



EFEKTIVITAS ALAT PENYARING POLUTAN DENGAN ADSORBANSI ARANG AKTIF DAUN TREMBESI (*SAMANEA SAMAN*)

Mulyadi Abdul Wahid¹, Hadi Kurniawan¹, Al-Hafidh Rahman^{1*}

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

*e-mail: alhafidhrahman17@gmail.com

Abstract

The air existence on the surface of the earth is one of the important factors for the survival of living things on it. Indonesia's quality of ambient air has decreased and it is categorized as not good for sensitive groups. The biggest cause of air pollution comes from motor vehicles, of which 85% is from combustion in motorized vehicle engines. Trembesi is the most effective plant in adsorbing pollutant carbon in the air. Activated charcoal is the carbon that has better absorption of cations, anions and the molecules of organic and inorganic compounds. This study aims to create a pollutant filter equipment for CO and CO₂ made from Trembesi leaves activated charcoal. This research was conducted by creating an air pollutant filter with 3 different types of adsorbent, namely adsorbent made from paper pulp, trembesi leaves extract adsorbent, and trembesi leaves activated charcoal adsorbent. The data collection used 2 types of vehicles with different year of release and engines. The measurement of pollutant concentration using a Gas Analyzer instrument tester with Korean Iyasaka AET-4000Q type. The result of this study showed that the best adsorbent is activated charcoal from trembesi leaves with 100% adsorption of CO and 36,29% adsorption of CO₂ using 2018 Toyota Agya car Dual VVT-I engines with eco indicator technology, and for 1988 SE 1,3 Starlet car with a carburetor type engine successfully adsorb CO by 9,65% and 7,2% for CO₂.

Keywords: Trembesi Leaves (*Samanea saman*), Activated Charcoal, Carbon Monoxide (CO), Carbon Dioxide (CO₂).

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki laju kepadatan penduduk dengan angka 1,31% pada tahun 2010 hingga tahun 2019. Provinsi aceh memiliki angka laju pertumbuhan penduduk dengan angka 1,93 pada durasi waktu 2010 hingga 2019 (BPS. 2020). Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang meningkat menyebabkan penggunaan kendaraan juga semakin meningkat, dimana kendaraan bermotor hampir

menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat Indonesia. Dalam melakukan perjalanan jarak jauh maupun jarak tempuh yang tergolong singkat.

Pencemaran udara pada umumnya diakibatkan oleh polutan yang berasal dari kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor menghasilkan senyawa kimia seperti karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (Nox), Hidrokarbon (HC), Sulfur Dioksida (SO₂), Timbal (Pb) dan Karbon Dioksida (CO₂). Diantara beberapa jenis polutan yang berasal dari kendaraan bermotor karbon monoksida (CO) merupakan jenis polutan yang paling banyak dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Sandri dkk, 2018).

B. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di beberapa lokasi yaitu: (i) lokasi pengambilan sampel daun trembesi di perkarangan kompleks kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh. (ii) lokasi produksi arang aktif dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan lokasi produksi alat saring emisi gas kendaraan bermotor dilakukan di bengkel bubut kecamatan Baitussalam, Aceh Besar; (iii) lokasi pengujian emisi kendaraan bermotor dilakukan di Dinas Perhubungan Kota Banda Aceh UPTD Pemeriksaan Kendaraan Bermotor.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, oven, ayakan 100 *mesh*, neraca analitik, spatula, cawan petri, kertas saring, erlenmeyer dan *Gas Analyzer tester*.. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aquades, asam sulfat (H₂SO₄), daun trembesi, knalpot mobil bambu runcing *chrome*, ram besi *grill sound system*, tepung kanji, kertas HVS dan garam.

