



Pengaruh penggunaan arang aktif kayu keling (*dalbergia latifolia*) sebagai adsorben untuk menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar bensin

Hendry Sakke Tira, Saiful Banien, Ida Bagus Alit*

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kode Pos : 83125, Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087.

*Email: aepbanin@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:
Received
Accepted
available online

Keywords:
Emissions
activated charcoal
adsorber
wood rivet

ABSTRACT

Motor vehicle emissions contain various chemical compounds such as SO_x, NO_x, CO, and HC, The air pollution parameters for CO and NO₂ gas are analyzed because this gas has a considerable percentage in air pollution. It certainly will disrupt human health. Based on these conditions one effort that can be done is to reduce the level of exhaust emissions by designing a vehicle produces low emissions. Activated charcoal is charcoal which has undergone a change of physical and chemical properties because it has been through the activation process so that its absorption and surface area increases.

The purpose of this research is to know the effect of activated charcoal of wood rivet as adsorber at vehicle exhaust channel in reducing exhaust emission in motor vehicle and the effect of ZnCl₂ concentration on the quality of activated charcoal wood in minimizing exhaust emissions of CO, CO₂, and HC of motor vehicles.

The results showed that activated charcoal wood can reduce emissions from CO, CO₂, and HC more effectively than ordinary charcoal, An activated charcoal activator with a 12% ZnCl₂ activator concentration level can reduce CO, CO₂, and HC gas emissions better than charcoal activated with ZnCl₂ solution at lower concentrations. Activation of charcoal with ZnCl₂ with a concentration of 12% can break the bond on the carbon so that the pores of the charcoal grow larger or more so that the activated charcoal with the concentration of 12% ZnCl₂ activator has a better absorbency.

PENDAHULUAN

Tingginya mobilitas masyarakat modern sarana transportasi yang memadai untuk membutuhkan komponen pendukung berupa memfasilitasi kegiatan masyarakat berupa

perpindahan dari suatu tempat ke tempat lain. Sektor transportasi yang masih mengandalkan bahan bakar minyak merupakan penyumbang polusi gas CO₂ dengan kecenderungan peningkatan yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Polusi udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor sebesar 70-80%, sedangkan pencemaran udara akibat industri dan lain-lain hanya 20-30% saja (Maryanto, 2009).

Emisi kendaraan bermotor mengandung berbagai senyawa kimia seperti SO_x, NO_x, CO, dan HC. Parameter pencemaran udara untuk gas CO dan NO₂ dianalisis karena gas ini memiliki prosentase yang cukup besar dalam pencemaran udara. Hal tersebut tentunya akan mengganggu kesehatan manusia (Basuki, 2007).

Pencemaran gas buang kendaraan bermotor selain menyebabkan munculnya resiko yang merugikan kesehatan juga dapat menyebabkan ketidaknyamanan. Efeknya terhadap kesehatan yaitu CO mempunyai daya ikat yang tinggi terhadap Hb dalam aliran darah sehingga dapat menghalangi masuknya O₂ dalam darah (Basuki, 2007). Gas HC yang tinggi dapat merusak sistem pernafasan penyebab kanker dan menimbulkan kabut asap yang membuat iritasi dan menyebabkan radang tenggorokan (Wicaksana, 2016). Gas tersebut dapat langsung terhirup oleh manusia dan hewan-hewan di sekitarnya, yang akan mempengaruhi kesehatan manusia dan hewan-hewan tersebut.

Berdasarkan kondisi tersebut salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah mengurangi kadar emisi gas buang dengan merancang suatu kendaraan menghasilkan emisi yang rendah. Beberapa upaya yang dilakukan untuk mengurangi polusi dari kendaraan bermotor antara lain mengembangkan substitusi bahan bakar, mengembangkan sumber tenaga alternatif yang rendah polusi, memodifikasi mesin untuk mengurangi polutan yang terbentuk, mengembangkan sistem pembuangan yang lebih sempurna (Kusuma, 2002).

Modifikasi saluran gas buang dengan penambahan *adsorber* merupakan salah satu usaha yang bisa dilakukan untuk mengurangi polusi. *Adsorber* dimanfaatkan sebagai penyerap dari gas yang dikeluarkan kendaraan, dan diharapkan dapat mengurangi kandungan gas buang yang dihasilkan kendaraan tersebut. Kebanyakan zat pengadsorpsi adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada daerah tertentu di dalam partikel itu (Jaya, 2014). Salah satu bahan yang berpori dan memiliki daya serap (*adsorben*) terhadap zat-zat pada gas buang kendaraan adalah arang aktif.

Arang aktif adalah arang yang telah mengalami perubahan sifat fisika dan kimia karena telah melalui proses aktivasi sehingga daya serap dan luas permukaannya meningkat. Arang aktif dapat dibuat dari bahan organik yang pada penelitian kali ini menggunakan kayu keling.

DASAR TEORI

Motor Bakar

Motor bakar merupakan suatu mekanisme yang merubah energi kimia menjadi energi panas selanjutnya dirubah menjadi energi mekanik. Pada motor bakar, perubahan energi panas menjadi energi mekanik akibat suatu proses pembakaran dari campuran bahan bakar dengan udara, yang kemudian tenaga hasil dari proses pembakaran oleh system transmisi mesin diubah menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak (Muku, 2009). Mesin juga dibagi menjadi dua macam, yaitu motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dan motor pembakaran luar (*external combustion engine*).

Motor pembakaran dalam adalah mesin yang memanfaatkan fluida kerja/gas panas hasil pembakaran, di mana medium yang memanfaatkan fluida kerja dengan fluida kerjanya tidak dipisahkan oleh dinding pemisah. Mesin konversi energi yang dapat diklasifikasikan dalam jenis ini diantaranya adalah motor bensin, motor diesel, dan turbin gas siklus terbuka.

