

PENGARUH PENGGUNAAN *CATALYTIC CONVERTER* BERBAHAN ARANG KAYU ALABAN DENGAN ADITIF TEMBAGA (Cu) TERHADAP EMISI GAS BUANG DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA TOYOTA KIJANG 5K

Ade Sulton¹⁾, Abdul Ghofur²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

Email: addesulton@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the results of exhaust emissions and fuel consumption in the use of alaban wood charcoal with copper additives with variations in hole diameter, mixture and rpm. The data of this study were obtained from the results of testing using gas analysis in the Environment Agency and fuel consumption test, independent variable data used a mixture of 82.5% alaban wood charcoal, 7.5% copper additives, 10% PVA and 87.5% alaban wood charcoal, 2.5% copper additive, 10% PVA, dimensions of hole diameter 15 mm and 20 mm, idle RPM, 1500, 2500, 3500. The dependent variable is a 5K Toyota Kijang car. The control variables used were exhaust gas emissions testing namely CO₂, CO, HC and O₂ and fuel consumption tests. From these results the largest increase in CO₂ was 67.46% in the composition of B rpm 2500, the largest decrease in CO 75.69% in the composition B rpm 3500, experienced the largest decrease in HC 81.67% in composition B and stationary conditions, decreased O₂ the biggest is 40.7% in composition B rpm 2500. From the test results, the fuel consumption has the largest decrease of 13.33% in the hole diameter Composition B 15 mm rpm 1500.

Keywords: Emissions, Fuel Consumption, Exhaust

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar pada penggunaan arang kayu alaban dengan aditif tembaga dengan variasi diameter lubang, campuran dan rpm. Data penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian menggunakan analisis gas di Badan Lingkungan Hidup dan uji konsumsi bahan bakar, data variabel bebas menggunakan campuran arang kayu alaban 82,5%, aditif tembaga 7,5%, PVA 10% dan kayu alaban 87,5%. Arang, aditif tembaga 2,5%, PVA 10%, dimensi diameter lubang 15 mm dan 20 mm, idle RPM, 1500, 2500, 3500. Variabel terikatnya adalah mobil Toyota Kijang 5K. Variabel kontrol yang digunakan adalah pengujian emisi gas buang yaitu CO₂, CO, HC dan O₂ serta pengujian konsumsi bahan bakar. Dari hasil tersebut peningkatan CO₂ terbesar adalah 67,46% pada komposisi B rpm 2500, penurunan CO terbesar 75,69% pada komposisi B rpm 3500, mengalami penurunan terbesar pada HC 81,67% pada komposisi B dan kondisi stasioner, penurunan O₂ terbesar adalah 40,7% pada komposisi B rpm 2500. Dari hasil pengujian konsumsi bahan bakar mengalami penurunan terbesar yaitu 13,33% pada diameter lubang Komposisi B 15 mm rpm 1500.

Kata kunci: Emisi, Konsumsi Bahan Bakar, Knalpot

PENDAHULUAN

Sisa emisi gas buang membuat adanya penyakit dan menjadikan potensi besar terhadap terjadinya global warming. Hal tersebut ditambahkan dengan jumlah pengguna kendaraan bermotor di setiap tahunnya. Dengan peningkatan kendaraan bermotor di Indonesia saat ini mencapai angka lebih dari 10 % pertahunnya yang memberikan dampak naiknya angka pencemaran udara.

Proses kerja pembakaran sebuah kendaraan bermotor yang menghasilkan polusi emisi Karbon Monoksida (CO), Sulfur Oksida (SO₂), Nitrogen oksida (NO_x) dan Timbal (Pb) sering disebut dengan polutan primer yaitu polutan yang menghasilkan gas sangat berbahaya dan menjadikan dominan dalam jumlahnya yaitu Karbon Monoksida yang dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna yaitu rasio bahan bakar dan udara.

Arang mempunyai padatan yang berpori mempunyai kandungan 85-95% karbon dan dihasilkan dari karbon yang mempunyai kandungan tersebut dengan pemanasan suhu tinggi. Selain itu arang juga digunakan sebagai bahan bakar sekaligus mempunyai sifat adsorben dengan daya serap tersebut menjadikan arang menjadi penting, akan tetapi daya serap tersebut dipengaruhi oleh luas permukaan pertikel dengan begitu menjadikan arang lebih tinggi pada proses aktivasi.

Dari latar belakang masalah tersebut perlu dilakukan penelitian skala laboraturiom dengan judul : “Penggunaan *Catalytic Converter* Berbahan Arang Kayu Alaban Dengan Aditif Tembaga (Cu) Terhadap Emisi Gas Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Toyota Kijang 5K” yang dirancang dengan memperhatikan aspek sederhana, efisien dan murah.

