

ANALISIS PENGARUH PIPA INNER SEBAGAI KATALIS METANOL DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS YANG TERBUANG

Dani Hari Tunggal Prasetyo¹, Djoko Wahyudi²
e-mail : dani.hari59@gmail.com, djokowahyudi@gmail.com,
^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Panca Marga, Indonesia

ABSTRAK

Pertumbuhan populasi kendaraan yang semakin meningkat, menimbulkan emisi gas buang yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Pengembangan teknologi pada kendaraan merupakan upaya dalam mengurangi emisi gas buang dan mengoptimalkan performa kendaraan. Salah satu pengembangan teknologi yang dapat dilakukan adalah penggunaan pipa inner sebagai katalis metanol yang akan digunakan sebagai campuran bahan bakar. Pipa katalis berfungsi untuk memecah atom hidrokarbon menjadi atom hidrogen (H) dan karbon (C) pada metanol. Pengujian dilakukan dengan menambahkan pipa inner dengan memvariasikan putaran mesin (rpm). Hasil pengujian adalah performa mesin dan emisi gas buang kendaraan yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan pipa inner diperoleh data nilai torsi tertinggi sebesar 10,7 N.m, nilai daya efektif tertinggi sebesar 7,9 N.m, kadar HC terendah sebesar 67 ppm, kadar CO terendah sebesar 0,32%, kadar CO₂ terendah sebesar 1,9%. Pengujian menggunakan pipa inner memberikan efek terhadap performa mesin dan emisi gas buang kendaraan.

Kata kunci: Pipa inner, Metanol, Emisi Gas Buang, Performa Kendaraan

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi kendaraan yang semakin meningkat menjadi perhatian para peneliti, hal ini dikarenakan meningkatnya populasi kendaraan berdampak pada emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Emisi gas buang tersebut berupa NO_x, CO dan HC serta zat lain yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia (Wahyuni, 2021). Selain emisi gas buang, dampak lain yang ditimbulkan adalah meningkatnya konsumsi bahan bakar. Menurut (Said et al., 2019) jumlah populasi kendaraan pada tahun 2017 di semester satu sekitar 1,46 juta unit, selain itu menurut (Nurdjanah, 2015) emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor mempengaruhi iklim global. Kendaraan bermotor saat ini lebih dominan menggunakan bahan bakar minyak yang bersumber dari energi fosil. Energi fosil merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbarui (Prasetyo et al., 2019). Eksploitasi bahan bakar minyak bumi yang semakin meningkat menyebabkan jumlahnya semakin menipis. Menurut (Sa'adah et al., 2017), kebutuhan energi di Indonesia rata-rata meningkat setiap tahunnya sebesar 36 juta barrel *oil equivalent* (BOE) terhitung dari tahun 2000 hingga tahun 2014. Sementara cadangan energi fosil, seperti minyak bumi di Indonesia diprediksi tersisa 3,6 miliar barel dan akan habis 13 tahun mendatang. Sebagai langkah awal dalam menghemat jumlah cadangan minyak bumi yang semakin menipis akibat eksploitasi maka dibutuhkan bahan bakar alternatif. Bahan bakar alternatif dapat bersumber dari bahan nabati yang sumbernya dapat diperbarui. Penggunaan bahan bakar alternatif dapat

menanggulangi terjadinya krisis energi dimasa mendatang. Selain bahan bakar alternatif diperlukan juga pengembangan teknologi pada kendaraan.

Pengembangan teknologi pada kendaraan merupakan upaya menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang. Contoh pengembangan teknologi pada kendaraan yang saat ini telah dilakukan antara lain penggunaan *injection* pada sistem pembakaran, penggunaan busi iridium untuk pembakaran yang optimal, penggunaan knalpot bebas emisi dll. Namun, pengembangan teknologi lain juga perlu dilakukan. Salah satu pengembangan teknologi yang dapat dilakukan adalah penggunaan pipa katalis bahan bakar. Pipa katalis bahan bakar merupakan alat yang digunakan untuk memecah atom hidrokarbon menjadi atom hidrogen (H) dan karbon (C). Atom hidrogen dan karbon dipecah dengan memanfaatkan energi kalor. Hasil proses pecahnya hidrogen dan karbon dijadikan campuran pada pembakaran *internal* didalam ruang bakar. Bercampurnya hidrogen dan karbon dapat menghasilkan pembakaran lebih sempurna sehingga mengurangi konsumsi bahan bakar kendaraan serta emisi gas buang (Akhsan, 2016).