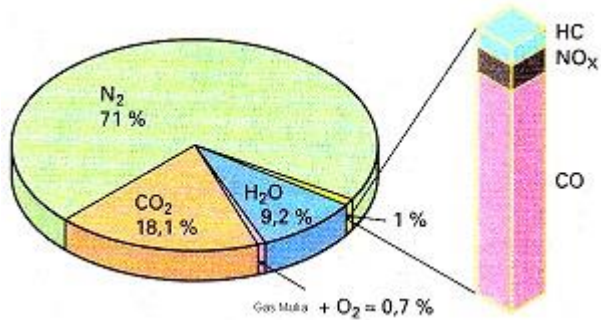
Motor pembakaran luar adalah mesin yang memanfaatkan fluida kerja/gas panas hasil pembakaran, dimana antara medium yang memanfaatkan fluida kerja dengan fluida kerjanya dipisahkan oleh dinding pemisah (Rahman, 2016)..

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang kendaraan adalah gas sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga. Dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbon dioksida (CO₂), uap air (H₂O), Oksigen (O₂) dan Nitrogen (N₂). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), Nitrogenoksida (NO_x) dan partikulat. Di samping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran di dalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang

mengandung sulfur dioksida (SO_2) dan logam berat (Pb) (Winarno, 2014).

Secara umum komposisi gas buang kendaraan bermesin bensin terdiri dari 71% N_2 , 18,1% CO_2 , 9,2% H_2O , 0,7% O_2 dan gas mulia, dan 1% gas beracun terdiri atas CO, HC, NO_x (Bintoro, 2014). Komposisi emisi gas buang motor bensin dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 1. Diagram komposisi emisi gas buang motor bensin.

Sumber : (Bintoro, 2014).

pemilihan proses dan perawatan mesin (Irawan, 2011). Untuk mereduksi gas buang kendaraan bermotor tersebut, metode yang biasanya dipakai adalah :

1. Modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya.
2. Modifikasi mesin.
3. Modifikasi pada saluran gas buang.

Modifikasi pada saluran gas buang dengan penambahan adsorber

Pengurangan lebih lanjut dalam emisi dapat diperoleh dengan menurunkan polutan dari gas buang dalam sistem saluran gas buang mesin. Memodifikasi saluran gas buang dengan penambahan unit adsorber atau alat yang bersifat penyerap (*adsorben*) dimanfaatkan sebagai penyerap emisi gas buang pada kendaraan. Dengan demikian pada saluran gas buang terjadi proses adsorpsi terhadap emisi gas buang kendaraan.

Adsorpsi secara umum adalah proses



Gambar 2. Skema pengujian emisi

Teknologi Pengontrolan Emisi

Pengontrolan emisi yang dilakukan untuk mereduksi gas buang yang berbahaya pada kendaraan bermotor sudah banyak dilakukan, terutama di negara-negara maju. Metode dan teknik yang dilakukan ada beberapa macam, antara lain dengan jalan melakukan pemilihan bahan bakar,

mengumpulkan benda-benda terlarut yang terdapat dalam larutan antara dua permukaan. Antar permukaan tersebut seperti zat padat dan zat cair, zat padat dan gas, zat cair dan zat cair, atau gas dan zat cair. Adsorpsi adalah suatu proses dimana suatu partikel menempel pada suatu permukaan akibat dari adanya perbedaan muatan lemah

diantara kedua benda, sehingga akhirnya akan membentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan tersebut (Verlina, 2014).

Arang Aktif

Menurut Verlina, arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga memiliki daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Arang aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon baik organik atau anorganik. Pada umumnya, arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap atau penjernih. Dalam jumlah yang kecil, juga digunakan sebagai katalisator.

Arang aktif atau karbon aktif adalah karbon dengan struktur amorphous atau mikrokristalin yang dengan perlakuan khusus dapat memiliki luas permukaan dalam yang sangat besar antara 300-2000 m²/gram. Sifat adsorpsinya yang selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif (Verlina, 2014).

Senyawa ZnCl₂ Sebagai Aktifator Arang

Sengklorida adalah suatu senyawa kimia dengan rumus kimia ZnCl₂ dan hidratnya. ZnCl₂ sendiri bersifat higroskopis. Dalam penerapannya sebagai aktifator arang ZnCl₂ berperan untuk memutuskan ikatan hidrokarbon sehingga pori-pori permukaan arang menjadi lebih luas. Unsur-unsur mineral ZnCl₂ masuk di antara pelat-pelat heksagonal dari karbon dan memisahkan permukaan yang mulanya tertutup sehingga jumlah luas permukaan yang aktif bertambah (Rahmawati, 2006).

METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan bertujuan untuk mengetahui proses serta prosedur penelitian. Penelitian kali ini diawali dengan studi literatur yang bertujuan untuk mengetahui apa saja yang akan diteliti, selanjutnya menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam membuat model unit *adsorber* dengan skala laboratorium secara sederhana dengan bahan baku arang aktif limbah kayu. Pengujian *adsorber* terhadap kadar emisi gas buang dilakukan dengan skala laboratorium. Secara detail untuk tahapan pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut.

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi variabel terikat. Adapun yang menjadi variabel bebas dalam penelitian kali ini yaitu variasi konsentrasi ZnCl₂ sebagai aktifator karbon yaitu 8% , 10%, dan 12% ZnCl₂.

