



**PENGGUNAAN ARANG AKTIF PELEPAH KELAPA (*COCUS NUCIFERA*)
SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN EMISI GAS BUANG PADA
KENDARAAN BERMOTOR BERBAHAN BAKAR GANDA (DUAL FUEL)**

*The Use Of Activated Charcoal Coconut Fronds (*Cocus Nucifera*) As An Adsorbent To
Reduce Exhaust Emissions In Dual Fuel Motorized Vehicles.*

Lalu Banu Usron, Hendry Sakke Tira, I Dewa Ketut Okariawan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125,
Indonesia. HP. 082111738971
*E-mail: flc017049@unram.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:
Received
Accepted
Available online

Keywords:
Adsorbent
dual fuel
emission



Every year the number of vehicles in Indonesia continues to increase which causes more and more emissions so that ways are needed to reduce exhaust emissions produced by vehicles, One way to reduce exhaust emissions is to use dual fuel and adsorbents to reduce emissions. The purpose of this study was to determine the characteristics of HC, CO and CO₂ from two-wheeled vehicle emissions on LPG-pertalite dual fuel with the addition of adsorbents. This study used activated charcoal adsorbent of coconut frond with NaOH activator with NaOH concentration variations of 25%, 35%, and 45%. The test process is carried out by inserting adsorbents into the exhaust gas channels of two-wheeled vehicles under the condition of using dual fuel, then the adsorbent will be passed by emissions. The results of this study show that the use of dual fuel with the addition of adsorbents is the most influential factor in reducing exhaust emissions. The best variation in solution concentration is 35% NaOH concentration with CO content; CO₂ and HC with a CO value of 0.41; CO₂, 0.86 and HC 575 ppm.

Dinamika Teknik Mesin

PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan yang umum dihadapi di wilayah perkotaan, menurut *United Nations Environment Programme* (UNEP) bahwa sebanyak 6,5 juta orang meninggal setiap tahunnya akibat paparan kualitas udara yang buruk. Selain itu, 70% kematian akibat

pencemaran udara tersebut terjadi di Asia termasuk di Indonesia. Sektor transportasi merupakan sumber pencemaran yang utama di wilayah perkotaan. Emisi kendaraan bermotor turut menyumbang sebesar 70% terhadap pencemaran *Nitrogen Oksida* (NO_x), *Karbon Monoksida* (CO), *Sulfur Dioksida* (SO₂) dan *Partikulat* (PM) di wilayah perkotaan. Uji

emisi adalah salah satu upaya pengujian untuk mengetahui kinerja mesin dan tingkat *efisiensi* pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor. Salah satu usaha untuk mengurangi polusi udara adalah dengan merancang kendaraan bermotor yang menghasilkan gas buang berkonsentrasi polutan rendah. Agar kandungan emisi gas buang kendaraan yang keluar dari knalpot dapat memenuhi standar baku mutu dan tidak membahayakan bagi lingkungan maupun kesehatan masyarakat. Oleh karena itu pada penelitian ini akan menggunakan arang aktif sebagai adsorben emisi gas CO, CO₂, dan HC, dikarenakan material ini tersedia dalam jumlah besar dan memiliki harga yang murah. Menurut (Plaza et al, 2009). Salah satu material yang mengandung karbon adalah pelepah kelapa, arang aktif pelepah kelapa mampu menurunkan konsentrasi berbagai polutan pada udara termasuk CO, CO₂, dan HC karena memiliki adsorpsi dan luas permukaan yang baik. Dengan karena itu bahan baku yang akan digunakan pada penelitian ini adalah arang aktif pelepah kelapa dikarenakan murah dan tersedia dalam jumlah banyak (Febryanti dkk, 2009). Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini ditunjukkan untuk mereduksi emisi gas buang pada kendaraan bermotor dengan memanfaatkan adsorben dari arang aktif pelepah kelapa pada exhaust. Adapun judul penelitian ini yaitu "penggunaan arang aktif pelepah kelapa (*cocus nucifera*) sebagai adsorben untuk menurunkan emisi gas buang pada kendaraan bermotor berbahan bakar ganda (*dual fuel*)".