Penelitian pipa katalis sebagai pemecah atom hidrokarbon pernah dilakukan oleh (Mastur et al., 2018). Penelitian dilakukan dengan memvariasikan diameter pada pipa katalis. Hasil penelitian menunjukkan penambahan pipa katalis dengan diameter yang lebih besar dapat menghemat konsumsi bahan bakar dan mereduksi getaran mesin. Selain itu, penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh (Mahendra et al., 2019) dengan melakukan penambahan pipa spiral katalis

ganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pipa katalis ganda mampu menghemat bahan bakar sebesar 52,52% dan meningkatkan daya mesin sebesar 92,3% pada putaran 3500 rpm serta mengurangi temperature sebesar 12,34% dengan putaran mesin 6000 rpm. Hal ini menunjukkan terdapat pengaruh pipa katalis bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin dan efisiensi bahan bakar. Selain itu, untuk menghemat bahan bakar yang bersumber dari fosil khususnya minyak bumi dapat menggunakan campuran metanol.

Metanol merupakan metil alkohol yang memiliki rumus kimia CH_3OH (Putri et al., 2018). Pada metanol terdapat unsur karbon dan hidrogen sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin dengan sistem *internal combustion*. Metanol terbuat dari sintesa gula dan bakteri serta memiliki nilai oktan yang cukup tinggi dengan nilai oktan 108 (Hidayat, 2017). Namun sifat metanol yang polar menyebabkan sulit untuk bercampur merata dengan senyawa alkana (Utomo, 2016). Oleh karena itu, penggabungan metanol dengan bahan bakar jenis gasoline diperlukan pengembangan teknologi. Pengembangan teknologi tersebut salah satunya dengan penggabungan bahan bakar gasoline dengan metanol. Penggabungan dapat dilakukan dengan menggunakan pipa katalis sebagai saluran suplai bahan bakar atau yang biasa disebut dengan sistem *hidro carbon cracking system* (HCS).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian yang akan dilakukan adalah pengaruh pipa inner sebagai pipa katalis pada kendaraan bermotor dengan menambahkan metanol pada bahan bakar gasoline jenis petamax didalam reaktor HCS. Bahan bakar pada reaktor sebagai pengumpan pada ruang bakar. Selain itu juga diperlukan modifikasi pipa katalis dengan memvariasikan aliran bahan bakar dengan menggunakan pipa inner.

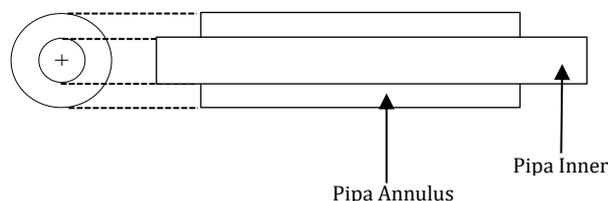
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Penelitian dilakukan untuk mengamati pengaruh pipa inner. Pipa inner digunakan sebagai katalis pada metanol yang akan digunakan sebagai campuran bahan bakar didalam ruang bakar. Metanol dialirkan menuju ruang bakar melalui pipa inner. Bahan bakar yang digunakan saat penelitian adalah bahan bakar gasoline jenis pertamax. Variabel pengujian dapat diamati pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Variabel pengujian

Putaran mesin (rpm)	Pengujian
1.000	Torsi, Daya, CO, HC, CO ₂
2.000	
3.000	
4.000	
5.000	
6.000	
7.000	

Setelah menentukan metode pengujian maka langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi pipa inner sebagai katalis bahan bakar. Pipa inner terbuat dari tembaga (Cu) dan memiliki dimensi panjang 20 cm dengan diameter sebesar 9,52 mm. Pipa katalis ditempelkan pada bagian leher knalpot agar terjadi perpindahan panas dari leher knalpot menuju pipa katalis. Gambar skema pipa inner sebagai katalis dapat dilihat pada Gambar 1.