Variable terikat adalah variable yang menjadi pusat perhatian utama dari peneliti. Dengan menganalisa variable terikat diharapkan

dapat ditemukan jawaban atau penyelesaian masalah. Adapun variabel terikat dalam penelitian kali ini yaitu kadar emisi karbonmonoksida (CO), karbondioksida (CO₂), Hidrokarbon (HC) dari kendaraan berbahan bakar bensin.

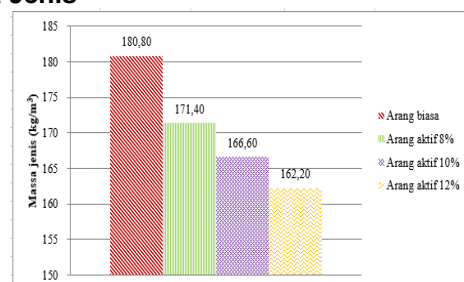


Gambar 3 Aktifasi arang menggunakan ZnCl₂

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan sesuai prosedur-prosedur yang sudah ditetapkan baik dari tahap persiapan, tahap pengujian maupun pengambilan data. Adapun hasil pengukuran massa jenis, kadar air, kandungan emisi sebelum dan sesudah penambahan *adsorber* arang aktif kayu keling beserta kondisi tekanan sebelum dan sesudah penambahan *adsorber*.

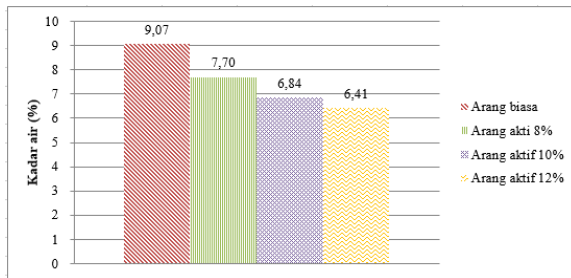
Massa Jenis



Gambar 4. Massa jenis arang

Massa jenis arang sebelum diaktifasi lebih besar dibandingkan dengan arang yang telah diaktifasi. Massa jenis arang sebelum diaktifasi dengan ZnCl₂ yaitu 180,80 kg/m³. Massa jenis arang setelah diaktifasi menggunakan ZnCl₂ dengan konsentrasi 8% yaitu 171,40 kg/m³. Terjadi perubahan massa jenis pada arang aktif yang diaktifasi menggunakan ZnCl₂ dengan konsentrasi 10% yaitu 166,60 kg/m³. Begitu juga massa jenis arang aktif yang diaktifasi menggunakan ZnCl₂ dengan konsentrasi 12% menjadi 162,20 kg/m³. Konsentrasi ZnCl₂ yang berperan sebagai aktifator sehingga memutuskan ikatan hidrokarbon menjadikan arang memiliki rongga atau pori-pori yang lebih besar serta pada saat dipanaskan kandungan air dalam arang aktif menjadi sedikit akibat menguap dan berpengaruh pada massa dari arang tersebut (verlina, 2014).

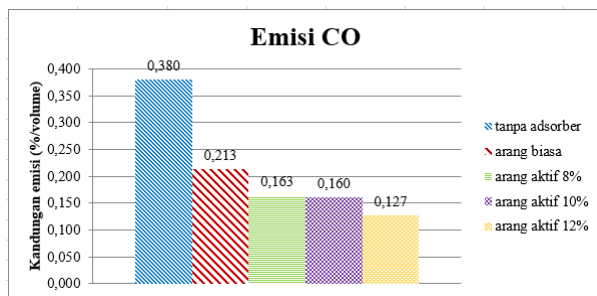
Kadar air



Gambar 5. Kadar air arang

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa kadar air arang sebelum diaktifasi lebih besar dibandingkan arang setelah diaktifasi. Kadar air pada arang sebelum diaktifasi sebesar 9,07%. Pada arang aktif juga terjadi penurunan kadar air berdasarkan jenis konsentrasi pengaktifannya. Kadar air arang aktif dengan konsentrasi pengaktifan 8% $ZnCl_2$ yaitu 7,70%. Pada arang aktif dengan konsentrasi pengaktifan 10% $ZnCl_2$ memiliki kadar air sebesar 6,84%. Begitu juga arang aktif dengan konsentrasi pengaktifan 12% $ZnCl_2$ memiliki kadar air sebesar 6,41%.

Uji emisi CO



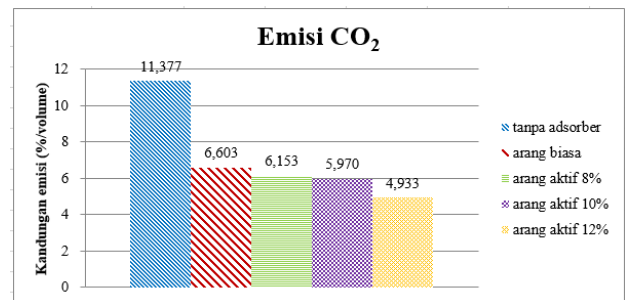
Gambar 6. Uji emisi gas CO

Kandungan emisi gas CO pada kendaraan sebelum ditambahkan *adsorber* yaitu 0,380% volume. Sedangkan setelah penambahan *adsorber* arang kayu keling sebelum diaktifasi menghasilkan kandungan emisi CO sebesar 0,213% volume. Begitupun dengan penggunaan *adsorber* arang aktif kayu keling dengan konsentrasi aktifator masing-masing 8%, 10%, dan 12% $ZnCl_2$ yaitu 0,163% volume untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 8% $ZnCl_2$, 0,160 untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 10% $ZnCl_2$, dan 0,127% volume untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 12% $ZnCl_2$.