Tinjauan pustaka

Pada penelitian (Maleiva, 2015) tentang penurunan konsentrasi gas karbon monoksida dari kendaraan bermotor menggunakan adsorben zeolit alam variasi panjang tabung adsorben berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi gas CO dari kendaraan bermotor dimana semakin panjang tabung adsorben maka penurunan konsentrasi gas CO juga semakin besar.

Pada penelitian (Lempang, 2014) tentang Pembuatan dan kegunaan arang aktif beberapa bahan yang mengandung banyak karbon seperti kayu, serbuk gergajian kayu, kulit biji, sekam padi, tempurung, gambut, bagase, batu bara, lignit dan tulang binatang dapat dibuat arang aktif. Pengolahan arang aktif tergantung pada bahan baku dan faktor perlakuan aktivasi (suhu, waktu dan bahan pengaktif). Perbedaan bahan baku dan cara aktivasi yang digunakan dapat menyebabkan sifat dan mutu arang aktif berbeda pula. Berdasarkan fungsinya arang aktif dibedakan dalam dua jenis, yaitu arang aktif penyerap gas yang memiliki pori berukuran mikropori dan digunakan untuk menyerap material dalam bentuk uap atau gas, dan arang aktif fasa cair yang memiliki pori berukuran makropori dan digunakan untuk menyerap kotoran/zat yang tidak diinginkan dari cairan atau larutan.

Pada penelitian (Maryanto, 2009) tentang penurunan kadar emisi gas buang dengan penambahan arang aktif pada kendaraan bermotor di Yogyakarta. Berdasarkan hasil penelitian dan setelah dilakukan pengujian secara deskriptif maupun analitik dapat diketahui bahwa ada penurunan kadar emisi gas karbon monoksida dengan penambahan arang aktif pada kendaraan bermotor. Dari penambahan arang aktif 50 gram, 100 gram, 150 gram yang paling efektif untuk menurunkan kadar emisi gas buang adalah 150 gram, jadi semakin banyak arang aktif maka penurunan emisi gas buang semakin rendah.

Pada penelitian (Hendry ST,2018) penurunan emisi CO setelah penambahan arang aktif tempurung kelapa sebagai adsorben yaitu 51,6 %. Sedangkan pada aliran 1 liter/menit oksigen mengalami penurunan 53,9 %, kemudian pada aliran 2 liter/menit oksigen mengalami penurunan sekitar 59 % dan untuk aliran 4 liter/menit oksigen mengalami penurunan 63,5 %. penurunan persentase emisi CO₂ setelah penambahan adsorben dari arang aktif tempurung kelapa 28,99 %. Sedangkan pada laju aliran 1 liter/menit oksigen 46,15%, kemudian untuk 2 liter/menit oksigen 51,9 %

dan untuk 4 liter/menit oksigen yaitu 57,36%. Penurunan emisi HC setelah penambahan adsorben arang aktif tempurung kelapa yaitu 26,1 % dengan panjang adsorben 100 mm. Sedangkan pada laju aliran 1 liter/menit oksigen mengalami penurunan 34,4 %, kemudian pada laju aliran 2 liter/menit oksigen mengalami penurunan sekitar 39,6 %. dan untuk laju aliran 4 liter/menit oksigen mengalami penurunan 65,3 %.

Penelitian Wijayanto (2020) menyatakan Penggunaan bahan bakar LPG pada sepeda motor honda vario 110 cc tahun 2010 dapat menurunkan kadar emisi gas buang seperti CO, HC, dan CO₂. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan. semakin tepat campuran antara udara dan bahan bakar maka proses pembakaran yang terjadi semakin baik atau sempurna, sehingga konsentrasi atau kadar gas buang akan memenuhi standar baku mutu.