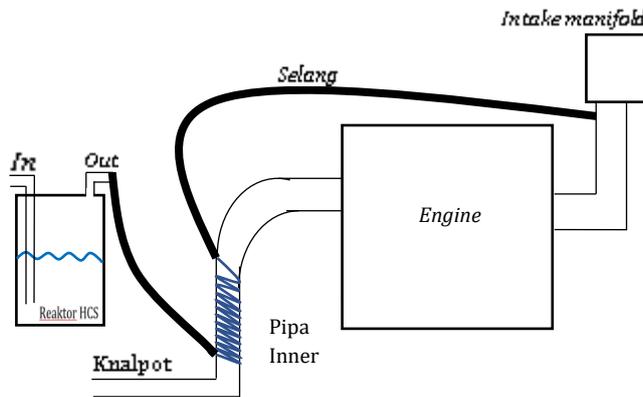
Gambar 1. Skema Pipa inner sebagai katalis bahan bakar

Pada Gambar 1 dapat dilihat skema pipa inner sebagai katalis bahan bakar. Pengujian diawali dengan memanaskan mesin kendaraan terlebih dahulu hingga putaran mesin menjadi *idle*. Kemudian memastikan pipa katalis dapat digunakan dan tidak ada yang tersumbat, pipa katalis dipasang di bagian knalpot dengan cara dililit. Pada reaktor terdapat dua lubang masuk dan lubang keluar. Tujuan lubang masuk adalah untuk menghisap bahan bakar pada tabung reaktor HCS. Uap bahan bakar dari tabung HCS disalurkan menuju lubang keluar menuju pipa inner. Selanjutnya bahan bakar menuju pipa inner dengan bentuk spiral yang terletak pada knalpot untuk dialirkan menuju *intake manifold*. Metanol akan bercampur pada ruang bakar sehingga terjadi reaksi pembakaran di dalam ruang bakar. Setelah bercampur maka dilanjutkan dengan uji performa mesin dan emisi gas buang. Putaran mesin (rpm) dan data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1. Alat yang digunakan saat uji emisi gas buang adalah gas *analyzer* sedangkan pengujian performa kendaraan menggunakan *dynotest*. Karakteristik bahan bakar pertamax dapat dilihat pada Tabel 2 sedangkan skema pipa inner sebagai katalis dengan metode *hidro carbon cracking system* dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Karakteristik bahan bakar pertamax

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji ASTM
			Min	Maks	
1	Bilangan oktan	RON	92,0	-	D 2699
2	Kandungan sulfur	% m/m	-	0,05 ¹⁾	D2622 / D4294 / D7039
3	Kandungan timbal sulfur (pb)	Gr/liter	-	0,013 ²⁾	D 3237
4	Kandungan oksigen	%m/m	-	2,7 ³⁾	D 4815 / D 6839 / D 5599
5	Sedimen	Mg/l	-	1	D 5452
6	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	Kg/m ³	715	770	D 4052 / D 1298
7	Warna	Biru			-

Sumber : (Wahyudi et al., 2020)

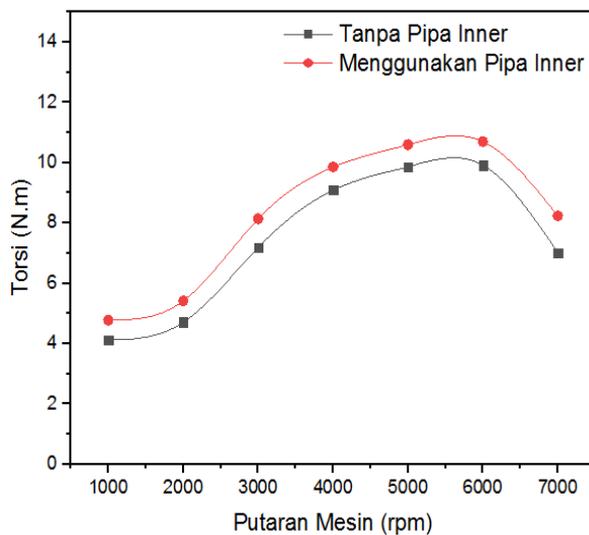


Gambar 2. Skema pengujian pipa inner sebagai katalis dengan metode *hidro carbon cracking system* (HCS)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Torsi

Hasil pengujian pengaruh pipa inner terhadap torsi yang dihasilkan dapat diamati pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Hubungan putaran mesin dengan torsi