Pembuatan adsorben arang aktif daun trembesi

Daun trembesi dicuci dengan air dan dikeringkan selama 2 hari. Daun trembesi kering kemudian dihaluskan dengan blender. Daun trembesi diayak dengan ayakan 100 *mesh*. Serbuk daun trembesi ditimbang dengan neraca analitik seberat 500 gram. Serbuk daun trembesi kemudian dicampurkan dengan 800 ml H₂SO₄ 10%. Larutan diaduk dengan magnetic stirrer. Larutan didiamkan selama 24 jam. Larutan disaring dengan kertas *Whatman* no. 1. Larutan dioven selama 3 jam dalam suhu 115°C. Arang aktif

dicampurkan dengan bubur kertas dan tepung kanji dengan perbandingan 4:2:1. Adonan adsorben direkatkan pada ram jaring besi dengan ketebalan 0,5 cm. Adsorben kemudian dioven pada suhu 100°C selama 20 menit.

Pembuatan adsorben ekstrak daun trembesi

Daun trembesi dicuci dengan air dan dikeringkan selama 2 hari. Daun trembesi kering kemudian dihaluskan dengan blender. Daun trembesi diayak dengan ayakan 100 *mesh*. serbuk daun trembesi ditimbang dengan neraca analitik seberat 500 gram. Serbuk daun trembesi dicampur dengan bubur kertas dan tepung kanji dengan perbandingan 4:2:1. Adsorben ekstrak daun trembesi direkatkan pada ram jaring besi dengan ketebalan 0,5 cm. Adsorben kemudian dioven pada suhu 100°C selama 20 menit. (Sentyaki dkk., 2018).

Pembuatan adsorben bubur kertas

Bubur kertas dan tepung kani dicampurkan dengan perbandingan 2:1. Adonan adsorben bubur kertas direkatkan pada ram jaring besi dengan ketebalan 0,5 cm. Adsorben kemudian dioven pada suhu 100°C selama 20 menit.

Pembuatan bubur kertas

Kertas HVS 20 lembardipotong kecil dengan ukuran ± 3 cm. Potongan kertas direndam dengan air hangat 3 liter. Rendaman kertas ditambahkan 1 sdt garam. Rendaman didiamkan selama 2 hari. Disaring adonan dengan kain yang berpori besar. Ditiriskan adonan hingga kadar air berkurang.

Karakterisasi adsorben kulit pisang kepok

Perhitungan rendemen dengan membandingkan berat bahan baku kering dengan berat bahan setelah menjadi arang aktif (Desi, 2021)

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100\%,$$

dengan W_1 adalah massa kulit pisang kepok kering dan W_2 adalah massa karbon kulit pisang kepok.

Adsorben arang aktif sebanyak 1 gram ditempatkan dalam cawan porselin dengan bobot keringnya sudah diketahui, kemudian dikeringkan cawan berisi sampel dalam

oven dengan suhu 105 °C selama 3 jam dan kemudian didinginkan. Disimpan dalam desikator dan ditimbang untuk mengetahui kadar airnya (Desi, 2021).

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%,$$

dengan W_1 adalah bobot sampel sebelum pemanasan (gram) dan W_2 adalah bobot sampel setelah pemanasan (gram).

Pembuatan alat saring

Knalpot mobil bambu runcing *chrome* ditempa di bengkel bubut. Ram besi *grill sound system* dipotong dengan diameter 8,5 cm disesuaikan dengan ukuran tabung dari knalpot mobil bambu runcing *chrome*. Pipa besi glavanis ditempa di bengkel bubut dengan diameter 2 inch disesuaikan dengan ukuran lubang inlet dari knalpot bambu runcing *chrome*. Pipa besi glavanis dirongga menyilang sebagai tempat penyangga adsorben.

Proses pengukuran emisi gas buang kendaraan bermotor

Prosedur untuk mengetahui pengaruh adsorben bubuk kertas, adsorben ekstrak daun trembesi dan adsorben arang aktif daun trembesi dalam mengurangi emisi kendaraan adalah sebagai berikut:

1. Selang sensor *Gas Analyzer* tester dimasukkan pada lubang outlet alat saring selama 120 detik. Dicatat nilai parameter CO dan CO₂;
2. Dipasang alat saring dengan adsorben bubuk kertas, dipasang selang sensor *Gas Analyzer* tester dimasukkan pada lubang outlet alat saring selama 120 detik. Dicatat nilai parameter CO dan CO₂;
3. Langkah 2 diulang dengan mengganti adsorben menggunakan adsorben ekstrak daun trembesi dan adsorben arang aktif daun trembesi.