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang memiliki hasil polutan hidrokarbon atau yang lebih populer disebut sebagai HC yang merupakan unsur bahan bakar yang belum terbakar di ruang pembakaran, gas tersebut dapat menyebabkan batuk, iritasi mata, bercak kulit dan rasa ngantuk. Sedangkan untuk gas NO_x dapat mengganggu bagian pernafasan dan merusak paru- paru.

1. Karbon Monoksida

CO jika ditambah dengan sedikit oksigen dan panas maka dengan mudahnya menjadi karbon dioksida (CO₂) CO biasanya diukur dengan satuan %.

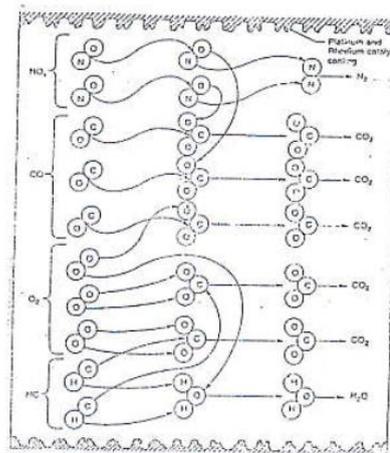
2. Hidrokarbon

Emisi Hidro karbon (HC) merupakan hasil sisa bahan bakar yang belum sempat terbakar sempurna dan unsur HC sudah tergabung dalam gas buang karena pembakaran yang kurang sempurna.

Catalytic Converter

Catalytic Converter digunakan pada mobil yang berguna untuk mengurangi emisi gas buang. Cukup sulit untuk mengetahui fenomena aliran gas buang didalam *catalytic converter*, tetapi dengan menggunakan software *Fluent* atau *Ansys*, simulasi tersebut bisa menentukan pola fenomena aliran gas buang yang terbentuk di dalam saluran gas buang. Jika emisi gas buang merata mengenai permukaan *catalytic converter* maka semakin besar pula terjadinya proses reduksi emisi gas buang.

Proses *catalytic converter* ini adalah dengan mengubah bentuk suatu senyawa dengan senyawa lain. Komposisi emisi gas buang dalam proses *catalytic converter* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perubahan Reaksi Kimia

1. Kayu Alaban

Kayu alaban merupakan salah satu jenis tanaman hutan dengan sebaran pertumbuhan hampir di seluruh Indonesia yang meliputi Jawa, Madura, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Pulau Bangka. Kayu alaban termasuk jenis pohon yang mudah tumbuh dan dapat ditanam pada berbagai jenis tanah sehingga memiliki daya tahan terhadap kebakaran dan banyak tumbuh di hutan sekunder. Sejak tahun 1994 tanaman kayu alaban telah dibudidayakan oleh pusat pengembangan teknologi arang terpadu. Dan Sejak tahun 1997 telah dimanfaatkan sebagai bahan baku arang.

2. Tembaga

Tembaga merupakan kandungan Fe kimia yang mempunyai unsur logam dengan warna kemerahan dan termasuk logam berat non ferrous. Tembaga mempunyai titik lebur pada temperatur 1085°C . Tembaga mempunyai konduktor listrik dan panas yang baik yang memiliki keuletan serta ketahanan korosi yang baik.

3. Polyvinyl alcohol (PvA)

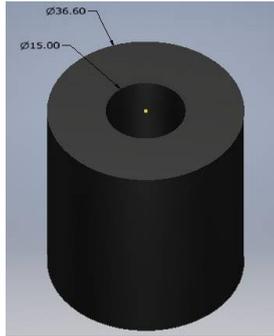
Polyvinyl alcohol dihasilkan melalui hidrolisis dari polyvinyl asetat dengan menggunakan methanol. *Polyvinyl alcohol* merupakan bentuk enol yang tidak stabil dari asetildehida.

METODE PENELITIAN

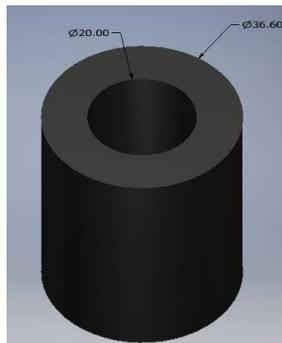
Metode yang digunakan pada peneliti yaitu memberikan *treatment* adalah filter gas buang yang berbahan arang kayu alaban dengan aditif tembaga adalah sebagai berikut:

Rancangan *Catalytic Converter*

Rancangan *Catalytic Converter* dan peletakannya bisa di lihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Desain *Catalytic Converter* Diameter Lubang 15 mm



Gambar 3. Desain *Catalytic Converter* Diameter Lubang 20 mm

Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Variabel yang digunakan adalah sebagai berikut.