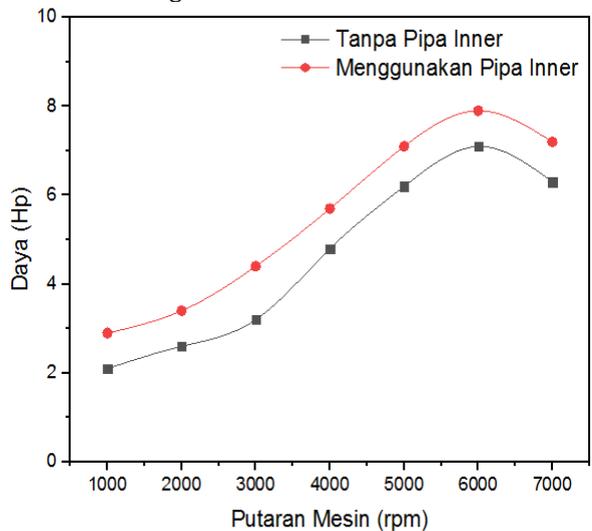
Pada Gambar 3 dapat diamati hubungan putaran mesin dengan torsi yang dihasilkan. Nilai torsi dipengaruhi oleh penggunaan pipa inner sebagai katalis bahan bakar metanol. Bahan bakar metanol sebelum bereaksi didalam ruang bakar melewati pipa inner terlebih dahulu sehingga saat bercampur didalam ruang bakar telah berbentuk uap. Nilai torsi tertinggi terdapat pada putaran mesin 6.000 rpm, nilai torsi dengan menggunakan pipa inner sebesar 10,7 N.m sedangkan tanpa menggunakan pipa inner sebesar 9,9 N.m. Nilai torsi terus meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin hingga putaran mesin mencapai 6.000 rpm, kemudian nilai torsi menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin (rpm), maka torsi

akan meningkat kemudian nilai torsi akan menurun saat mencapai titik maksimum. Nilai torsi maksimum disebabkan kecepatan piston yang semakin tinggi, hal ini menyebabkan komposisi bahan bakar yang bercampur untuk proses pembakaran juga semakin meningkat (Sinaga & Rifal, 2017). Semakin besar volume bahan bakar yang bercampur didalam ruang bakar menyebabkan peningkatan efisiensi volumetric (Hetharia, 2012). Nilai torsi yang tinggi diikuti dengan jumlah volume bahan bakar yang dibutuhkan didalam ruang bakar sehingga *output* yang dihasilkan juga ikut meningkat.

Pada Gambar 3 dapat diamati pengaruh pipa inner terhadap nilai torsi yang dihasilkan. Dapat diamati nilai torsi semakin meningkat dengan tambahan pipa inner sebagai katalis bahan bakar metanol. Selisih nilai torsi yang dihasilkan antara menggunakan pipa inner dengan tanpa menggunakan pipa inner pada putaran mesin 1.000 hingga 7.000 rpm sebesar (0,66, 0,71, 0,95, 0,77, 0,82, 0,8 dan 1,22) N.m. Nilai torsi meningkat disebabkan adanya tambahan komposisi bahan bakar metanol pada ruang bakar. Tambahan komposisi metanol pada ruang bakar menyebabkan meningkatnya gaya tekan. Meningkatnya gaya tekan saat proses pembakaran dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar. Kualitas bahan bakar dapat diketahui dari nilai oktan yang terkandung pada komposisi bahan bakar tersebut. Penambahan metanol melalui pipa inner dapat meningkatkan nilai oktan saat reaksi pembakaran yang terjadi sehingga nilai torsi dapat meningkat. Meningkatnya nilai oktan dipengaruhi oleh nilai titik nyala pada metanol, jika dibandingkan dengan titik nyala bahan bakar pertamax. Oleh karena itu, semakin meningkat nilai oktan maka semakin tinggi nilai torsi.

Hasil Pengujian Daya Efektif

Hasil pengujian pengaruh pipa inner terhadap nilai daya efektif yang dihasilkan dapat diamati pada Gambar 4 sebagai berikut.



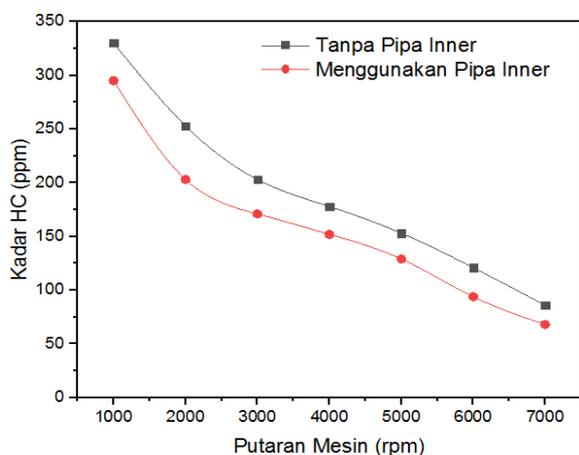
Gambar 4. Hubungan putaran mesin dengan daya efektif (Hp)