Efektivitas adsorben bubuk kertas, ekstrak daun trembesi dan arang aktif daun trembesi

Untuk mengetahui efektifitas penurunan polutan parameter Co dan CO₂ dari kendaraan bermotor pada setiap perlakuan baik menggunakan adsorben bubuk kertas, adsorben karbon aktif atau nanopartikel karbon aktif dapat di ukur dengan persamaan:

$$Ef(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

dengan Y_i adalah konsentrasi awal dan Y_f adalah konsentrasi akhir.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terdiri dari karakteristik mobil uji, hasil uji parameter emisi mobil uji, analisis karakteristik arang aktif daun trembesi, analisis efektivitas penyerapan parameter emisi mobil dengan menggunakan arang aktif daun trembesi, analisis efektivitas penyerapan parameter emisi mobil dengan menggunakan ekstrak daun trembesi, analisis efektivitas penyerapan parameter emisi mobil dengan menggunakan bubuk kertas.

Tabel 1. Hasil Analisis Baku Mutu Karbon Aktif

Uraian	Hasil Analisis Karbon Aktif (%)	Prasyarat Kualitas (%)
Rendemen	1,928	-
Kadar air	15	Maks.15

Hasil pembuatan ekstrak daun trembesi menjadi arang aktif daun trembesi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Penampakan fisik serbuk daun trembesi. a) sebelum dijadikan arang aktif, b) setelah dijadikan arang aktif

Hasil uji emisi mobil berdasarkan parameter Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan Karbon dioksida (CO₂) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian parameter emisi mobil sebelum dipasang alat saring.

Mobil /Mesin Tipe	Parameter	Hasil Uji
Agya tahun 2018/ Dual VVT-I (<i>Eco Indicator</i>)	Karbon Monoksida (CO)	0,38 %
	Hidrokarbon (HC)	0 ppm

Starlet SE 1.3 Tahun 1988/Karburator 2E-C (Katalis)	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.

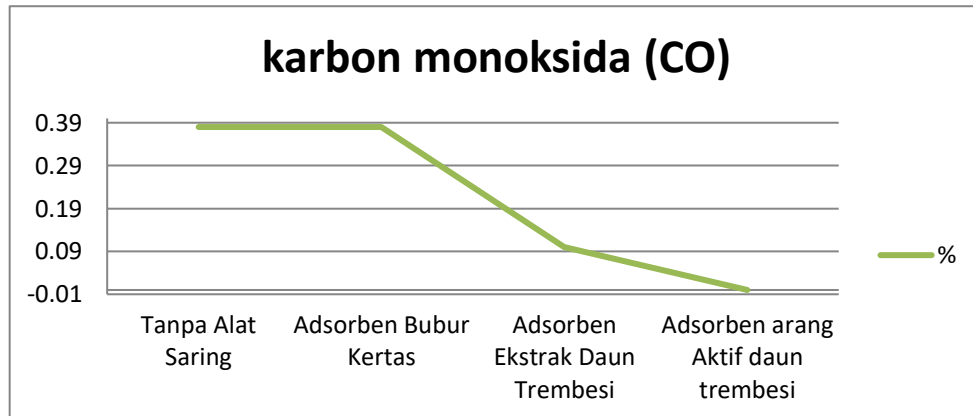
Hasil pengujian kadar air pada arang aktif daun trembesi memiliki nilai 15%, kandungan air pada arang aktif daun trembesi mengalami penurunan saat proses karbonisasi. Semakin sedikit persentase kadar air yang terdapat pada arang aktif maka semakin tinggi daya serap arang aktif terhadap pencemar. Menurut 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 *Eco Indicator*.

