



PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PENCUCIAN KENDARAAN DENGAN SISTEM FILTRASI MENGGUNAKAN FILTER MULTIMEDIA

Meri Selfia^{1*}, Nur Aida¹, Arief Rahman¹

¹ Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia, Kode Pos: 23111

e-mail: 17002032@student.ar-raniry.ac.id

Abstract

The increase in vehicle washing services has a major impact on the environment, human health and ecosystems in water bodies. One method of treating vehicle washing liquid waste using a filtration system has been proven to be effective and capable of breaking down pollutants contained in wastewater. However, filtration using activated carbon, silica sand, zeolite and gravel media with different variations and doses of media thickness to reduce levels in the parameters pH, TSS, COD and Phosphate has not been studied. This study was conducted to determine the effect of variations and doses of filter media and their effectiveness in reducing the levels of TSS, COD, pH and Phosphate in vehicle washing waste, with variations in the thickness of activated carbon media 10, 20, 25 cm and silica sand, zeolite, gravel 15, 20 cm. The results showed that activated carbon, silica sand, zeolite and gravel media were able to reduce TSS, COD, pH and phosphate levels. The decrease in levels is highest in the 6th variation. The percentage of TSS is 97.13%, COD is 93.93%, Phosphate is 74% and a decrease in pH 7. From the data presented, it can be seen that all variations are able to reduce levels of pollutant parameters. in vehicle washing waste.

Keywords: *Filtration, activated carbon, silica sand, zeolite and vehicle washing waste gravel.*

A. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan seluruh kendaraan yang bergerak terjadi karena peralatan teknik yang berada di kendaraan tersebut (Saputra, 2017). Perkembangan jumlah kendaraan bermotor terjadi peningkatan setiap tahunnya pada tahun 2020 sudah terdapat 20.4327 unit kendaraan bermotor di kota Banda Aceh dengan tingkat penjualan yang terus meningkat (BPS, 2020). Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor tersebut tentu menuntut adanya jasa pencucian kendaraan. peningkatan tersebut bisa memperburuk kualitas lingkungan karena air bekas pencucian kendaraan

langsung dibuang ke badan air tanpa ada pengolahan sehingga menimbulkan permasalahan yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan akibat menurunnya kualitas air tanah dan air permukaan (Setiawan dan Situmorang, 2017).

Air limbah pencucian kendaraan bermotor yang langsung dibuang ke badan air dalam jumlah banyak bisa menimbulkan kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan deterjen meningkat. Hasil pengukuran kadar COD 768 mg/l dan Surfaktan 25,32 mg/l. (Chrisafitri dan Karnaningroem, 2012). Air limbah pencucian bermotor yang langsung dialirkan ke badan air harus memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri Sabun, Deterjen dan Produksi Minyak Nabati serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Salah satu cara yang dapat dilaksanakan agar mengatasi dampak buruk dari pencemaran limbah cair ini adalah melakukan pengelolaan atau pengolahan, sebelum limbah cair tersebut dibuang ke badan air. Salah satu pengelolaan dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan seperti pendekatan permodelan lingkungan (Ikhwalidkk, 2022). Sedangkan untuk pengolahan dapat dilakukan dengan metode filtrasi. Metode filtrasi adalah proses menyaring yang membuang padatan tersuspensi pada air melewati media berpori dan filtrasi adalah bagian yang terpenting dari pengolahan air limbah dan secara efektif menghilangkan bahan organik yang tidak bisa dihilangkan dalam air, tujuan proses filtrasi sebagai penghilang partikel tersuspensi dan koloid dengan menyaring melalui media filter (Said, 2005).

Efektivitas sistem filtrasi memakai media zeolit, silika dan karbon aktif sebelumnya sudah dikaji. Menurut Kusnaedi (2010), zeolit berperan sebagai adsorben dan penyaring molekul, serta sebagai *ion exchanger* (penukar ion) dalam pengolahan air. Karbon aktif juga memiliki daya serap yang besar dalam menyerap partikel padat. Hal ini disebabkan adanya sifat adsorpsi dari karbon aktif yang mempunyai sifat penukar kation (Lestari dkk. 2015). Filtrasi memakai media karbon aktif dan zeolit pada pengolahan limbah domestik mampu menurunkan parameter COD 15,44%, TSS 39,62%, Fosfat 31,4% dan kekeruhan 41,67% (Sulianto dkk., 2020). Selanjutnya