Hubungan putaran mesin dengan daya efektif dapat diamati pada Gambar 4. Putaran mesin (rpm) yang semakin meningkat menyebabkan daya efektif ikut meningkat. Daya efektif meningkat hingga putaran mesin 6.000 rpm, kemudian daya efektif menurun pada putaran mesin 7.000 rpm. Nilai daya efektif tertinggi sebesar 7,9 Hp dengan menggunakan pipa inner sebagai katalis sedangkan tanpa katalis memiliki nilai sebesar 7,1 Hp. Nilai daya efektif terendah sebesar 2,9 Hp dengan menggunakan katalis sedangkan tanpa menggunakan katalis sebesar 2,1 Hp. Nilai daya efektif terjadi penurunan pada putaran mesin 7.000 rpm dikarenakan daya efektif mencapai titik maksimum. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan penambahan metanol menyebabkan daya efektif menjadi meningkat.

Pada putaran mesin 1.000 hingga 6.000 rpm daya efektif meningkat, hal ini dikarenakan volume bahan bakar yang bereaksi lebih banyak sehingga menyebabkan daya efektif meningkat, namun saat putaran mesin mencapai titik maksimum volume bahan bakar menurun sehingga daya efektif menurun. Pada putaran maksimum, aliran bahan bakar sulit meningkat ketika putaran mesin tinggi, hal ini dipengaruhi oleh tekanan pada inlet yang rendah. Metanol mempengaruhi nilai daya efektif yang dihasilkan saat pengujian. Hal ini dikarenakan kualitas bahan bakar meningkat dengan adanya penambahan metanol. Kualitas bahan bakar yang baik menyebabkan pembakaran sempurna pada ruang bakar (Susilo et al., 2020). Pembakaran yang sempurna menandakan *air fuel ratio* (AFR) seimbang. AFR yang seimbang menyebabkan bahan bakar terbakar secara menyeluruh sehingga tenaga yang dihasilkan menjadi meningkat (Riyadi, 2020).

Hasil Pengujian Kandungan Emisi HC (*Hidro Carbon*)

Hasil pengujian penggunaan pipa inner sebagai katalis dengan variasi putaran mesin (rpm) menghasilkan nilai kadar HC yang dapat diamati pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Hubungan putaran mesin (rpm) terhadap kadar HC (ppm) yang dihasilkan.

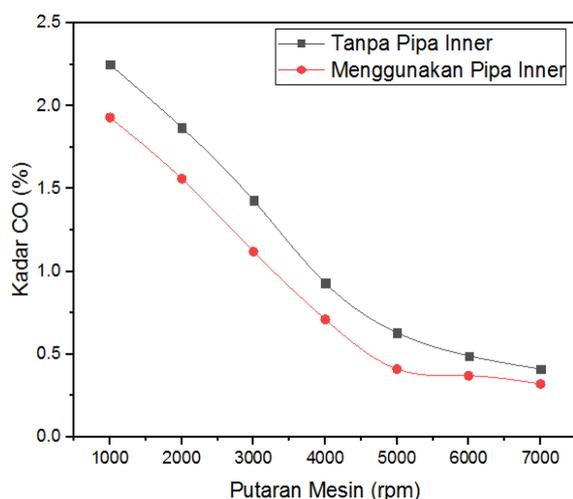
Nilai terendah kadar HC terdapat pada pada putaran mesin 7.000 rpm dengan menggunakan pipa

inner sebesar 67 ppm sedangkan tanpa pipa inner sebesar 86 ppm. Kadar HC tertinggi terdapat pada putaran mesin 1.000 rpm dengan nilai sebesar 295 ppm menggunakan pipa inner sebagai katalis sedangkan tanpa menggunakan pipa inner sebesar 330 ppm. Dapat diamati pada Gambar 5, terdapat pengaruh putaran mesin terhadap kadar HC yang dihasilkan. Semakin tinggi putaran mesin menyebabkan kadar HC semakin menurun. Hal ini dikarenakan pada putaran rendah, temperatur bahan bakar belum meningkat sehingga bahan bakar sulit terurai. Saat sulit terurai maka bahan bakar akan tersisa dan tidak ikut terbakar secara menyeluruh. Bahan bakar yang tersisa pada ruang bakar terdorong keluar menuju knalpot kemudian bercampur pada udara sekitar. Namun pada saat putaran mesin yang tinggi, temperatur bahan bakar turut meningkat, sehingga terjadi pembakaran sempurna. Saat terjadi pembakaran sempurna, bahan bakar akan terbakar secara menyeluruh sehingga sedikit menyisahkan kadar HC. Sisa bahan bakar yang tidak bereaksi dengan sempurna pada ruang bakar akan terbuang menuju knalpot saat proses langkah buang.