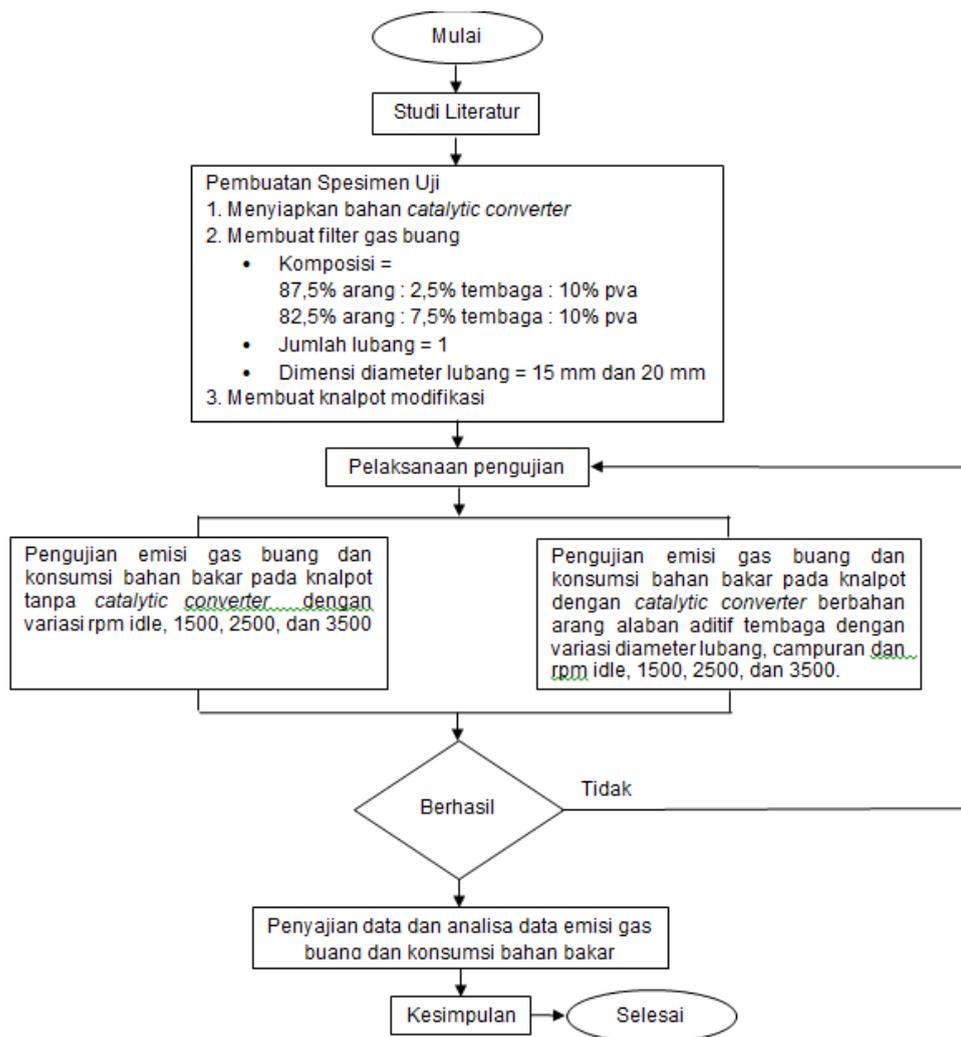
1. Variabel bebas yang digunakan adalah:
 - a. Campuran bahan
 1. 82,5 % arang kayu alaban, 7,5 % aditif tembaga (Cu), 10 % PVA
 2. 87,5 % arang kayu alaban, 2,5 % aditif tembaga (Cu), 10 % PVA
 - b. Dimensi diameter Lubang 15 mm dan 20 mm
 - c. RPM idle, 1500, 2500, 3500
2. Variabel terikat yang digunakan adalah mobil Toyota Kijang 5K.
3. Variabel kontrol yang digunakan adalah pengujian emisi gas buang yaitu CO₂, CO, HC dan O₂ dan uji konsumsi bahan bakar.