Chrisafitri dan Karnaningroem (2012) air limbah pencucian kendaraan bermotor menggunakan pasir lambat dan karbon aktif mengandung COD 768 mg/l dan Surfaktan 25,32 mg/l. Berdasarkan analisis akhir yang dilaksanakan, *efisiensi removal slow sand filter* terhadap COD sampai 72,1% dan surfaktan senilai 63,6%. Namun, filtrasi dengan menggunakan media karbon aktif, zeolit, pasir silika dan kerikil belum pernah dilaporkan digunakan pada pengolahan limbah cair pencucian kendaraan.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Sampel limbah yang diambil untuk penelitian ini berupa limbah domestik yang bersumber dari pencucian kendaraan yang berada di Gampong Lamgugob, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh bisa dilihat pada Gambar 3.1. Penelitian ini dikerjakan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Eksperimen Filtrasi

Eksperimen Filtrasi dengan Substitusi Karbon Aktif, Zeolit, Pasir dan Kerikil dalam pengolahan limbah pencucian kendaraan dilaksanakan sebagai berikut:

1. Air limbah pencucian kendaraan yang kemudian diolah diisikan ke dalam jerigen sebesar 4 liter.
2. Disediakan media filter yang kemudian diperlukannya yakni karbon aktif, zeolit, pasir silika dan kerikil.
3. Filtrasi dirancang memakai pipa PVC berdiameter 4 inci dan panjang 90 cm dengan lubang keluarannya memiliki ukuran $\frac{3}{4}$ inc.
4. Media filter yang sudah dirancang diatur dengan vertikal memakai beberapa variasi ketebalan. Variasi satu pasir silika, kerikil dan zeolit terdiri dari 15 cm dan karbon aktif 10 cm (Sulianto dkk., 2020). Variasi kedua terdiri dari pasir silika, kerikil dan zeolit 15 cm dan karbon aktif 20 cm (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Variasi ketiga terdiri dari karbon aktif 25 cm, pasir silika, kerikil, zeolite 15 cm, variasi keempat terdiri dari karbon aktif 10 cm, pasir silika, kerikil dan zeolite 20 cm (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Variasi kelima terdiri dari pasir silika, kerikil dan zeolit 20 cm

(Sulianto dkk., 2020) dan variasi keenam terdiri dari karbon aktif 25 cm, pasir silika, kerikil dan zeolit 20 cm (Artiyani dan Firmansyah, 2016).

5. Limbah pencucian kendaraan dimasukkan ke dalam unit filtrasi yang sudah dipersiapkan sejumlah 4 liter.
6. Perlakuan dilakukan dengan mengalirkan limbah dalam reaktor
7. Waktu dan debit limbah yang keluar dicatat lalu limbah di tampung
8. Jenis dan ketebalan media pada perlakuan dapat dilihat pada Tabel

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran sampel dengan parameter pH, TSS, COD dan Fosfat sebelum dan setelah perlakuan filtrasi menggunakan filter multimedia bisa dilihat pada Tabel 4.1. Air limbah yang akan difiltrasi bersumber dari salah satu *doorsmeer* yang berada di Gampong Lamgugob yang memiliki nilai awal sebelum pengolahan pH 10,1 dan Nilai TSS 1.360 mg/l, COD 1.500 mg/l, fosfat 10.480 mg/l. Dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa nilai pH dan kandungan TSS, COD dan Fosfat belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen dan Produk-Produk Minyak Nabati serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sehingga jika dibuang ke badan air tanpa pengolahan dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan pengolahan untuk merubah nilai pH dan menurunkan kadar TSS, COD, Fosfat dengan cara filtrasi menggunakan filter multimedia.

Dari hasil filtrasi tersebut menunjukkan bahwa pada v1 terjadi perubahan yang signifikan dengan nilai pH 8,1, TSS 231 mg/l, COD 188 mg/l dan Fosfat 3,620 mg/l, pada v2 nilai pH 7,8, TSS 271 mg/l, COD 524 mg/l dan Fosfat 3,460 mg/l, pada v3 nilai pH 7,2, TSS 209 mg/l, COD 160 mg/l dan Fosfat 3,310 mg/l, pada v4 nilai pH 7,2, TSS 155 mg/l, COD 142 mg/l dan Fosfat 3,230 mg/l. v5 nilai pH 7,1, TSS 77 mg/l, COD 120 mg/l dan

Fosfat 2,810 mg/l dan pada v6 yang paling tinggi tingkat penurunannya yaitu nilai pH 7,0, TSS 39 mg/l, COD 91 mg/l dan Fosfat 2,720 mg/l.