Pada Gambar 5 dapat diamati pengaruh pipa katalis pada kadar HC yang dihasilkan. Kadar HC yang dihasilkan lebih rendah dengan menggunakan pipa inner jika dibandingkan tanpa menggunakan pipa inner. Menurunnya kadar HC secara berturut-turut pada putaran mesin 1.000 hingga 7.000 rpm dengan membandingkan penggunaan pipa inner dengan tanpa menggunakan pipa inner sebesar (35, 50, 32, 26, 24, 27 dan 18) ppm. Kadar HC lebih rendah dengan menggunakan pipa inner disebabkan oleh penambahan metanol pada ruang bakar. Metanol memiliki sifat mudah terbakar, sehingga saat dilakukan katalisasi menggunakan pipa inner bahan bakar lebih banyak terbakar dan mengurangi kadar HC yang tertinggal di dalam ruang bakar. Pengujian menggunakan pipa katalis sebagai *hidro carbon cracking system* (HCS) menunjukkan bahwa penambahan metanol mempengaruhi penurunan kadar HC. Hal ini dapat diamati pada Gambar 5, hasil pengujian menghasilkan nilai penurunan kadar HC.

Hasil Pengujian Kandungan Emisi CO

Hasil pengujian penggunaan pipa inner sebagai katalis dengan variasi putaran mesin (rpm) menghasilkan nilai kadar CO dapat diamati pada Gambar 6 sebagai berikut.



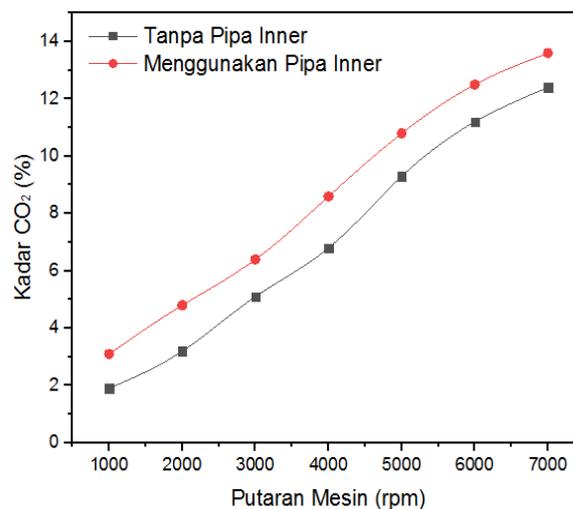
Gambar 6. Hubungan putaran mesin (rpm) terhadap kadar CO (%) yang dihasilkan.

Pada Gambar 6 dapat diamati hubungan putaran mesin dengan kadar CO yang dihasilkan. Kadar CO terendah pada putaran mesin 7.000 rpm dengan menggunakan pipa inner sebagai katalis bahan bakar sebesar 0,32% sedangkan tanpa pipa inner sebesar 0,41%. Kadar CO tertinggi terdapat pada putaran mesin 1.000 rpm dengan nilai sebesar 2,25% tanpa pipa inner sedangkan menggunakan pipa inner sebesar 1,93%. Kadar CO menurun saat putaran mesin meningkat, hal ini dipengaruhi oleh turbulensi antara bahan bakar dan udara didalam ruang bakar. Saat terjadi turbulensi didalam ruang bakar akan terbentuk komposisi yang lebih homogen antara bahan bakar dan udara.

Pada Gambar 6 dapat diamati pengaruh pipa inner sebagai katalis metanol untuk suplai bahan bakar pada ruang bakar. Penggunaan pipa inner menunjukkan adanya pengaruh penurunan kadar CO. Hal ini dapat kita amati pada putaran mesin 1.000 rpm, kadar CO menurun dengan menggunakan pipa inner. Selisih kadar CO pada putaran 1.000 rpm sebesar 0,32%. Hal ini juga terjadi pada semua putaran mesin. Pada semua putaran mesin, kadar CO menurun dengan menggunakan pipa inner. Putaran mesin 1.000 hingga 7.000 rpm memiliki nilai kadar CO berturut-turut sebesar (1,93, 1,56, 1,12, 0,71, 0,41, 0,37, dan 0,32) %. Penurunan kadar CO dengan menggunakan pipa inner dikarenakan suplai metanol pada ruang bakar, sehingga bahan bakar, udara dan metanol di dalam ruang bakar menjadi homogen. Oleh karena itu kadar CO yang dihasilkan dengan menggunakan pipa inner semakin menurun. Selain itu, metanol mengandung kadar oksigen lebih banyak, sehingga dapat menurunkan kadar CO, selain itu oksigen berperan aktif dalam reaksi pembakaran. Karbon dioksida dan uap air akan terbentuk pada proses pembakaran sempurna dari senyawa hidrokarbon sedangkan pembakaran tak sempurna akan menghasilkan karbon monoksida yang bersifat racun dan uap air.