Metodologi Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dengan uji emisi gas buang menggunakan alat gas analyzer di Dinas Lingkungan Hidup Banjarmasin, Kalimantan Selatan dan uji penggunaan konsumsi bahan bakar permenitnya.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat di lihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Filter Gas Buang Terhadap Emisi Gas Buang

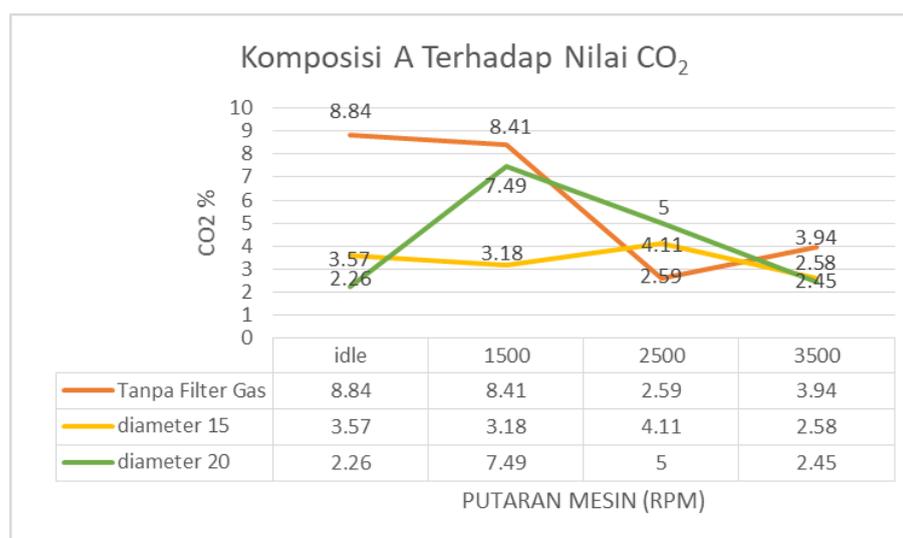
Dari hasil pengujian filter gas buang arang kayu alaban aditif tembaga (Cu) dengan diameter lubang berbeda terhadap emisi gas buang berdasarkan variasi rpm mulai dari idle, 1500 rpm, 2500 rpm, dan 3500 rpm, maka didapatkan hasil pengujian seperti pada Tabel 1.

Tabel. 1 Hasil pengujian emisi gas buang & konsumsi bahan bakar

No	Knalpot	Diameter Lubang (mm)	Putaran Mesin (rpm)	Hasil Emisi Gas Buang				Konsumsi Bahan Bakar 1 menit (ml)
				CO ₂ (%)	CO (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	
1	Standar	-	Idle	8.84	5.8	180	6.67	25
			1500	8.41	5.07	260	1.12	30
			2500	2.59	0.77	65	20.76	38
			3500	3.94	4.32	118	19.3	42

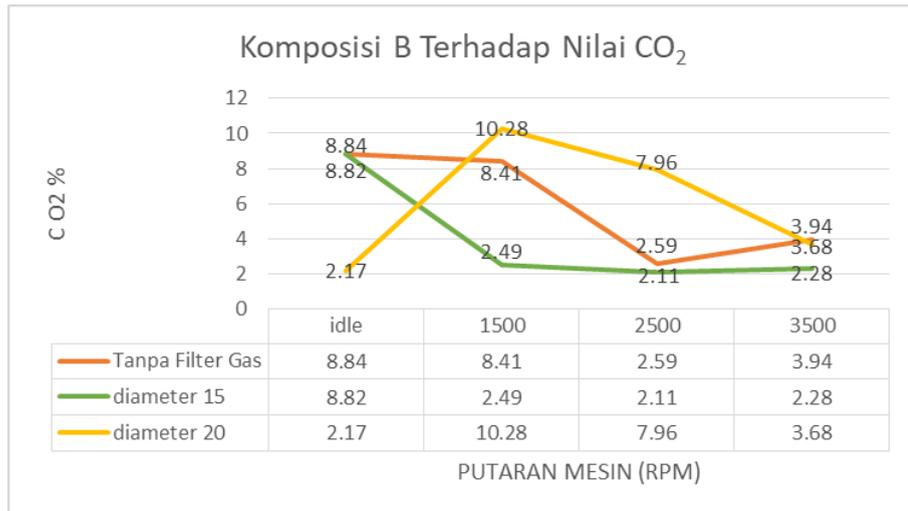
2	Komposisi A	15	Idle	3.57	2.28	50	21.07	23	
			1500	3.18	2.54	127	18.37	27	
			2500	4.11	0.69	92	18.31	37	
		3500	2.58	2.14	68	20.64	39		
		20	Idle	2.26	2.08	64	21.05	24	
			1500	7.49	3.58	99	15.23	31	
	2500		5	1.66	69	19.69	40		
	3	Komposisi B	15	3500	2.45	2.11	62	20.93	42
				Idle	8.82	5.21	159	11.87	22
				1500	2.49	1.32	67	20.73	26
			20	2500	2.11	1.03	35	20.8	38
				3500	2.28	1.05	43	20.71	41
Idle				2.17	4.06	33	20.81	24	
20		1500	10.28	4.21	176	6.04	29		
		2500	7.96	2.47	163	12.31	39		
		3500	3.68	3.06	134	19.2	43		

*Keterangan: Komposisi A = 87,5% Arang Kayu Alaban : 2,5% Tembaga : 10% PVA, Komposisi B = 82,5% Arang Kayu Alaban : 7,5% Tembaga : 10% PVA.