Dasar teori

Emisi gas buang

Gas buang merupakan polutan yang berasal dari hasil proses pembakaran pada kendaraan bermotor. Gas buang mengandung polutan yang berbahaya bagi manusia, emisi gas buang dapat diukur dengan alat ukur yakni gas analyzer untuk mengetahui berapa kandungan emisi gas buang tersebut. Yang menyebabkan kandungan nilai gas buang menjadi tinggi karena beberapa faktor yaitu jenis kendaraan, bahan bakar yang digunakan, umur kendaraan dan kondisi pada mesin kendaraan.

Kandungan emisi gas buang

Menurut Syahrani (2006), kandungan emisi pada gas buang meliputi:

1. CO₂ (Karbon Dioksida)

Gas CO₂ merupakan gas yang tidak berwarna maupun berbau, CO₂ didapat dari perpaduan bahan bakar dan oksigen yang seimbang sehingga menghasilkan CO₂.

2. CO (Karbon Monoksida)

Karbon monoksida adalah gas yang diperoleh karena perbandingan antara bahan bakar dan udara yang tidak seimbang. Terlalu banyak bahan bakar atau unsur C tidak dapat berikatan dengan O₂ sehingga terbentuklah CO karena pembakaran yang tidak sempurna.

3. SO₂ (Sulfur Oksida)

Bahan bakar gasoline / bensin mengandung unsur belerang (Sulfur). Pada saat terjadi reaksi pada pembakaran, S akan bereaksi dengan H dan O untuk membentuk senyawa sulfat dan sulfur oksida.

4. NO (Nitrogen Oksida)

Gas ini terjadi akibat adanya panas yang tinggi pada proses pembakaran sehingga kandungan nitrogen bereaksi dengan udara sehingga berubah menjadi NO_x.

5. H₂O (Hidrogen Oksida)

H₂O merupakan hasil dari reaksi pembakaran pada ruang bakar. Kadar air yang keluar dari ruang pembakaran mengindikasikan sejauhmana kualitas bahan bakar yang digunakan. Semakin besar uap air yang dihasilkan maka, semakin bersih emisi yang dihasilkan.

6. HC (Hidro Karbon)

Gas Hidro Karbon terjadi karena pembakaran yang berlangsung tidak sempurna pada ruang bakar. Aroma yang dihasilkan dari gas tersebut sangat tajam dan berwarna hitam.

7. Pb (Timbal)

Pada reaksi pembakaran, timbal tidak bereaksi saat keluar dari proses pembakaran.

8. Partikulat

Partikulat dihasilkan dari residu bahan bakar yang tidak ikut terbakar pada ruang bakar dan keluar melalui gas buang kendaraan. Partikel tersebut ukurannya sekitar 10 mikrometer sehingga mudah untuk masuk ke dalam saluran pernafasan. Sedangkan ukuran yang lebih kecil, dapat membuat iritasi pada mata.

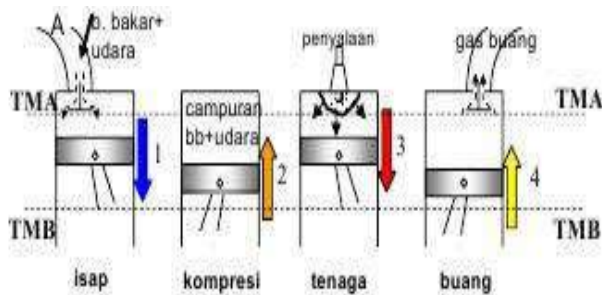
Motor bakar

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai

fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Mesin pada sepeda motor dan mobil merupakan contoh aplikasi prinsip motor pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar cair sebagai fluida kerjanya.

Prinsip kerja mesin empat langkah

Mesin empat langkah adalah mesin yang setiap siklus kerjanya diselesaikan dalam empat kali gerak bolak balik langkah piston atau dua kali putaran poros engkol. Langkah piston adalah gerak piston tertinggi, disebut TMA (Titik Mati Atas) sampai yang terendah disebut TMB (Titik Mati Bawah). Sedangkan siklus kerja adalah rangkaian proses yang dilakukan oleh gerak bolak balik piston yang membentuk rangkaian siklus tertutup.



