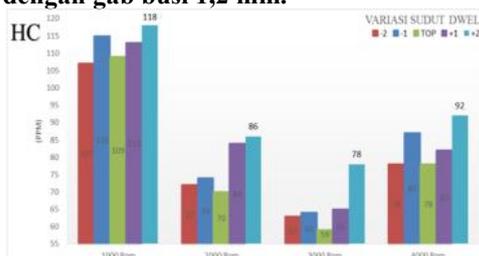
4.8 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik CO₂, dengan gab busi 1,2 mm.



Gambar 12. Grafik CO₂, Gab Busi 1,2 mm

Untuk grafik emisi gas CO₂, ada kesamaan dari hasil yang di dapat ketika dilakukan uji emisi gas CO₂, sebesar (15.5 %), berada diputaran 1000, dan 3000 Rpm, ketika sudut dwel dimajukan dari posisi Top, (-2 = 8⁰ BTDC), terjadi waktu pengapian lebih awal sehingga bahan bakar terbakar semua, selain itu campuran udara dan bahan bakar juga sangat menentukan, pada putaran 2000 Rpmjuga sama nilainya sebesar (15.5%), saat sudut dwel berada diposisi (Top = 10⁰ BTDC), meskipun hasilnya sama nilainya tetapi ada perbedaan pada campuran udara dan bahan bakarnya, sedangkan nilai terendah emisi gas CO₂ berada diputaran 4000 Rpmsebesar (14.5 %).

4.9 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik HC, dengan gab busi 1,2 mm.

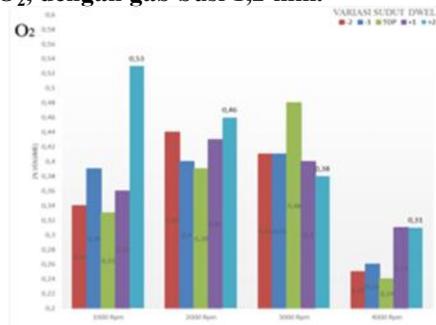


Gambar 13. Grafik HC, dengan gab busi 1,2 mm

Hasil grafik di atas menunjukkan nilai tertinggi yang dihasilkan dari emisi gas HC berada diputaran

1000 Rpmsebesar (118 ppm), pada saat waktu pengapian dimundurkan dari posisi Top, (+2=12⁰ BTDC), saat sudut dwel dimundurkan terjadi keterlambatan waktu pengapian sehingga mengakibatkan bahan bakar tidak terbakar semua selain itu gab busi yang renggang juga berpengaruh terhadap loncatan bunga api yang kecil terhadap pembakaran yang terjadi, sehingga nilai HC tinggi, nilai terendahnya ada diputaran 3000 Rpm, sebesar (59 ppm), ketika sudut dwel pada posisi (Top = 10⁰ BTDC), karena pada sudut dwel yang sudah ditentukan ini sangat berpengaruh terhadap waktu pengapian dan juga HC yang dihasilkan dibandingkan ketika sudut dwel dimajukan dan dimundurkan nilai HC lebih tinggi dari pada berada di posisi Top.Jika dilihat dari tren grafik tersebut secara keseluruhan nilai HC lebih cenderung naik, dan untuk nilai HC terbaik keseluruhan ada diputaran 3000 Rpm.

4.10 Analisa Data Hasil Penelitian pada Grafik O₂, dengan gab busi 1,2 mm.



Gambar 14. Grafik O₂, dengan gab busi 1,2 mm

Grafik O₂ di atas yang paling tinggi nilainya ada diputaran 1000 Rpm sebesar (0.53%), pada waktu sudut dwel berada di (+2 = 12⁰ BTDC) dari posisi Top, sedangkan nilai terendahnya berada diputaran 4000 Rpm sebesar (0.24%), saat sudut dwel berada di posisi (Top = 10⁰ BTDC), walaupun gas O₂ ini tidak berbahaya tetapi sangat berpengaruh terhadap proses pembakaran yang terjadi, karena O₂ ini menentukan berapa banyak bahan bakar yang disuplai keruang bakar, dari grafik di atas secara keseluruhan nilai O₂ terbaik berada di putaran 4000 Rpm.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil data uji emisi yang dilakukan pada kendaraan Kijang L-GX 1800 cc mesin tipe 7k, tentang pengaruh variasi sudut dwel dan gab busi terhadap emisi gas buang mesin tipe 7k, maka dapat disimpulkan, bahwa pengaruh sudut dwel, gab busi dan putaran mesin Rpm sangat berpengaruh terhadap pembakaran yang terjadi di ruang bakar dan juga gas buang yang dihasilkan. Hasil analisa data keseluruhan dapat disimpulkan, terjadinya pembakaran yang terbaik berada pada waktu sudut dwel pada posisi (Top = 10⁰ BTDC) pada putaran 1000 Rpm, CO₂ sebesar (15.9 %). Karena setiap proses pembakaran yang terjadi pada prinsipnya menghasilkan CO₂, dimana semakin tinggi nilai emisi gas CO₂ maka proses pembakaran