Tabel 4.1 Hasil analisis dan efektivitas parameter pH, COD, TSS, dan Fosfat sebelum dan setelah proses filtrasi

Tahapan Perlakuan	Waktu	pH
Baku Mutu	Karbon Monoksida (CO)	0,38 %
Nilai Sebelum Perlakuan	Hidrokarbon (HC)	0 ppm
Nilai Setelah Perlakuan	Karbon Dioksida (CO ₂)	13,5 %
	Karbon Monoksida (CO)	1,45 %
	Hidrokarbon (HC)	0 ppm
	Karbon Dioksida (CO ₂)	12,5%

mutu arang aktif daun trembesi telah memenuhi syarat standar baku mutu sesuai dengan SNI. 06-3730 tahun 1995. Hasil tersebut menunjukkan arang aktif daun trembesi memiliki potensi digunakan untuk penyerapan parameter emisi kendaraan bermotor seperti karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan karbon dioksida (CO₂). Hasil uji rendemen memiliki nilai sebesar 1,928%, nilai arang aktif menunjukkan jumlah arang aktif yang dihasilkan setelah dilakukan proses pengaktifan.

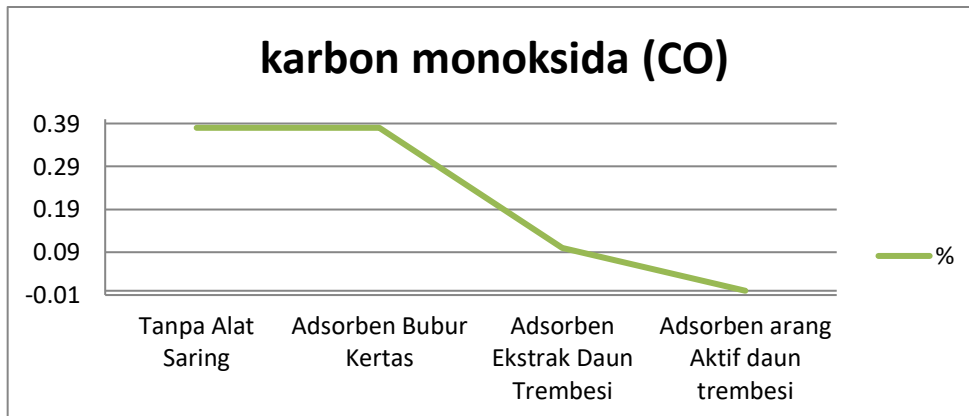
Hasil pengujian kadar air pada arang aktif daun trembesi memiliki nilai 15%, kandungan air pada arang aktif daun trembesi mengalami penurunan saat proses karbonisasi. Semakin sedikit persentase kadar air yang terdapat pada arang aktif maka semakin tinggi daya serap arang aktif terhadap pencemar. Menurut Desi (2021) waktu pirolisis dan suhu mempengaruhi kadar air, semakin sedikitnya kadar air maka daya serap arang aktif semakin tinggi.

Hasil uji emisi mobil agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I teknologi *eco indicator*, berdasarkan parameter Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan Karbon dioksida (CO₂) setelah dipasang alat saring dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil penyerapan emisi pada mobil agya tahun 2018 dengan tipe mesin dual VVT-i teknologi

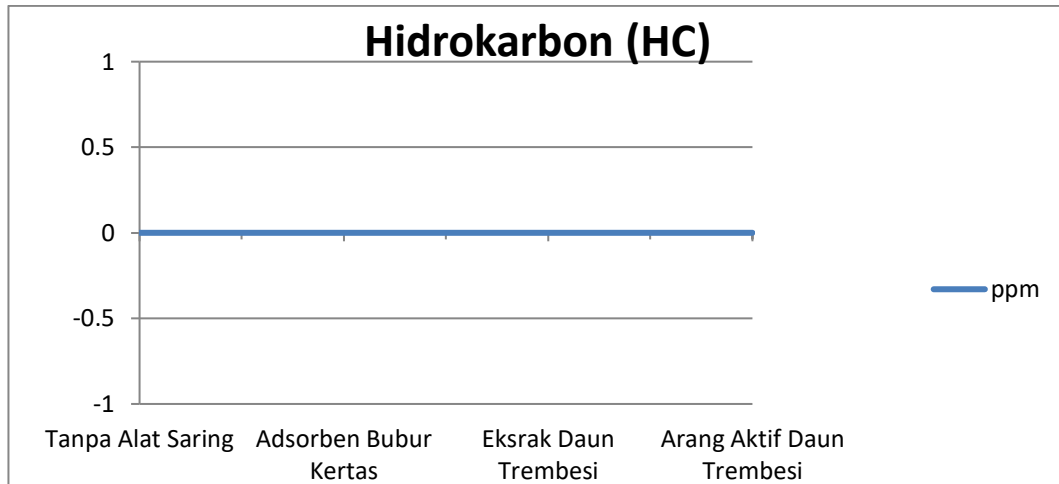
Parameter	Adsorben		
	Ekstrak daun trembesi	Arang aktif daun trembesi	Bubur kertas
Karbon monoksida (CO) %	0,10	0.00	0,38
Hidrokarbon Ppm	0	0	0
Karbon Dioksida (CO ₂) %	13,3	8,6	13,5