Menurut hasil penelitian Jaya (2014), mengenai arang aktif sebagai *adsorben* untuk menurunkan kadar emisi gas buang kendaraan, semakin tinggi konsentrasi aktifator arang aktif maka arang aktif tersebut memiliki rongga pori-pori yang besar sehingga memiliki daya serap yang lebih

maksimal. Arang aktif dengan konsentrasi aktifator 12% $ZnCl_2$ mampu menyerap emisi gas CO lebih banyak karena arang aktif tersebut memiliki rongga pori-pori yang lebih besar sehingga daya serap lebih maksimal dibandingkan dengan arang sebelum diaktifasi maupun arang setelah diaktifasi dengan konsentrasi aktifator lainnya yang lebih rendah.

Uji Emisi CO₂

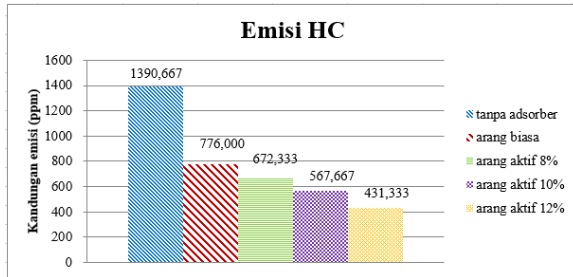


Gambar 7. Uji emisi gas CO₂

Emisi gas CO₂ mengalami penurunan setelah saluran gas buang ditambahkan *adsorber*. Kandungan emisi gas CO₂ pada saluran gas buang tanpa *adsorber* yaitu 11,38 % volume. Sedangkan kandungan emisi gas CO₂ pada saluran gas buang dengan penambahan *adsorber* arang kayu keling sebelum diaktifasi yaitu 6,603 % volume. Begitupun hasil emisi pada knalpot dengan penambahan *adsorber* arang aktif dengan jenis konsentrasi aktifator masing-masing 8% $ZnCl_2$, 10% $ZnCl_2$, dan 12 % $ZnCl_2$ yaitu 6,15 % volume untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 8% $ZnCl_2$, 5,97 % volume untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 10% $ZnCl_2$, 4,93 % volume untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 12% $ZnCl_2$.

Penurunan kadar CO₂ pada penelitian ini diakibatkan oleh penyerapan arang maupun arang aktif terhadap gas tersebut. Hasil penurunan emisi CO₂ yang paling baik adalah saluran gas buang dengan penambahan *adsorber* arang aktif dengan konsentrasi aktifator 12% $ZnCl_2$. Arang aktif yang diaktifasi dengan konsentrasi 12% $ZnCl_2$ memiliki daya serap yang baik disebabkan dari hasil penguraian atau pemutusan ikatan hidrokarbon oleh $ZnCl_2$ dengan konsentrasi 12% lebih maksimal sehingga arang aktif tersebut memiliki kapasitas serapan lebih banyak dibandingkan arang sebelum diaktifasi maupun arang yang sudah diaktifasi dengan konsentrasi $ZnCl_2$ lebih rendah (Jaya, 2014).

Uji Emisi HC

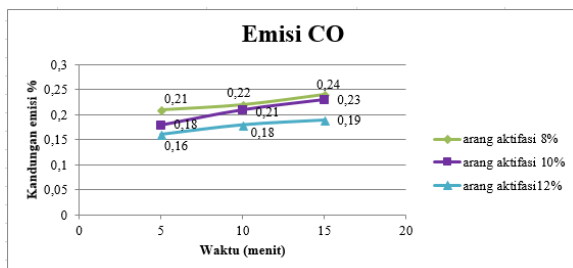


Gambar 8. Hasil uji emisi gas HC

Penurunan emisi HC pada saluran gas buang setelah penambahan *adsorber* arang sebelum diaktifasi dan arang setelah diaktifasi. Emisi HC yang dihasilkan sebelum ditambahkan *adsorber* yaitu 1390,67 ppm. Sedangkan emisi HC yang dihasilkan saluran gas buang dengan penambahan *adsorber* arang sebelum diaktifasi yaitu 776,00 ppm. Begitupun hasil emisi dengan penambahan arang aktif mengalami penurunan sesuai dengan tingkat konsentrasi aktifasi arang aktif secara berurutan, 672,33 ppm untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 8% ZnCl₂, 567,67 ppm untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 10% ZnCl₂, dan 431,33 ppm untuk arang aktif dengan konsentrasi aktifator 12% ZnCl₂.

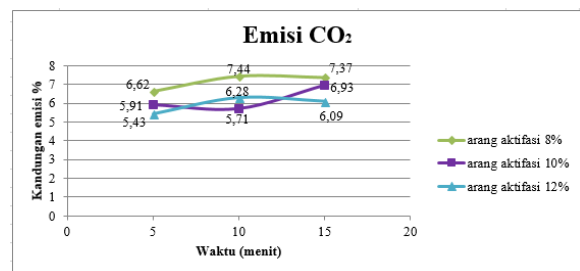
Emisi gas buang kendaraan yang mengalir melewati *adsorber* kemudian akan tersaring dan sebagian kandungan gas HC terperangkap di dalam pori-pori arang aktif (Basuki, 2007). Arang aktif dengan pori-pori yang besar atau bahkan dengan jumlah pori-pori yang banyak mampu menyerap lebih banyak kandungan gas buang kendaraan terutama gas HC. Arang aktif dengan konsentrasi aktifator 12% ZnCl₂ yang teridentifikasi memiliki massa jenis dan kadar air rendah maka memiliki ruang kapasitas serapan yang lebih banyak dibandingkan arang sebelum diaktifasi maupun jenis arang aktif yang diaktifasi dengan konsentrasi aktifator ZnCl₂ lebih rendah.