Hasil Pengujian Kandungan Emisi CO₂

Hasil pengujian penggunaan pipa inner sebagai katalis dengan variasi putaran mesin (rpm) menghasilkan nilai kadar CO₂ yang dapat diamati pada Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Hubungan putaran mesin (rpm) terhadap kadar CO₂ (%) yang dihasilkan.

Pada Gambar 7 merupakan hubungan putaran mesin dengan kadar CO₂ yang dihasilkan. Seiring dengan meningkatnya putaran mesin terlihat kadar CO₂ semakin meningkat. Hal ini berbanding terbalik dengan CO dan HC yang dihasilkan. Kadar CO₂ terendah pada putaran mesin 1.000 rpm sebesar 1,9% dengan menggunakan pipa inner sedangkan tanpa pipa inner sebesar 3,1%. Kadar CO₂ tertinggi terdapat pada putaran mesin 7.000 rpm dengan nilai sebesar 13,6% tanpa menggunakan pipa inner sedangkan dengan menggunakan pipa inner sebesar 12,4%. Kadar CO₂ lebih rendah pada putaran mesin tinggi jika dibandingkan dengan putaran mesin yang rendah. Hal ini disebabkan oleh pembakaran yang sempurna saat putaran mesin meningkat. Saat putaran mesin rendah rasio bahan bakar kaya, sehingga suplai oksigen tidak seimbang. Kadar CO₂ yang dihasilkan pada reaksi pembakaran oleh motor bakar tidak memberikan efek beracun namun berdampak pada efek pemanasan global.

Ratio AFR yang tidak ideal turut mempengaruhi kadar CO₂ yang dihasilkan. Komposisi AFR kaya atau miskin menyebabkan kadar CO₂ meningkat. Hal ini dikarenakan, reaksi pembakaran didalam ruang bakar tidak sempurna sehingga bahan bakar tidak sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan. Kemudian, AFR yang ideal dipengaruhi oleh nilai oktan yang tinggi sehingga pembakaran menjadi sempurna. Suplai metanol dari tabung reaktor menyebabkan nilai oktan meningkat, hal ini disebabkan adanya tambahan hidrogen (H) dan karbon (C). Hal ini menunjukkan adanya pengaruh pipa inner pada kadar emisi CO₂ yang dihasilkan.

PENUTUP

Hasil pengujian penggunaan pipa inner sebagai katalis metanol untuk mengetahui performa mesin dan emisi gas buang menghasilkan nilai torsi, daya, HC, CO dan CO₂. Hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai torsi semakin meningkat dengan menggunakan pipa inner pada putaran mesin 1.000 hingga 6.000 rpm namun nilai torsi turun pada putaran mesin 7.000 rpm. Nilai torsi tertinggi sebesar 10,7 N.m dengan menggunakan pipa inner sedangkan tanpa menggunakan pipa inner sebesar 9,9 N.m pada putaran mesin 6.000 rpm.
2. Nilai daya efektif semakin meningkat dengan menggunakan pipa inner pada putaran mesin 1.000 hingga 6.000 rpm namun nilai daya efektif turun pada putaran mesin 7.000 rpm. Nilai daya efektif tertinggi sebesar 7,9 N.m dengan menggunakan pipa inner sedangkan tanpa menggunakan pipa inner sebesar 7,1 N.m pada putaran mesin 6.000 rpm.
3. Kadar HC semakin menurun dengan menggunakan pipa inner pada putaran mesin 1.000 hingga 7.000 rpm. Kadar HC terendah sebesar 67 ppm dengan menggunakan pipa inner sedangkan tanpa menggunakan pipa inner sebesar 86 ppm pada putaran mesin 7.000 rpm.
4. Kadar CO semakin menurun dengan menggunakan pipa inner pada putaran mesin 1.000 hingga 7.000 rpm. Kadar CO terendah sebesar 0,32% dengan menggunakan pipa inner sedangkan tanpa menggunakan pipa inner sebesar 0,41% pada putaran mesin 7.000 rpm.
5. Kadar CO₂ semakin meningkat dengan menggunakan pipa inner pada putaran mesin 1.000 hingga 7.000 rpm. Kadar CO₂ terendah sebesar 1,9% dengan menggunakan pipa inner sedangkan tanpa menggunakan pipa inner sebesar 3,1% pada putaran mesin 7.000 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