Besaran nilai parameter karbon monoksida (CO) pada mobil uji mengalami penurunan dari 0,38 % menjadi 0,00 % dengan menggunakan adsorben arang aktif daun trembesi, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi nilai parameter mengalami penurunan dari 0,38 % menjadi 0,10%, untuk penggunaan adsorben bubur kertas tidak mengalami penurunan nilai. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 2.



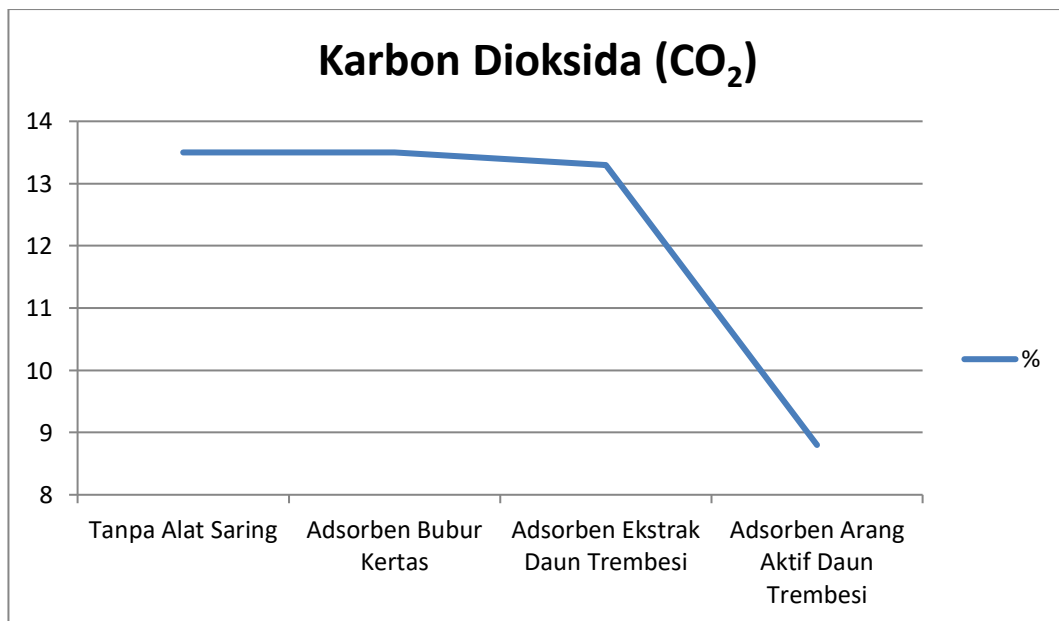
Gambar 2. Grafik daya serap parameter emisi karbon monoksida (CO)

Untuk parameter hidrokarbon (HC) tidak mengalami penurunan nilai, dikarenakan pada mobil uji sudah terdapat teknologi *Eco Indicator* yang berfungsi mengurangi nilai HC dari pembakaran di mesin mobil, nilai parameter hidrokarbon pada mobil uji sebesar 0 ppm. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik daya serap parameter emisi hidrokarbon (HC)

Untuk parameter karbon dioksida (CO_2) terdapat penurunan nilai, pada penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi mengalami penurunan nilai menjadi 8,6% dari 13,5%. Pada penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi mengalami penurunan nilai menjadi 13,3% dari 13,5%. Pada penggunaan adsorben bubuk kertas nilai parameter karbon dioksida tetap 13,5%. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat Gambar.4



Gambar 4. Grafik daya serap parameter emisi karbon dioksida (CO_2)

Mesin mobil Dual VVT-I bekerja dengan sistem pengaturan *overlapping* dimana katup *intake* dan *exhaust* dapat tertutup dan terbuka secara otomatis, sistem ini

memiliki keunggulan dalam menyempurnakan pembakaran bahan bakar kendaraan. Teknologi Dual VVT-I mampu mengurangi penggunaan bahan bakar kendaraan kendaraan sehingga emisi yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan teknologi VVT-I.