Uji performa *adsorber*



Gambar 9. Uji performa *adsorber* arang aktif terhadap emisi gas CO

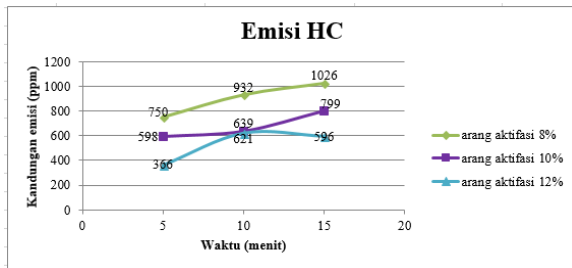
Masing-masing jenis arang aktif berdasarkan tingkat konsentrasi aktifator ZnCl₂ mengalami penurunan performa sebagai *adsorber* dalam menurunkan emisi gas CO kendaraan. Penurunan performa *adsorber* arang aktif kayu dapat dilihat dari semakin meningkatnya emisi CO yang dihasilkan kendaraan selama 15 menit. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga jenis arang aktif mengalami desorpsi terhadap gas CO dimana gas CO yang sudah terserap dilepaskan kembali sehingga adanya peningkatan kandungan CO pada gas buang kendaraan. Terjadinya desorpsi pada ketiga jenis arang aktif tersebut menunjukkan bahwa ketiga arang aktif terindikasi mengalami jenuh terhadap gas CO (Faradilla, 2016).



Gambar 10. Uji performa *adsorber* arang aktif terhadap emisi gas CO₂

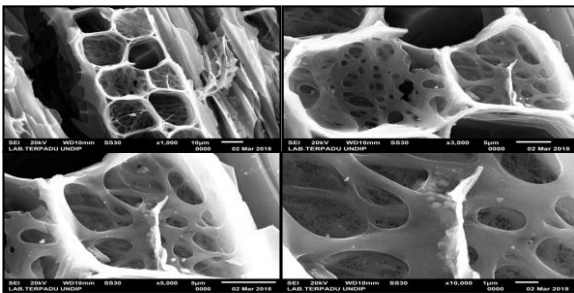
emisi CO₂ yang dihasilkan kendaraan dengan penambahan *adsorber* arang aktif kayu keling selama 15 menit mengalami peningkatan. Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan performa pada masing-masing jenis *adsorber* arang aktif kayu keling berdasarkan tingkat konsentrasi aktifator ZnCl₂. Berdasarkan grafik diatas masing-masing arang aktif memiliki kondisi jenuh yang berbeda terhadap gas CO₂.

Hasil emisi gas CO₂ pada saluran gas buang dengan penambahan *adsorber* arang aktif dengan konsentrasi aktifator 8% ZnCl₂ mengalami peningkatan pada menit ke-10. Hal tersebut menunjukkan adanya desorpsi arang aktif dengan tingkat konsentrasi aktifator 8% ZnCl₂ terhadap gas CO₂. Berbeda halnya pada *adsorber* arang aktif kayu keling dengan tingkat konsentrasi aktifator 10% ZnCl₂ mengalami peningkatan kandungan emisi gas CO₂ kendaraan pada menit ke-15. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa arang aktif dengan tingkat konsentrasi aktifator 10% ZnCl₂ mengalami desorpsi pada menit ke-15, sehingga terindikasi mengalami jenuh. Adapun pada arang aktif dengan tingkat konsentrasi aktifator 12% ZnCl₂ pada menit ke-10 sudah mengalami desorpsi terhadap gas CO₂, sehingga pada menit ke-10 arang aktif dengan tingkat konsentrasi aktifator 12% ZnCl₂ terindikasi jenuh terhadap gas CO₂.

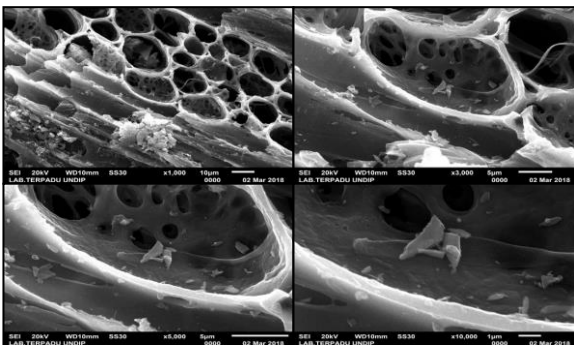


Gambar 11. Uji performa adsorber arang aktif terhadap emisi gas HC

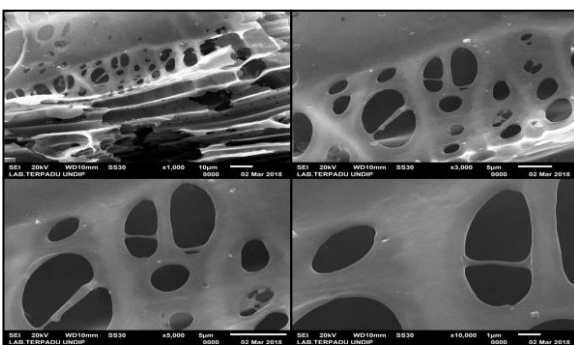
Uji arang secara SEM



Gambar 12. Morfologi arang sebelum diaktifasi



Gambar 13. Morfologi arang setelah diaktifasi menggunakan ZnCl₂ 12%



Gambar 14. Morfologi arang setelah diaktifasi menggunakan ZnCl₂ 12% setelah dilewati emisi

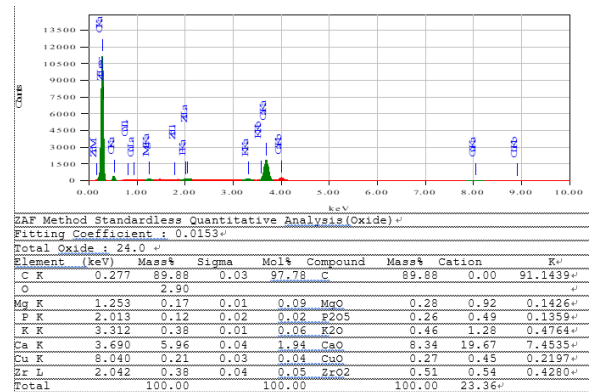
Berdasarkan Gambar. 12 morfologi permukaan arang kayu keling sebelum diaktifasi terlihat memiliki pori-pori. Hal tersebut menunjukkan bahwa arang kayu sebelum diaktifasi sudah

memiliki pori-pori yang memungkinkan dapat menyerap kandungan emisi gas buang pada kendaraan.