Gambar 1 Siklus kerja mesin bensin empat langkah

Prinsip kerja mesin bensin adalah sebagai berikut:

a) Sebelum terjadi proses pembakaran di dalam silinder, campuran udara dan bahan-bakar dihisap dulu dengan langkah hisap [1]. Pada langkah ini, piston bergerak dari TMA menuju TMB, katup hisap terbuka sedangkan katup buang masih tertutup.

b) Setelah campuran bahan-bakar udara masuk silinder kemudian dikompresi dengan langkah kompresi [2], yaitu piston bergerak dari TMB menuju TMA, kedua katup hisap dan buang tertutup. Karena dikompresi volume campuran menjadi kecil dengan tekanan dan temperatur naik, dalam kondisi tersebut campuran bahan-bakar udara sangat mudah

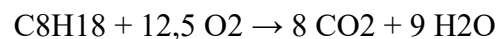
terbakar. Sebelum piston sampai TMA campuran dinyalakan terjadilah proses pembakaran menjadikan tekanan dan temperatur naik, sementara piston masih naik terus sampai TMA sehingga tekanan dan temperatur semakin tinggi.

c) Setelah sampai TMA kemudian piston didorong menuju TMB dengan tekanan yang tinggi, katup hisap dan buang masih tertutup. Selama piston bergerak menuju dari TMA ke TMB yang merupakan langkah kerja [3] atau langkah ekspansi. Volume gas pembakaran bertambah besar dan tekanan menjadi turun.

d) Sebelum piston mencapai TMB katup buang dibuka, katup masuk masih tertutup. Kemudian piston bergerak lagi menuju ke TMA mendesak gas pembakaran keluar melalui katup buang. Proses pengeluaran gas pembakaran disebut dengan langkah buang [4]. Setelah langkah buang selesai siklus dimulai lagi dari langkah hisap dan seterusnya.

Sistem bahan bakar ganda

Bahan bakar ganda merupakan motor bakar yang beroperasi menggunakan dua jenis bahan bakar. Sistem bahan bakar ganda menggunakan energi alternatif seperti gas alam (CNG), LPG atau biogas. Bahan bakar tersebut disimpan di wadah yang terpisah dan digunakan secara bersamaan. Keuntungan menggunakan bahan bakar ganda adalah efisiensi pembakarannya yang tinggi, rendah polusi gas buang dan biaya bahan bakar yang murah. Persamaan kesetimbangan kimia yang paling sederhana dengan contoh bahan bakar isooktan (bensin) kesetimbangan pembakaran stokiometri adalah:



Udara sebagai sumber oksigen untuk mereaksikan bahan bakar tidak 100% merupakan oksigen murni. Dimana dalam udara juga terkandung gas-gas lain seperti nitrogen. Nitrogen adalah unsur kimia netral utama dan tidak bereaksi dalam proses pembakaran. Keberadaan nitrogen dapat mempengaruhi temperatur dan tekanan di dalam ruang bakar. Untuk memudahkan perhitungan dengan tidak menyebabkan

Dinamika Teknik Mesin. Banu dkk.: penggunaan arang aktif pelepah kelapa (*cocos nucifera*) sebagai adsorben untuk menurunkan emisi gas buang pada kendaraan bermotor berbahan bakar ganda (dual fuel)

penyimpangan yang besar, maka unsur netral argon di udara diasumsikan terdiri dari nitrogen netral dan udara atmosfer yang digambarkan oleh 21% oksigen dan 79% nitrogen contoh pembakaran stokiometri bensin dengan udara dapat dilihat di bawah ini (Sukisno, 2014): $C_8H_{18} + 12,5 O_2 + 12,5 (3,75) N_2 \rightarrow 8 CO_2 + 9 H_2O + 12,5 (3,76) N_2$

Arang aktif

Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa agar dapat mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang besipat larutan atau uap. Karbon aktif secara luas dipergunakan sebagai adsorben dan umumnya mempunyai kapasitas yang besar untuk engadoprsi molekul organik. Arang aktif atau korban aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik atau anorganik, larutan ataupun gas. Karbon aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorpsi (daya serap) dan kartakteristiknya (Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. 2011).