Eco indicator memudahkan pengemudi dalam menjaga kestabilan mesin dalam penggunaan bahan bakar ketika pengemudi melakukan akselerasi secara agresif, sehingga mesin dapat lebih mengirit bahan bakar ketika pengemudi menginjak pedal gas dalam dalam waktu relatif singkat.

Pada mobil uji dengan mesin Dual VVT-I teknologi *Eco Indicator*, daya serap adsorben arang aktif daun trembesi berhasil mengurangi kadar emisi parameter (CO) sebesar 100%, untuk daya serap adsorben ekstrak daun trembesi berhasil mengurangi kadar emisi parameter (CO) sebesar 73,68%. Untuk adsorben bubuk kertas tidak terjadi penurunan emisi. Pada parameter hidrokarbon (HC) pengurangan kadar emisi tidak dapat diketahui, hal ini disebabkan kadar emisi hidrokarbon pada gas buang kendaraan 0 ppm.

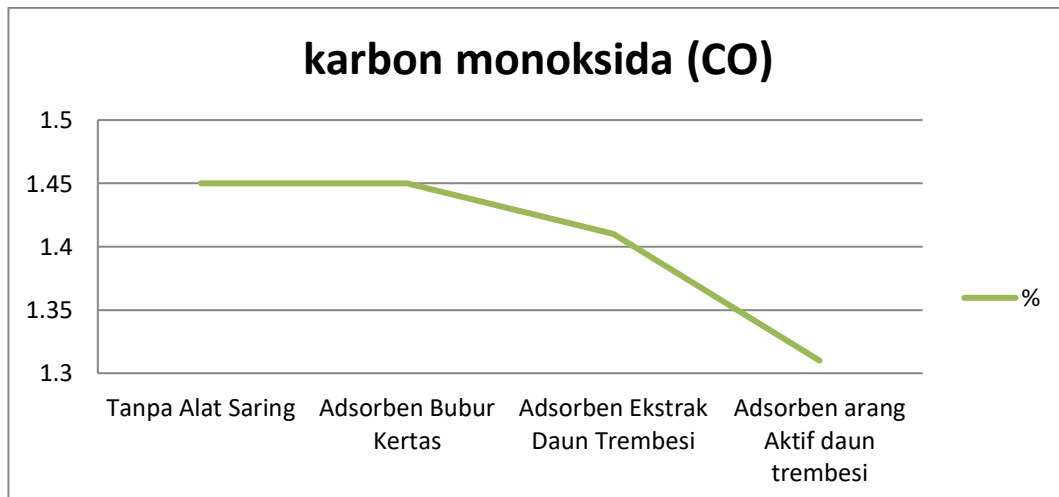
Untuk parameter emisi karbon dioksida (CO₂), dapat dilihat penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi lebih efektif dibandingkan dengan adsorben ekstrak daun trembesi. Dimana adsorben arang aktif daun trembesi berhasil mengurangi kadar CO₂ sebesar 36,29%, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi berhasil mengurangi kadar CO₂ sebesar 1,48%, sementara untuk penggunaan adsorben bubuk kertas, nilai parameter emisi (CO) tidak mengalami penurunan.

Hasil uji emisi mobil starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin tipe karburator dengan teknologi katalis, berdasarkan parameter Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan Karbon dioksida (CO₂) setelah dipasang alat saring dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 4. Hasil penyerapan emisi pada mobil starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin tipe karburator dengan teknologi katalis.

Parameter	Adsorben		
	Ekstrak daun trembesi	Arang aktif daun trembesi	Bubur kertas
Karbon monoksida (CO) %	1,41	1,31	1,45
Hidrokarbon Ppm	0	0	0
Karbon Dioksida (CO ₂) %	12,0	11,6	12,5