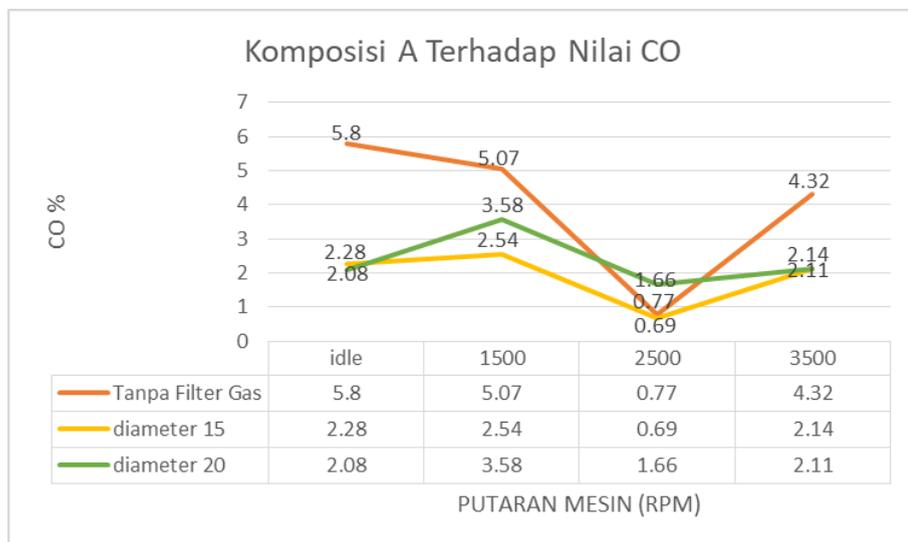
Gambar 5. Komposisi A Terhadap Nilai CO₂

Dilihat dari Gambar 5 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar emisi disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 59,62 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 10,94 %. Pada posisi 2500 rpm hasil terbaik dengan nilai terbesar didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan peningkatan sebesar 48,2 %. Pada posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 34,52 %.



Gambar 6. Komposisi B Terhadap Nilai CO₂

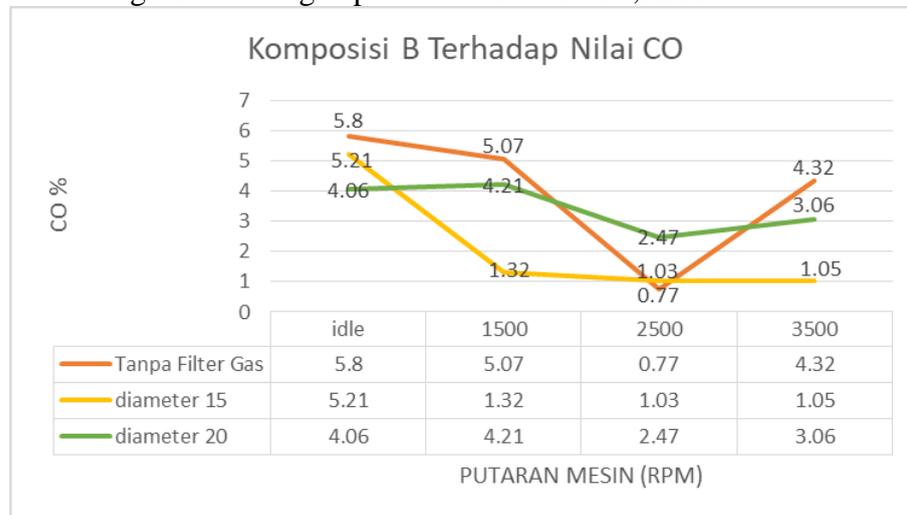
Dilihat dari Gambar 6 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar emisi disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 0,22 %. Pada posisi 1500 rpm bahwa hasil terbaik dengan nilai terbesar didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan peningkatan sebesar 18,19 %. Pada posisi 2500 rpm bahwa hasil terbaik dengan nilai terbesar didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan peningkatan sebesar 67,46 %. Pada posisi 3500 rpm bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 6,59 %.