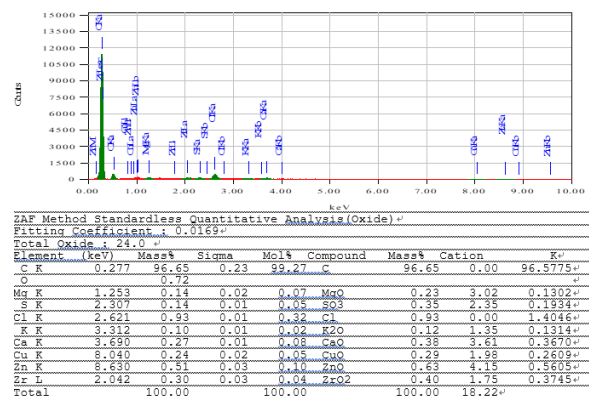
Berdasarkan Gambar 13. Menunjukkan secara morfologi arang kayu keling yang sudah diaktifasi dengan proses perendaman dengan larutan ZnCl₂ dengan konsentrasi 12% dan pemanasan pada temperatur 500 °C terlihat pori-pori lebih banyak dan lebih teratur, sehingga arang aktif tersebut memiliki daya serap yang lebih baik dibandingkan arang kayu keling yang belum diaktifasi. Kondisi tersebut bahwa pengaruh perendaman arang menggunakan ZnCl₂ dan pemanasan menggunakan tanur menyebabkan ikatan karbon pada arang terurai sehingga menghasilkan pori-pori atau rongga lebih banyak.

Berdasarkan Gambar 14 dapat dilihat bahwa pori-pori pada arang aktif setelah dilewati emisi gas buang kendaraan tampak tidak beraturan, kemungkinan besar diakibatkan pori-pori tertutup oleh kandungan emisi gas buang kendaraan tersebut.

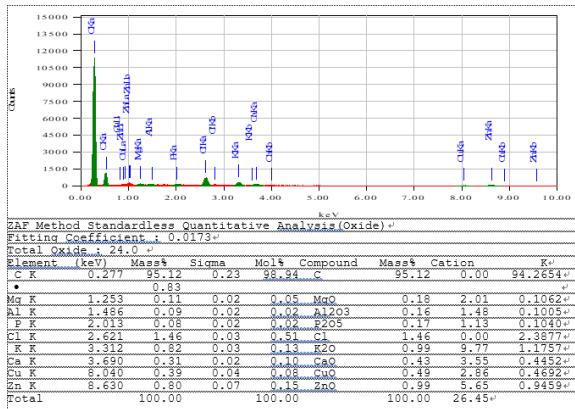
Uji arang secara EDX



Gambar 15. Hasil analisa EDX arang sebelum diaktifasi



Gambar 16. Hasil analisa EDX arang setelah diaktifasi menggunakan ZnCl₂ 12%



Gambar 16. Hasil analisa EDX arang setelah diaktifasi menggunakan ZnCl₂ 12% setelah dilewati emisi

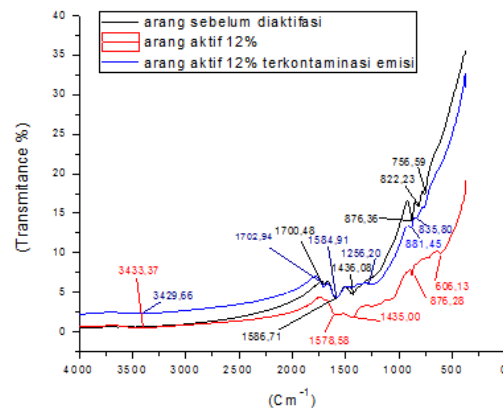
Berdasarkan Gambar. 14 merupakan hasil uji SEM yang dilengkapi dengan analisa EDX yang menunjukkan komposisi kimia pada arang kayu keling sebelum diaktifasi. Dimana hasil analisa EDX arang kayu keling memiliki massa kandungan karbon 89,88%. Unsur O yang terkandung pada arang sebelum diaktifasi memiliki persentase massa sebesar 2,9%. Unsur O pada arang berikatan dengan unsur-unsur lain yang kemudian membentuk senyawa-senyawa selain karbon di dalam arang tersebut. Terdapat unsur Ca yang terkandung pada arang sebelum diaktifasi memiliki persentase massa sebesar 5,96%. Hasil analisa EDX bahwa arang sebelum diaktifasi berdominan memiliki unsur C, O, dan Ca. Sedangkan unsur-unsur lain seperti Mg, P, K, Cu, dan Zr memiliki persentase massa yang kecil.