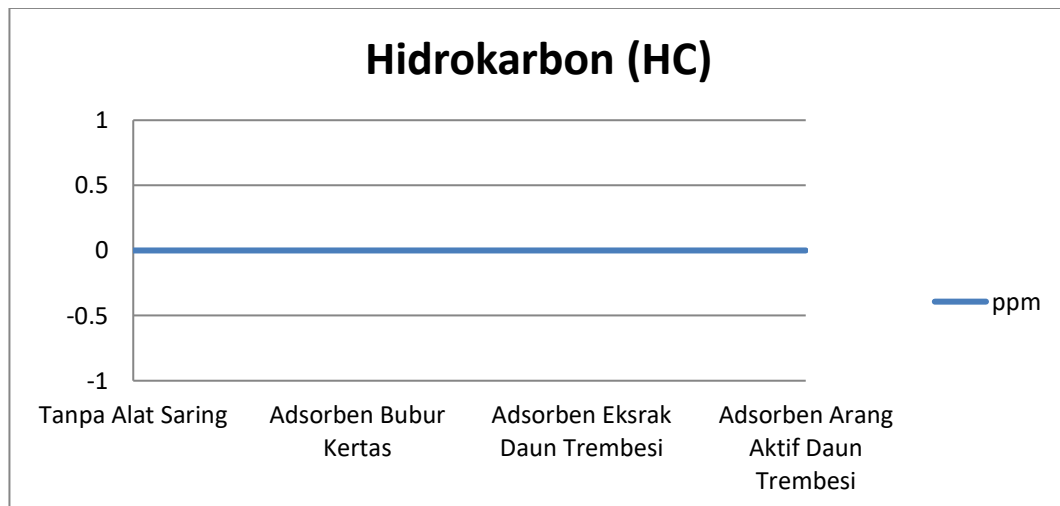
Besaran nilai parameter karbon monoksida (CO) pada mobil uji mengalami penurunan dari 1,45% menjadi 1,29% dengan menggunakan adsorben arang aktif daun trembesi, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi nilai parameter mengalami penurunan dari 1,45% menjadi 1,41%, untuk penggunaan adsorben bubur kertas tidak mengalami penurunan nilai. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik daya serap parameter emisi karbon monoksida (CO)

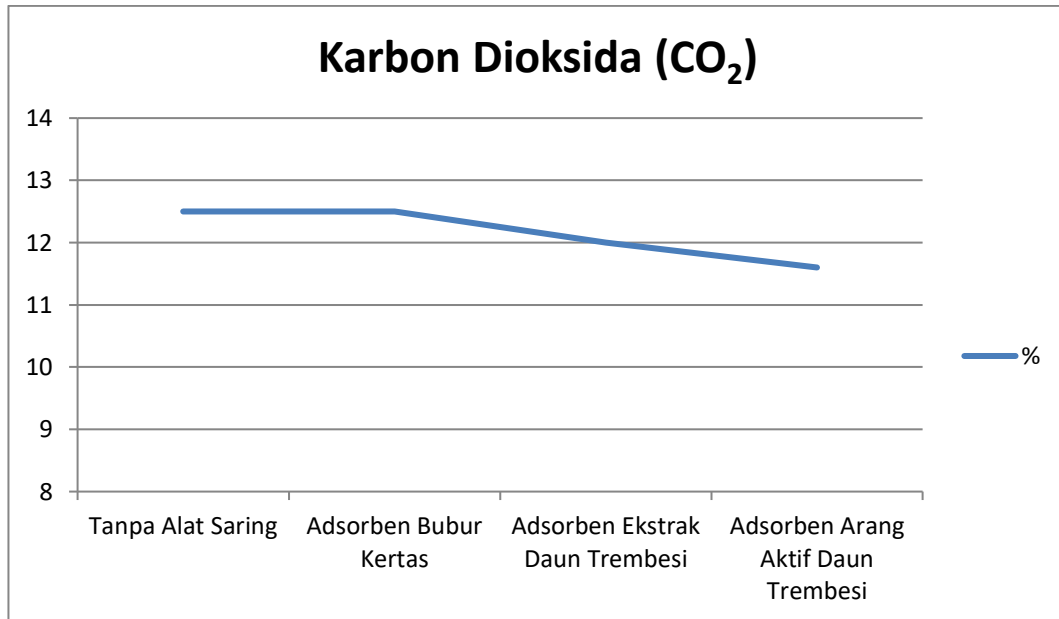
Untuk parameter hidrokarbon (HC) tidak mengalami penurunan nilai, dikarenakan pada mobil uji sudah terdapat teknologi katalis. Menurut marvy,

dkk(2018), penggunaan katalis pada kendaraan bermotor mampu mengurangi kadar emisi dengan parameter CO sebesar 75,16% dan parameter HC sebesar 55,65%, pada mobil uji nilai parameter hidrokarbon pada mobil uji sebesar 0 ppm. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik daya serap parameter emisi hidrokarbon (HC)

Untuk parameter karbon dioksida (CO_2) terdapat penurunan nilai, pada penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi mengalami penurunan nilai menjadi 11,6% dari 12,5%. Pada penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi mengalami penurunan nilai menjadi 12,0% dari 12,5%. Pada penggunaan adsorben bubuk kertas nilai parameter karbon dioksida tetap 12,5%. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat Gambar 7.