Gambar 7. Komposisi A Terhadap Nilai CO

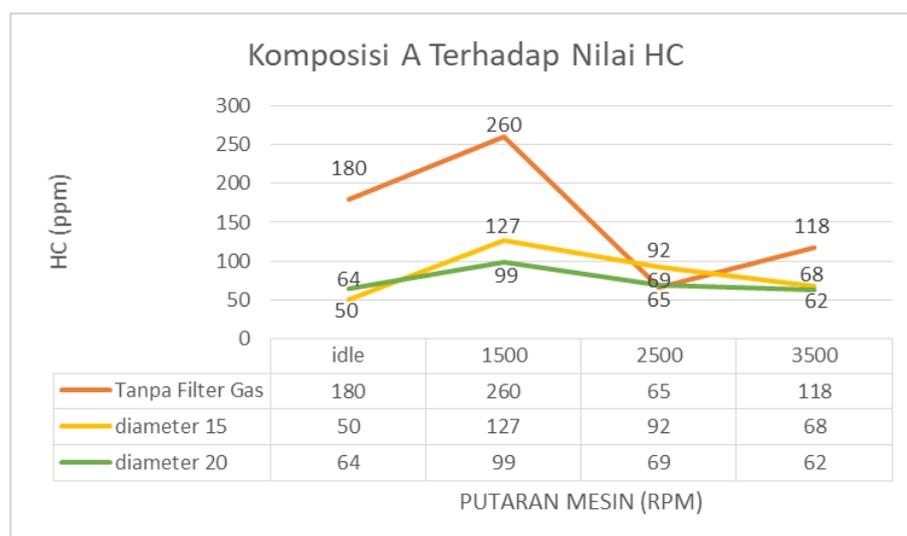
Dilihat dari Gambar 7 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar emisi disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 64,14 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 49,9 %. Pada posisi 2500 rpm

hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 10,39 %. Pada posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 51,16 %.



Gambar 8. Komposisi B Terhadap Nilai CO

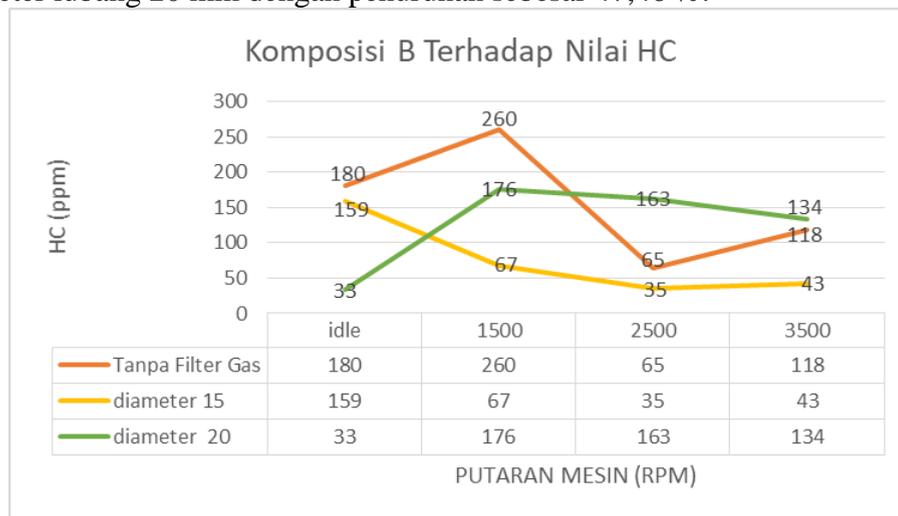
Dilihat dari Gambar 8 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar emisi disesama rpm posisi idle dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 30 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 73,96 %. Pada posisi 2500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan peningkatan sebesar 25,24 %. Pada posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 75,69 %.



Gambar 9. Komposisi A Terhadap Nilai HC

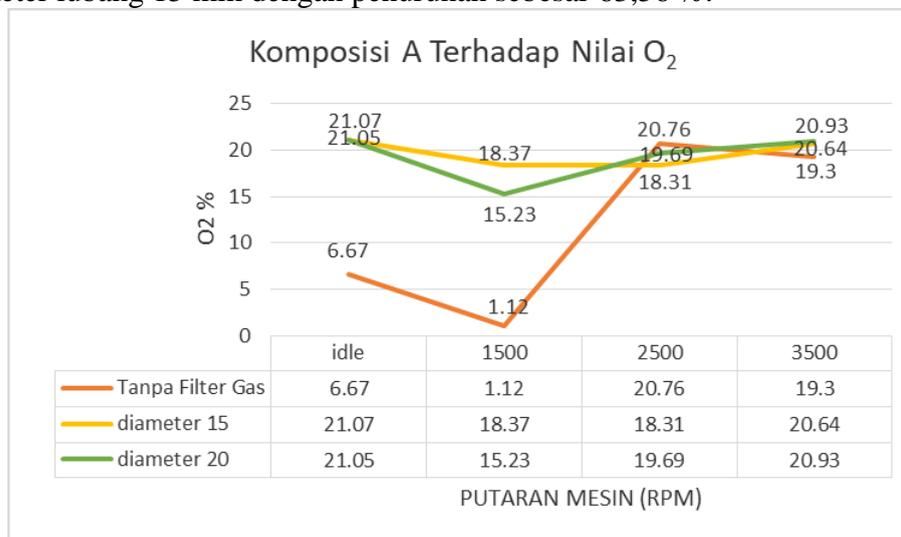
Dilihat dari Gambar 9 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar emisi disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa

hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 72,22 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 61,92 %. Pada posisi 2500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan peningkatan sebesar 5.79 %. Pada posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 47,46 %.