Akhsan, M. N. (2016). ... *Crack System (Hcs) Dengan Bahan Bakar Premium Dan Pertamina Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun* <https://lib.unnes.ac.id/27712/%0Ahttp://lib.unnes.ac.id/27712/1/5202412069.pdf>

Hetharia, M. (2012). Analisa Pengaruh Kapasitas Udara Untuk Campuran Bahan Bakar Terhadap Prestasi Mesin Diesel. *Arika*, 06(1).

Hidayat, M. M. (2017). *PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR PREMIUM DAN SPIRITUS TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR*

DAN PERFORMA MESIN SEPEDA MOTOR.

Mahendra, S., Fatra, F., Riszal, A. R., & Rohmanto, D. (2019). Penghemat Bahan Bakar Dengan Menggunakan Pipa Katalis Metode Hydrocarbon Crack System Ganda Pada Sepeda Motor 4 Tak 160 Cc. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.32662/gojise.v2i2.692>

Mastur, Setiawan, K., & Susanto, T. D. (2018). Desain Kritis Pipa Katalis Berbahan Copper Dan Aluminium Pada Hydrocarbon Crack System (HCS) Untuk Optimasi Pembakaran Motor Bensin dan Penurunan Emisi Gas Buang. *Prosiding Seminar Nasional Unimus*, 1, 688-696.

Nurdjanah, N. (2015). EMISI CO₂ AKIBAT KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA DENPASAR CO₂ EMISSIONS FROM VEHICLE IN DENPASAR. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE*, 120(11), 259.

Prasetyo, D. H. T., Ilminnafik, N., & Junus, S. (2019). The Flame Characteristics of Diesel Fuel Blend with Kepuh (*Sterculia Foetida*) Biodiesel. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, 3(2), 70-80. <https://doi.org/10.17977/um016v3i22019p070>

Putri, R. A., Muhammad, A., & Ishak, I. (2018). Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*) Melalui Proses Ekstraksi Reaktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(2), 16. <https://doi.org/10.29103/jtku.v6i2.472>

Riyadi, N. S. (2020). *Pengaruh Campuran pertalite dan Metanol Terhadap Daya dan Torsi Mesin Bensin 4 Langkah 100 CC*. 92.

Sa'adah, A. F., Fauzi, A., & Juanda, B. (2017). Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 17(2), 118-137. <https://doi.org/10.21002/jepi.v17i2.661>

Said, L. B., H, S. M., & Sriwati. (2019). Pengaruh Pertumbuhan Kendaraan Dan Kapasitas Jalan Terhadap Kemacetan Di Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan. *Fly Over*, 3(1), 79-86.

Sinaga, N., & Rifal, M. (2017). Pengaruh Komposisi Bahan Bakar Metanol-Bensin Terhadap Torsi Dan Daya Sebuah Mobil Penumpang Sistem Injeksi Elektronik 1200 CC. *Rotasi*, 19(3), 147. <https://doi.org/10.14710/rotasi.19.3.147-155>

Susilo, S. H., Suharono, M. F., Rarindo, H., & Wicaksono, H. (2020). Analisa Campuran Metanol-Pertalite Terhadap Kinerja Dan Suhu Kerja Motor. *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 3(01), 27-34. <https://doi.org/10.33795/jetm.v3i01.53>

- Utomo, S. (2016). PENGARUH KONSENTRASI PELARUT (n-HEKSANA) TERHADAP RENDEMEN HASIL EKSTRAKSI MINYAK BIJI ALPUKAT UNTUK PEMBUATAN KRIM PELEMBAB KULIT. *Jurnal Konversi*, 5(1), 39. <https://doi.org/10.24853/konversi.5.1.39-47>
- Wahyudi, D., Hari, D., Prasetyo, T., Muhammad, A., Mesin, J. T., Teknik, F., & Marga, U. P. (2020). *J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin Pengaruh Bahan Bakar dan Busi Terhadap Jarak Tempuh Effect of Fuel and Spark Plugs on Mileage*. 5(1), 1-5.
- Wahyuni. (2021). *Kajian beban emisi pencemar udara pada sektor transportasi darat di beberapa ruas jalan kota Pematangsiantar*. x, 86.