Gambar 7. Grafik daya serap parameter emisi karbon dioksida (CO₂)

Pada mobil uji starlet SE 1.3 dengan mesin karburator 2E-C dengan teknologi katalis, Pada mobil uji toyota starlet SE 1.3 tahun 1988 telah dipasang katalis tembaga yang berfungsi mengurangi kadar emisi dari kendaraan tersebut, sehingga emisi mobil uji sudah lebih sedikit kadar polutan udara yang di hasilkan. daya serap adsorben arang aktif daun trembesi berhasil mengurangi kadar emisi parameter (CO) sebesar 9,65%, untuk daya serap adsorben ekstrak daun trembesi berhasil mengurangi kadar emisi parameter (CO) sebesar 2,75%. Untuk adsorben bubuk kertas tidak terjadi penurunan emisi. Pada parameter hidrokarbon (HC) pengurangan kadar emisi tidak dapat diketahui, hal ini disebabkan kadar emisi hidrokarbon pada gas buang kendaraan 0 ppm.

Untuk parameter emisi karbon dioksida (CO₂), dapat dilihat penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi lebih efektif dibandingkan dengan adsorben ekstrak daun trembesi. Dimana adsorben arang aktif daun trembesi berhasil mengurangi kadar CO₂ sebesar 7,2%, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi berhasil mengurangi kadar CO₂ sebesar 0,32%, sementara untuk penggunaan adsorben bubuk kertas, nilai parameter emisi (CO) tidak mengalami penurunan.

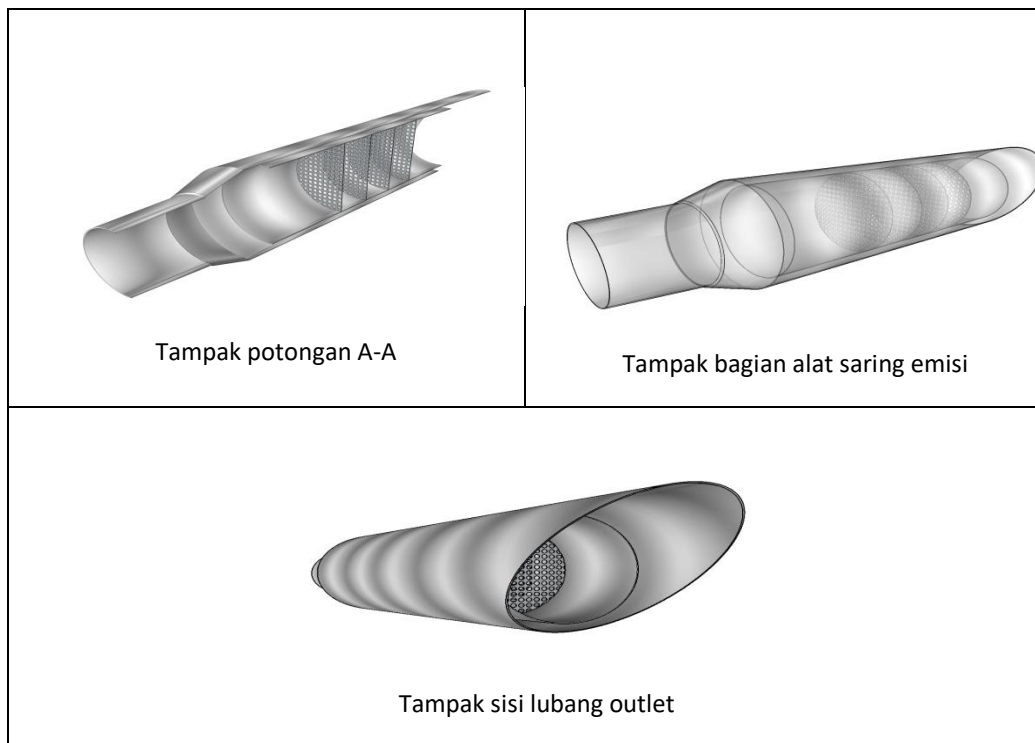
Alat saring emisi gas buang kendaraan bermotor didesain dengan bentuk yang estetis, ergonomis dan portable ketika digunakan pada kendaraan. Dalam pembuatan

alat saring emisi menggunakan bahan plat galvanis. Pemilihan penggunaan plat galvanis disebabkan galvanis merupakan jenis plat yang tahan terhadap pengaruh oksida, sehingga akan lebih awet dan tahan lama dalam penggunaannya. (Anam, dkk.2019). proses pelapisan *chrome* atau finishing logam dilakukan dengan cara pencelupan logam utama panas terhadap cairan logam chrome. Penggunaan lapisan chrome dikarenakan chrome dapat bereaksi dengan halogen, hidrogen klorida perkholat yang akan membentuk lapisan tipis, lapisan tipis chrome ini nantinya akan menghasilkan kepasifan sehingga akan tahan terhadap proses korosi pada besi.(Widi.2019).