akan semakin baik. Pembakaran yang baik juga berpengaruh terhadap menurunnya kandungan emisi gas CO dan HC yang berdampak negatif bagi lingkungan. Selain itu Pembakaran yang terjadi diruang bakar juga tidak lepas dari O₂, karena jumlah udara yang masuk sangat menentukan jumlah suplai bahan bakar yang sudah di atur oleh ECU.

6. Saran

Ada beberapa hal saran dari penulis yang dapat disampaikan, khususnya bagi pembaca : Bagi pengguna kendaran roda 4 (mobil), diharuskan lebih memperhatikan kondisi kendaraan, dengan cara melakukan perawatan berkala (dilakukan tune-up dan juga memperhatikan kondisi pengapianya khususnya pada gab busi) agar kondisi mobil selalu prima, dan emisi gas buang yang dikeluarkan tidak berdampak negatif bagi lingkungan. Bagi pembaca atau peneliti selanjutnya bisa mengembangkan penelitian ini dengan menambahkan pembebanan pada mesin, karena penulis tidak bisa melakukan dengan uji pembebanan dikarenakan tidak tersedianya alat yang dibutuhkan ketika dilakukan uji emisi dengan beban. Saran yang terakhir yaitu perbanyak referensi, supaya mempermudah untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan ketika melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Gunadi, 2010, *Pengaruh Waktu Pengapian (Ignitin Timing) Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mobil dengan Sistem Bahan Bakar Injeksi (EFI)*, Universitas Negri Yogyakarta.
- [2] Susanto, Benny, 2017, *Pengaruh Faktor Koreksi Pengapian Terhadap Emisi Gas Buang Yang Dihasilkan Pada Kendaraan Jenis Injeksi 1800 CC*, Universitas Udayana, Bali.
- [3] Arifin, Zainal, Sukoco, 2009, *Pengendalian Polusi Udara*, Bandung, Alfabeta.

- [4] Arismunandar, Wiranto, 2005, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, Bandung.ITB.
- [5] Drs. Burtanto, M.Pd., 2015, *Dasar-Dasar Sistem Kontrol Pada Kendaraan*, Yogyakarta, Putaka barupress.
- [6] Ginting, Tinus, 2017, *Pengaruh Pengapian CDI Terhadap Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin 1800 CC*, STT Immanuel Medan.
- [7] Hidayat, Wahyu, 2017, *Teknologi Baru Motor Bensin Dan Standar Euro*. Bandung, Alfabeta.
- [8] Juan, 2018, *Diagram Pembukaan Katup (Valve Timing)* di <https://www.teknik-otomotif.com/2018/03/diagram-pembukaan-katup-valve-timing.html> (di akses 26 Janurari 2019)
- [9] Junipitoyo, Sudarmanta, 2014, *Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Mesin Sinjai Sistem Injeksi Berbahan Bakar Campuran Premium-Bioethanol (E-50) Dengan Pengaturan Waktu Pengapian Dan Durasi Injeksi*, Institut Teknolog Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [10] Kepmen LH, 2006, *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*.
- [11] Toyota Astra Motor, 1995, *Buku Panduan New Step 1 Trainng Manual*, Jakarta

	<p>Anas Mahfud telah menyelesaikan pendidikan program sarjana S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali, dari tahun 2015 sampai 2019. Menyelesaikan studinya dengan topic “Pengaruh Variasi Sudut Dwel dan Gab Busi Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Tipe 7K”. Bidang yang diminati Konversi Energi.</p>
--	--