Pada Gambar 15 menunjukkan komposisi arang kayu keling setelah diaktifasi dengan analisa EDX. Dimana massa kandungan karbon pada komposisi kimia arang aktif meningkat menjadi 96,65%. Terjadinya peningkatan persentase massa kandungan karbon diakibatkan oleh berkurangnya massa unsur kimia lainnya pada sampel tersebut. Persentase massa O yang terkandung pada arang setelah diaktifasi menggunakan ZnCl₂ dengan konsentrasi 12% mengalami penurunan menjadi 0,72%. Hal ini menunjukkan bahwa saat proses aktifasi, arang tersebut melepas unsur O. Sehingga massa O yang berikatan dengan unsur lain menjadi lebih kecil. Setelah arang diaktifasi terdapat unsur baru yang terkandung pada arang aktif yang diduga akibat dari proses aktifasi menggunakan ZnCl₂ yang tersisa dan sulit untuk dihilangkan. Unsur-unsur tersebut diantaranya adalah Zn dan Cl, dimana masing-masing membentuk senyawa ZnO dan Cl. Sedangkan komposisi unsur-unsur kimia yang terdapat pada arang sebelum diaktifasi juga muncul di arang yang sudah diaktifasi. Persentase massa senyawa-senyawa selain karbon memiliki

nilai yang kecil. Sehingga dari kondisi tersebut arang aktif memiliki pori-pori atau rongga yang lebih banyak dibandingkan arang sebelum diaktifasi.

Pada Gambar 16 hasil analisa EDX menunjukkan komposisi pada arang aktif berubah. Dapat dilihat juga terjadi penurunan persentase massa karbon menjadi 95,12%. Hal tersebut diduga akibat reaksi kimia ketika terjadi kontak antara arang aktif dengan emisi gas buang. Setelah arang aktif dilewati emisi gas buang, persentase massa O pada arang aktif meningkat menjadi 0,83%. Senyawa yang muncul pada arang aktif yaitu ZnO dan Cl setelah dilewati emisi persentase massanya mengalami peningkatan.

Uji arang secara FTIR



Gambar 17. Analisa gugus fungsi arang secara FTIR

Hasil FTIR pada arang kayu keling sebelum diaktifasi gugus fungsi yang teridentifikasi antara lain pada bilangan gelombang 1700,48 cm⁻¹ terdapat gugus karbonil C=O, pada bilangan gelombang 1586,71 cm⁻¹ terdapat gugus C=C, dan gugus C-H pada bilangan gelombang 1436,08 cm⁻¹ dan 756 cm⁻¹. Adanya gugus C=O yang bersifat polar dan gugus C-H yang bersifat bipolar, maka arang kayu keling sebelum diaktifasi relatif bersifat polar dan dapat digunakan sebagai adsorben zat-zat yang cenderung polar.

Terjadi perubahan gugus fungsi pada arang kayu keling setelah diaktifasi menggunakan aktifator larutan ZnCl₂ dengan konsentrasi 12%. Gugus fungsi yang teridentifikasi pada arang aktif yaitu gugus O-H, C=C, dan C-H, dimana gugus O-H dengan intensitas kuat dibuktikan pada bilangan gelombang 3433,37 cm⁻¹. Arang aktif juga membentuk gugus C=C dibuktikan pada bilangan gelombang 1578,58 cm⁻¹, dan pada bilangan gelombang brikutnya yaitu pada 1435,00 cm⁻¹ dan 876,28 cm⁻¹ terdapat gugus C-H dengan

intensitas kuat. Gugus-gugus yang teridentifikasi pada arang aktif kayu keling terdapat ikatan yang bersifat polar seperti gugus O–H, dan C–H bersifat bipolar, maka arang aktif kayu keling cenderung bisa digunakan sebagai *adsorben* zat-zat yang bersifat polar juga, bisa dimanfaatkan sebagai penjernih air, atau penyerap gas (Wibowo, 2011).

Teridentifikasi gugus-gugus fungsi pada arang aktif setelah dilalui emisi gas buang antara lain gugus O–H, C=O, C–O, dan C–H. Dibuktikan dari adanya serapan pada bilangan gelombang 3429,66 cm^{-1} yang merupakan wilayah serapan gugus O–H, kemudian muncul serapan bilangan 1702,94 cm^{-1} menunjukkan gugus C=O, pada bilangan gelombang 1256,20 cm^{-1} terdapat gugus C–O, dan gugus C–H pada bilangan gelombang 881,45 cm^{-1} dan 835,80 cm^{-1} . Pada arang aktif yang terkontaminasi oleh emisi gas buang kendaraan, memiliki gugus fungsi O–H yang bersifat polar, gugus C–H yang bersifat bipolar, dan gugus C–O bersifat polar juga. Maka arang aktif tersebut memiliki sifat lebih polar.

Dari hasil analisa gugus fungsi di atas arang sebelum dan sesudah diaktifasi sama-sama memiliki sifat polar dan memiliki daya serap terhadap zat-zat yang bersifat polar juga, hanya saja arang aktif lebih memiliki daya serap yang lebih baik dibandingkan arang biasa.

Transmitansi tinggi berarti terdapat sebagian senyawa kimia pada sampel dapat menyerap cahaya yang ditembakkan alat uji. Berbeda halnya jika transmitansi rendah berarti sampel tersebut memiliki populasi senyawa yang tinggi sehingga sampel tersebut lebih banyak menyerap cahaya infra merah yang ditembakkan alat uji FTIR.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Arang aktif kayu keling dapat menurunkan emisi CO, CO₂, dan HC lebih efektif dibanding arang biasa.
2. *Adsorber* arang aktif dengan tingkat konsentrasi aktifator ZnCl₂ 12% dapat menurunkan emisi gas CO, CO₂, dan HC lebih baik dibandingkan arang yang diaktifasi dengan larutan ZnCl₂ pada konsentrasi yang lebih rendah.
3. Secara morfologi uji SEM, arang aktif memiliki pori-pori lebih banyak dibandingkan arang biasa. Secara analisa EDX, arang aktif memiliki persentase massa karbon lebih besar dibandingkan arang biasa.
4. Arang setelah diaktifasi menggunakan ZnCl₂ memiliki sifat polar. Hal ini ditunjukkan dari

munculnya gugus O–H dan C–H, dimana gugus O–H bersifat polar dan gugus C–H yang bersifat bipolar. Berdasarkan kondisi tersebut arang aktif dapat dimanfaatkan sebagai *adsorben* emisi gas buang kendaraan.

Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai sifat dan karakter arang aktif dalam pemanfaatannya sebagai *adsorber* untuk mengurangi kadar emisi gas CO, CO₂, dan HC. Serta pemanfaatan sebagai penyerap gas lainnya yang berdampak berbahaya bagi kesehatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan. Yang kedua penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemenristek atas bantuan dana penelitian melalui program penelitian Hibah Bersaing tahun 2016. Yang ke tiga penulis mengapresiasi Jurusan Teknik Mesin atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

| | |
|--------------------------------|--|
| ∅ | : Diameter |
| Al ₂ O ₃ | : Alumina |
| °C | : Satuan derajat celsius |
| C | : Karbon |
| CaO | : Kalsiumoksida |
| Cl | : Klorida |
| CO | : Karbonmonoksida |
| CO ₂ | : Karbondioksida |
| CuO | : Tembaga(II)oksida |
| C – H, C – O, | : Gugus Fungsi |
| C=O, O–H | |
| EDX | : <i>Electron Dispersion X Ray</i> |
| FTIR | : <i>Fourier Transform Infra Red</i> |
| g | : Satuan gram |
| HC | : Hidrokarbon |
| H ₂ O | : Hidrogendioksida |
| K ₂ O | : Kaliumoksida |
| kg | : Satuan kilogram |
| m | : Satuan meter |
| MgO | : Magnesiumoksida |
| N ₂ | : Nitrogen |
| O | : Oksigen |
| P1 | : Tekanan saluran gas buang di titik 1 |
| P2 | : Tekanan saluran gas buang di titik 2 |
| P ₂ O ₅ | : Fosforpentoksida |
| Pb | : Plumbum/timbal |

| | |
|-------------------|-------------------------------------|
| PID | : Predictive Air Ratio Controller |
| ppm | : Part per milion |
| rpm | : Rotasi per menit |
| SO ₂ | : Sulfuroksida |
| SO ₃ | : Sulfit |
| T1-T4 | : Temperatur pada saluran gas buang |
| T5 | : Temperatur lingkungan |
| ZnCl ₂ | : Zinkklorida |
| ZnO | : Zinkoksida |
| ZrO ₂ | : Zirkoniumdioksida |

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, K.T., 2007, *Penurunan Konsentrasi CO Dan NO₂ pada Emisi Gas Buang dengan Menggunakan Media Penyisipan TiO₂ Lokal Pada Karbon Aktif*, JNF, Vol. 1 No.1, p. 45-63.
- Bintoro, Madya, W., 2014, *Polutan dalam gas buang kendaraan*, Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidan Otomotif dan Elektronika, Malang.
- Faradilla, A.R., Yulinawati, H., Suswanto, E., 2016, *Pemanfaatan Fly ASH Sebagai Adsorben Karbonmonoksida dan Karbondioksida pada Emisi Kendaraan Bermotor*, Seminar Nasional Cendekiawan 2016, Universitas Trisakti, 2016.
- Irawan, RM., B., Purwanto, dan Hidayanto, 2011, *Prototipe Catalytic Converter dari Tembaga Berlapis Mangan untuk Mereduksi Emisi Gas Buang Co Motor Bensin*, Traksi, Vol.11, No.1, p. 18-30.
- Jaya, F.T., 2014, *Adsorpsi Emisi Gas CO, NO, dan NO_x Menggunakan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Buah Kakao pada Kendaraan Bermotor Roda Empat*. FMIPA, Universitas Hasanudin, Makasar.
- Kusuma, I.G.B.W., 2002, *Alat Penurun Emisi Gas Buang Pada Motor, Mobil, Motor Tempel Dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak*, Makara, Teknologi, Vol. 6, No. 3, p. 95-101
- Maryanto, D., Mulasari, S.A., dan Suryani, D., 2009, *Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (Co) dengan Penambahan Arang Aktif Pada Kendaraan Bermotor Di Yogyakarta*, Jurnal KES MAS UAD, Vol. 3, No.3, p. 198-204.
- Muku, I.D.M.K., Sukadana, I.G.K., 2009, *Pengaruh Rasio Kompresi terhadap Unjuk Kerja Mesin Empat Langkah Menggunakan Arak Bali sebagai Bahan Bakar*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol.3, No.1, p. 26-32.
- Rahman, S., 2016, *Pengaruh Penggunaan Limbah Karbit Sebagai Adsorben Pada katalitik Konverter untuk Menurnkan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Bensin*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mataram, Mataram.
- Verlina, W.O.V., 2014, *Potensi Arang Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Emisi Gas CO, NO, dan NO_x pada Kendaraan Bermotor*. FMIPA, Universitas Hasanudin, Makasar.
- Wibowo, S., Syafi, W., dan Pari, G., 2011, *Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung*, Makara, Teknologi, Vol. 15, No. 1, p. 17-24.
- Wicaksana, A., 2016, *Pengaruh Penggunaan Arang Aktif pada Saluran buang Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Winarno., J., 2014, *Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan*, Teknik Mesin, Universitas Janabadra, Yogyakarta.
- Wiratmaja, I.G., 2010, *Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 4, No. 1, p. 16-25.