Pipa dari plat galvanis didesain dengan bentuk bambu runcing, sehingga akan lebih menampilkan sisi estetik pada kendaraan ketika alat saring digunakan. Dengan ukuran panjang tabung 35 cm, diameter lubang inlet 2 inch dan diameter lubang outlet 3,5 inch. Dengan adanya perbedaan ukuran lubang inlet dan outlet ini, diharapkan agar alat saring bisa dipergunakan secara universal oleh segala ukuran pipa knalpot kendaraan bermotor, tanpa harus merusak pipa knalpot kendaraan tersebut.

Ram besi grill speaker sound system digunakan sebagai media untuk merekatkan adonan adsorben. Penggunaan ram besi ini dikarenakan memiliki ukuran lubang yang sama dengan diameter 8 mm, ketebalan 0,8 mm dan luas permukaan besi yang sama. Sehingga lapisan adsorben bisa dilubangin dengan mudah mengikuti lubang pada ram besi. Ram besi grill speaker dipotong menggunakan mesin bubut jenis Bosch GWS 060 4 inch, dengan ukuran diameter ram besi 8,5 cm, ukuran ini disesuaikan dengan diameter lubang outlet pada alat saring emisi kendaraan.

Untuk menyangga adsorben digunakan pipa besi galvanis yang pada umumnya dipakai untuk pemasangan sumur bor. Pipa besi galvanis memiliki diameter 2 inch, disesuaikan dengan lubang inlet alat saring emisi kendaraan. Desain alat saring dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 8. Desain alat saring emisi



Gambar 9. Alat saring

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi (*Samanea saman*) paling efektif dalam menurunkan kadar emisi gas buang kendaraan bermotor;
2. Adsorben arang aktif daun trembesi mampu menurunkan kadar emisi gas buang kendaraan bermotor sebesar 100% parameter karbon monoksida (CO) dan 36,29% parameter karbon dioksida (CO₂) pada mobil toyota agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I. Penurunan emisi gas buang kendaraan bermotor 9,65% parameter karbon monoksida (CO) dan 7,2% parameter karbon dioksida (CO₂) pada mobil toyota starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin karburator;
3. Alat saring emisi gas buang kendaraan didesain dengan bentuk universal sehingga bisa digunakan oleh banyak jenis kendaraan bermotor.

Adapun saran dan masukan dalam penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini dapat menjadi alternatif dalam mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor. Namun, diperlukan pengembangan mengenai durasi pemakaian adsorben;
2. Diperlukan pengujian pada kendaraan bermotor keluaran dibawah tahun 2007 yang tidak menggunakan katalis, agar diketahui kemampuan daya serap hidrokarbon (HC)

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, I. K. Setyo, N.A., Arnandi A. (2019). *Rancangan Bangun Body Gokart menggunakan Plat Galvanis*. Universitas Tidar. Magelang. RIDTEM.2(2).
- Badan Pusat Statistik.(2020). Statistik Indonesia 2020.
- Elvida, Desi.(2021). *Uji Efektivitas Nanopartikel Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata) Untuk Pengolahan Air Bersih*. Skripsi. Banda Aceh. UIN Ar-Raniry Banda Aceh

- Ikhwali, M. F., Pawattana, C., Nur, S., Azhari, B., Ikhsan, M., & Aida, N. (2022). Reviews , challenges , and prospects of the application of Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modelling System (HEC-HMS) model in Indonesia. *Engineering and Applied Science Research*, 49(5), 669–680. <https://doi.org/10.14456/easr.2022.65>
- Sandri S.L., Jensen F., Wallah S. (2011). *Tingkat pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro*. Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 1(2),119-126.
- Sentiyaki, A. Astuti, F. Imam, Yani S., Nurjannah N., Z. Sabara. (2018). *Alat Penyaring Karbon Monoksida Pada Knalpot Kendaraan Bermotor Dengan Menggunakan Adsorben Alami Ekstrak Daun Trembesi*. *Journal of Chemical Process Engineering* .3(1).