Metode penelitian

Metode pelaksanaan penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui apa saja yang akan diteliti, selanjutnya menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk membuat model unit adsorben dengan skala laboratorium secara sederhana dengan bahan baku arang aktif pelepah kelapa kemudian dilakukan pengujian laboratorium terhadap kadar emisi gas buang yang dilewatkan pada unit adsorben.

Dalam pengujian kandungan emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar bensin ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan oleh peneliti terkait dengan variable-variabel penelitian.

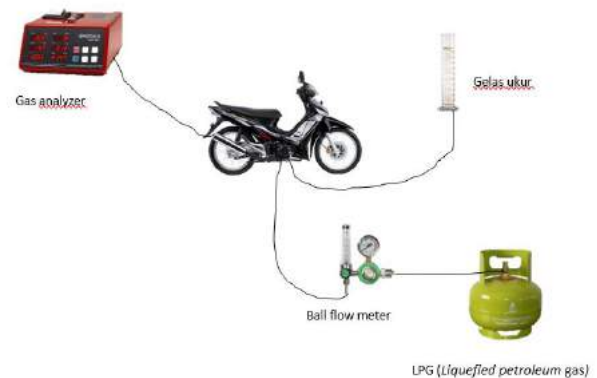
1. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang tidak dapat diatur, yang diobservasi dan diukur pada penelitian, dengan menganalisis variabel terikat ini diharapkan didapatnya informasi atau penyelesaian permasalahan. Adapun variabel

terikat pada penelitian ini adalah Gas buang HC, CO, dan CO₂ kendaraan bermotor.

2. Variabel bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi variabel terikat atau variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian yakni Variasi konsentrasi kimia NaOH 25%, 35% dan 45%.



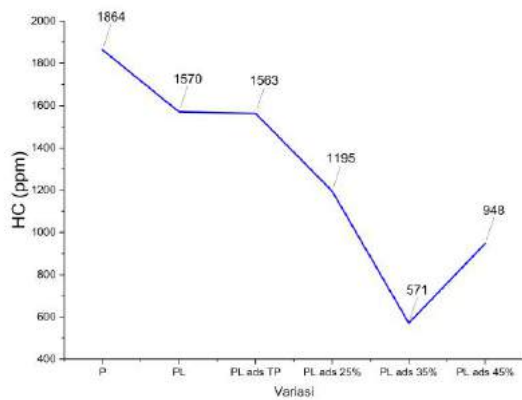
Gambar 2 Skema Proses Uji Emisi Bahan Bakar Ganda

Hasil dan pembahasan

Emisi Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon yang ada pada emisi gas buang ialah senyawa dalam bahan bakar yang tidak terbakar habis dalam proses pembakaran. Emisi HC terbentuk dari berbagai macam hal, salah satunya karena tidak terbakarnya bahan bakar secara sempurna pada ruang bakar, satuan dari hidrokarbon ini yakni *part permillion* (ppm). Emisi hidrokarbon (HC) terbentuk karena bahan bakar belum terbakar tetapi sudah terbang bersama gas buang akibat dari pembakaran yang kurang sempurna (Hendry S T. 2018).

Dinamika Teknik Mesin. Banu dkk.: penggunaan arang aktif pelepah kelapa (*cocos nucifera*) sebagai adsorben untuk menurunkan emisi gas buang pada kendaraan bermotor berbahan bakar ganda (dual fuel)