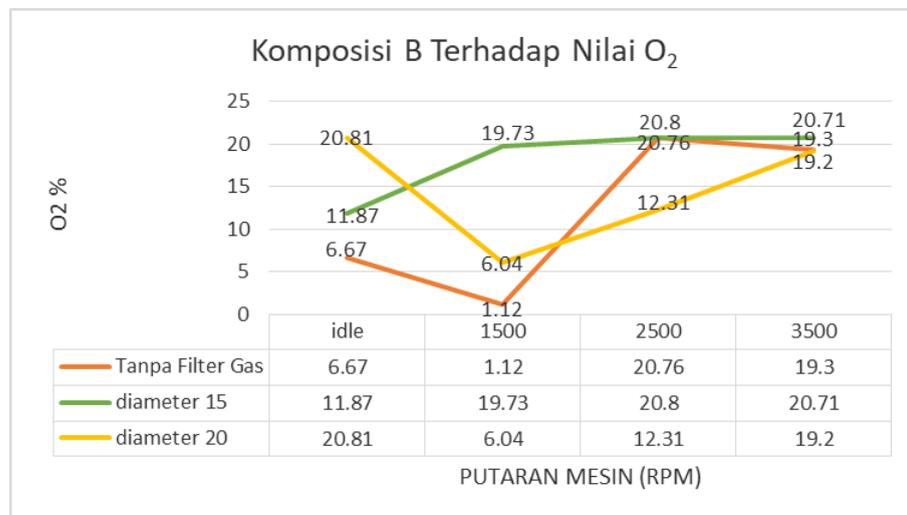
Gambar 10. Komposisi A Terhadap Nilai HC

Dilihat dari Gambar 10 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar emisi disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 81,67 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 74,23 %. Pada posisi 2500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 46,15 %. Pada posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 63,56 %.



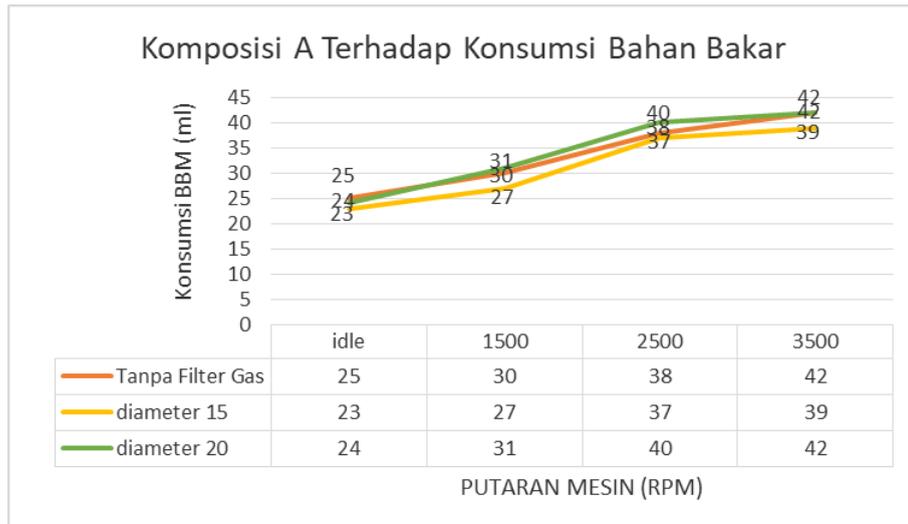
Gambar 11. Komposisi A Terhadap Nilai O₂

Dilihat dari Gambar 11 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar emisi disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan peningkatan sebesar 68,31 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan peningkatan sebesar 92,65 %. Pada posisi 2500 rpm hasil terbaik dengan nilai terbesar didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 11,8 %. Pada posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan peningkatan sebesar 6,49 %.