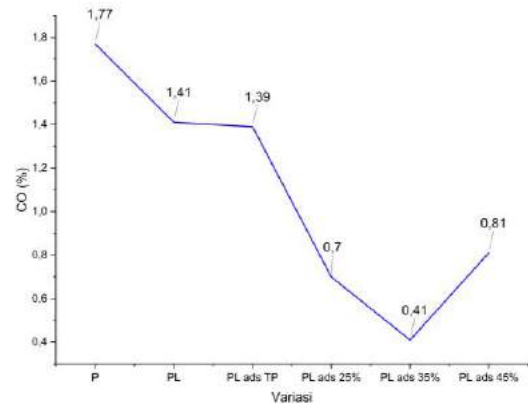
Gambar 3 Hidrokarbon dengan variasi pengujian

Bedasarkan gambar 4.1 dapat dilihat kandungan emisi HC tertinggi pada penggunaan pertalite atau *single fuel* (p) dengan nilai 1864 ppm. Sedangkan untuk kandungan emisi HC terendah ada pada penggunaan pertalite LPG (*dual fuel*) dan telah melewati adsorben dengan konsentrasi 35% (PL ads35%) dengan nilai 571 ppm. Persentase penurunan emisi antara pertalite LPG dan pertalite LPG menggunakan adsorben adalah sebagai berikut: PL + adsTA turun sebesar 0,45%, untuk PL + ads25% turun sebesar 23,9%, untuk PL + ads35% turun sebesar 63,6% dan untuk PL + ads45% turun sebesar 39,6%. Dari data kandungan emisi HC dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan bahan bakar ganda (*dual fuel*) dan penambahan adsorben arang aktif pelepah kelapa mampu mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor dikarenakan dengan menggunakan arang aktif pelepah

Emisi Karbon Monoksida (CO)

Emisi gas karbon monoksida (CO), adalah gas yang relatif tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan unsur lain. Gas karbon monoksida merupakan gas yang dikeluarkan dari sisa pembakaran yang tidak sempurna (Hendry S.T. 2018). Karbon monoksida (CO) adalah gas hasil pembakaran yang bersifat beracun dikarenakan pembakaran yang tidak sempurna dalam kerja motor yang disebabkan kurangnya udara dalam campuran yang masuk

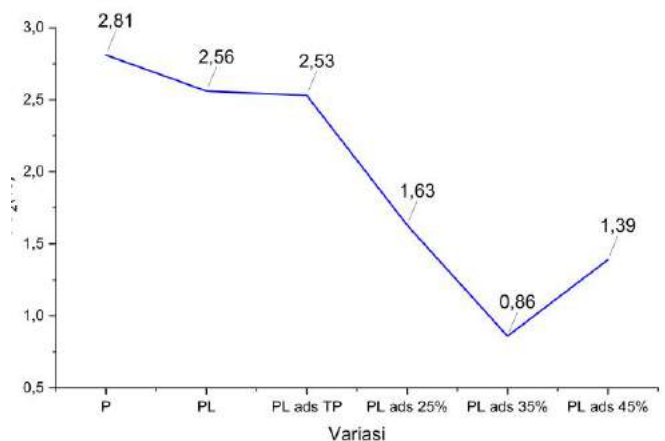
keruang bakar, atau bisa jadi dikarenakan kurangnya waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pembakaran.



Gambar 4 Karbon Monoksida dengan variasi pengujian

Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Emisi CO₂ merupakan gas hasil sisa pembakaran yang banyak terdapat di udara, gas CO₂ terbentuk akibat terjadi proses pembakaran yang sempurna. Konsentrasi CO₂ menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar (Hendry S.T. 2018).



Gambar 5 karbon dioksida dengan variasi pengujian

Bedasarkan gambar 4.3 dapat dilihat kandungan emisi CO₂ tertinggi pada penggunaan pertalite dengan nilai 2,81. Sedangkan untuk kandungan emisi CO₂

terendah ada pada penggunaan pertalite LPG (*dual fuel*) dan telah melewati adsorben dengan konsentrasi 35% (PL ads35%) dengan nilai 0,86. Persentase penurunan emisi antara pertalite LPG dan pertalite LPG menggunakan adsorben adalah sebagai berikut PL adsTA turun sebesar 1,17%, untuk PL ads25% turun sebesar 36,2%, untuk PL ads35% turun sebesar 66,4% dan untuk PL ads45% turun sebesar 45,7%. Rendahnya kadar emisi CO₂ yang dihasilkan LPG dikarenakan kandungan per unit pada LPG lebih sedikit mengandung karbon yang menyebabkan pembakaran lebih sempurna. Hal inilah yang menyebabkan emisi gas CO₂ lebih rendah dibandingkan pada bahan bakar *single fuel* (Mahmud., dkk, 2015).

Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan dari data hasil pengamatan serta pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Pengoperasian kendaraan dengan metode bahan bakar ganda yang menggunakan LPG terbukti efektif menurunkan emisi berupa CO, CO₂, dan HC.
2. Arang pelepah kelapa yang diaktivasi senyawa NaOH mampu menurunkan emisi gas buang.
3. Pada hasil uji emisi gas buang CO, CO₂ dan HC persentase penurunan emisi terendah didapatkan pada penggunaan bahan bakar ganda dengan adsorben NaOH 35% yaitu dengan nilai CO 0,41; CO₂, 0,86 dan HC 575 ppm. Dengan demikian terdapat batasan volume aktifator (NaOH) yang dapat digunakan untuk mengaktifkan arang atau adsorben.

Daftar pustaka

Angreni, A., Magister, P., Arsitektur, D., Studi, P., Perkotaan, P., & Indonesia, U. (2013). *Pathologies of Planning (Studi Kasus Kebijakan Mobil Murah)*.

Basyirun., Winarno., dan Karnowo. (2008)., *Mesin Konversi Energi. Buku Ajar. Universitas Negeri Semarang.*

Gunawan Safri, 2020, *Pemanfaatan Adsorben Dari Tongkol Jagung Sebagai Karbon Aktif Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan*

Bermotor, *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, *Vol 3, No 1*.

Heri Purnadi , Arijanto, 2014., *Pengaruh bahan bakar gas lpg terhadap emisi gas buang sepeda motor karburator*, *Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 4*,

Idrus, R., Lapanporo, B. P., & Putra, Y. S. (2013). *Pengaruh suhu aktivasi terhadap kualitas karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa*. Prisma Fisika.(1).

Isa, I. (2012). *Studi daya aktivasi arang sekam padi pada proses adsorpsi logam Cd*. *Jurnal Sainstek*, 6(05).

Jamilatun, S dan M. Setyawan. 2014. *Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan aplikasinya untuk penjernihan asap cair*. *Spektrum Industri*, Vol. 12(1): 73-83.

Kurniati, E. 2008. *Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai arang aktif*. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik Vol. 8(2): 96-103*

Lempang, M., 2014, *Pembuatan Dan Kegunaan Arang Aktif*, *Jurnal Info Teknis Eboni Vol. 11, No.2*, Hal. 65-80.

Maleiva LTN , Sitorus B, Jati DR, 2015., *Penurunan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida Dari Kendaraan Bermotor Menggunakan Adsorben Zeolit Alam*, Vol 4(1), Hal 35-42.

Maryanto D, Mulasari SA, Suryani D, 2009., *Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (Co) Dengan Penambahan Arang Aktif Pada Kendaraan Bermotor Di Yogyakarta*, Fakultas Kesehatan, Masyarakat, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

Syauqiah, I., Amalia, M., Kartini, H.A. 2011. *Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif*. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.

Ramdja, A.F., M. Halim dan J. Handi. 2008. *Pembuatan karbon aktif dari pelepah kelapa (Cocos nucifera)*. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 15(2): 1-8.

Hendry ST, Akmaludin A, Wirawan M, (2018). *pengaruh penggunaan arang aktif tempurung kelapa sebagai Adsorben untuk menurunkan emisi gas buang kendaraan Bermotor berbahan bakar bensin*. *Dinamika Teknik Mesin, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.*

Hendry ST, Wijaya KZ, Wirawan M, (2018). *Penggunaan Arang Aktif dari Tempurung Kemiri Sebagai Adsorben untuk Menurunkan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Bensin*. *Dinamika Teknik Mesin, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.*