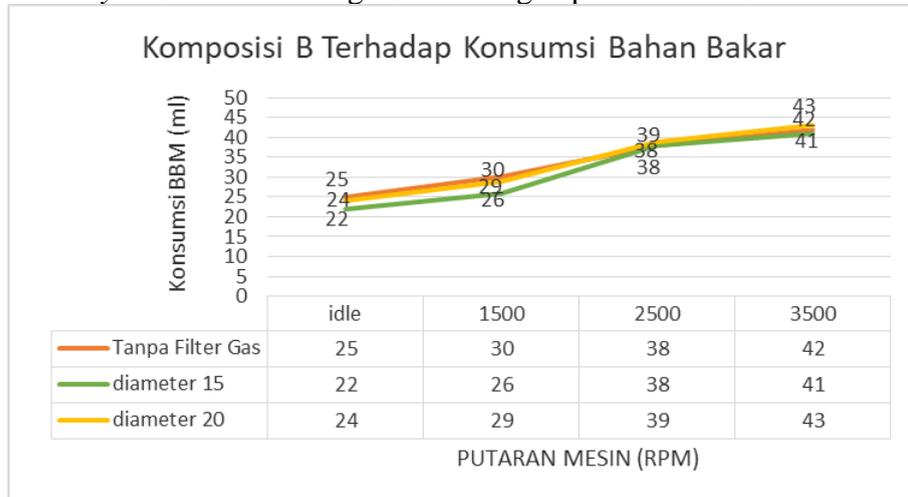
Gambar 12. Komposisi B Terhadap Nilai O₂

Dilihat dari Gambar 12 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar emisi disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan peningkatan sebesar 43,81 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan peningkatan sebesar 81,46 %. Pada posisi 2500 rpm hasil terbaik dengan nilai terbesar didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 40,7 %. Pada posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terbesar didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 20 mm dengan penurunan sebesar 0,51 %.



Gambar 13. Komposisi A Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Dilihat dari Gambar 13 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar konsumsi bahan bakar disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 8 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 12.9 %. Pada posisi 2500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 7,5 %. Pada posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 7.14 %.



Gambar 14. Komposisi A Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Dilihat dari Gambar 14 dapat kita ketahui kenaikan ataupun penurunan besar konsumsi bahan bakar disesama rpm pada posisi idle dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 12 %. Pada posisi 1500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 13.33 %. Pada posisi 2500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 2,56 %. Pada

posisi 3500 rpm hasil terbaik dengan nilai terkecil didapatkan pada knalpot dengan *catalytic* diameter lubang 15 mm dengan penurunan sebesar 4,65 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian penggunaan filter gas buang pada mobil Toyota Kijang 5K, maka dapat di tarik kesimpulan yaitu:

1. Dari hasil uji tersebut mengalami peningkatan CO₂ terbesar 67,46 % pada komposisi B rpm 2500, mengalami penurunan CO terbesar 75,69 % pada komposisi B rpm 3500, mengalami penurunan HC terbesar 81,67 % pada komposisi B rpm idle, mengalami penurunan O₂ terbesar 40,7 % pada komposisi B rpm 2500.
2. Dari hasil uji tersebut mengalami penurunan konsumsi bahan bakar terbesar 13,33 % pada Komposisi B diameter lubang 15 mm dan rpm 1500.

REFERENSI

- Abdul Ghofur, Muhammad Satrio Jati. 2018. Program Studi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat "Pemanfaatan Kaolin Dengan Aditif Arang Sebagai Filter Gas Buang Terhadap Gas Buang Kendaraan Bermotor".
- Bachri, A. S. 2009. "Emisi Gas Buang Mobil Yang Berbahan Bakar Bensin", Tugas Akhir Universitas Gunadarma.
- Ellyanie, 2011. "Pengaruh Penggunaan Three-Way Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Toyota Kijang Innova" Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
- Juliandini, Fitthrianita, Yulinah Trihadining. 2008. "Uji Kemampuan Karbon Aktif Dari Limbah Kayu Dalam Sampah Kota Untuk Penyisihan Fenol. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII".
- Kasmawarni, 2013. "Proses Aktivasi Arang Kayu Laban (*Vitex Pinnata* L) Dengan Cara Pemanasan Pada Suhu Tinggi.
- Kusuma, I Putu Krisna Nara. 2015. Universitas Udayana. "Pengaruh Variasi Tekanan Pada Intake Manifold Terhadap Performance Mesin 1500 CC".
- Ningrat, A.A Wira Kresna., I.G.B Wijaya Kusuma Dan I Wayan Bandem Adnyana, 2016, "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertralite Terhadap Akselerasi Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Bertransmisi Otomatis".
- Novian Eka Candra. 2017. Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri. "Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor 4 tak dengan Kenalpot Berkatalis Limbah Karbon Berlapis Briket Arang Batok Kelapa".
- RM. Bagus Irawan, Purwanto, Hariyanto 2013. Mahasiswa Dokter Ilmu Lingkungan UNDIP Semarang. "Unjuk Kemampuan Katalis Tembaga Berlapis Mangan Dalam Mengurangi Emisi Gas Carbon Monoksida Motor Bensin".