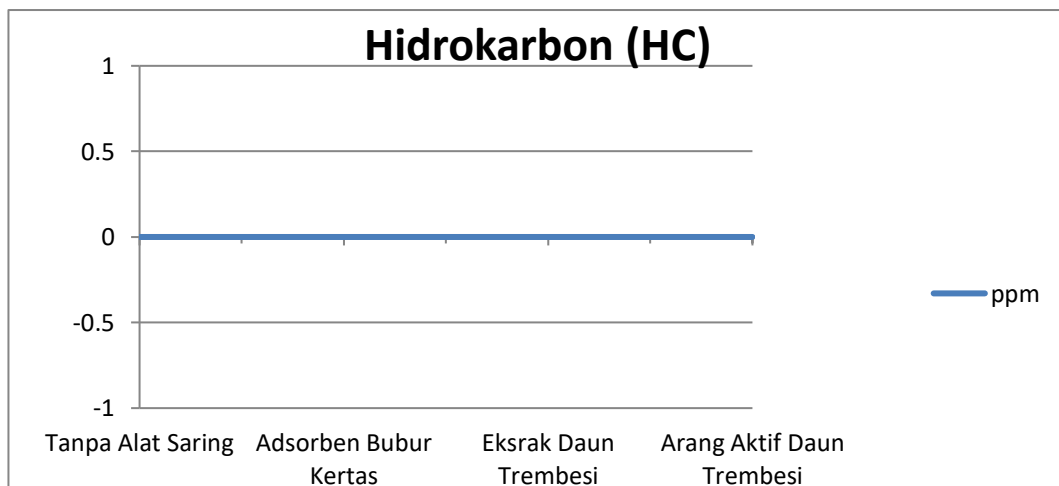
Parameter	Adsorben		
	Ekstrak daun trembesi	Arang aktif daun trembesi	Bubur kertas
Karbon monoksida (CO) %	0,10	0.00	0,38
Hidrokarbon Ppm	0	0	0
Karbon Dioksida (CO ₂) %	13,3	8,6	13,5

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 bubuk kertas tidak mengalami penurunan nilai. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 2.



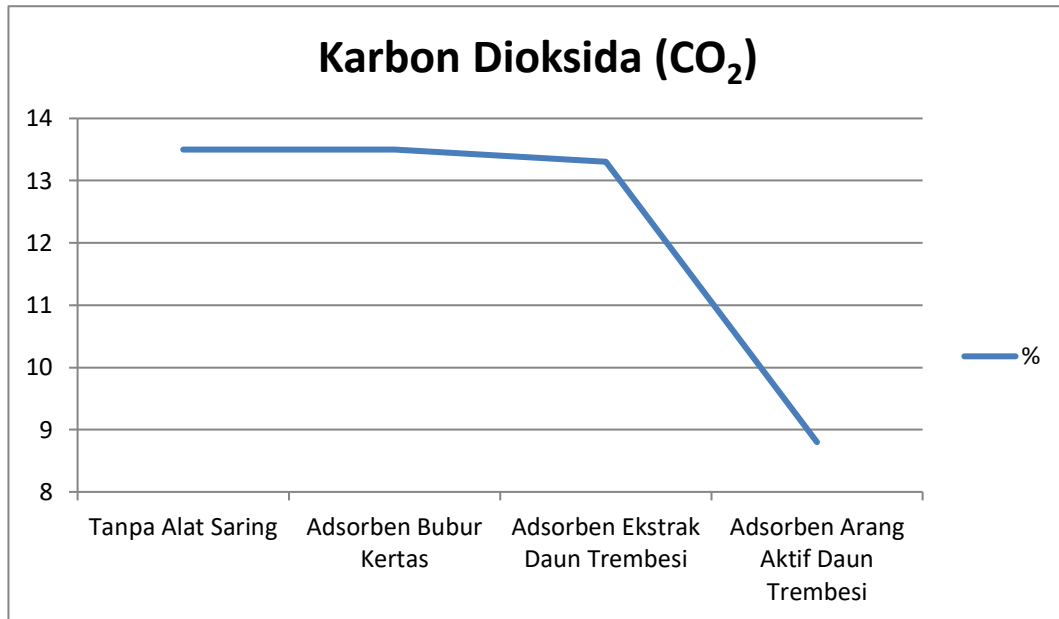
Gambar 2. Grafik daya serap parameter emisi karbon monoksida (CO)

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 (CO₂) 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 (CO₂)

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.

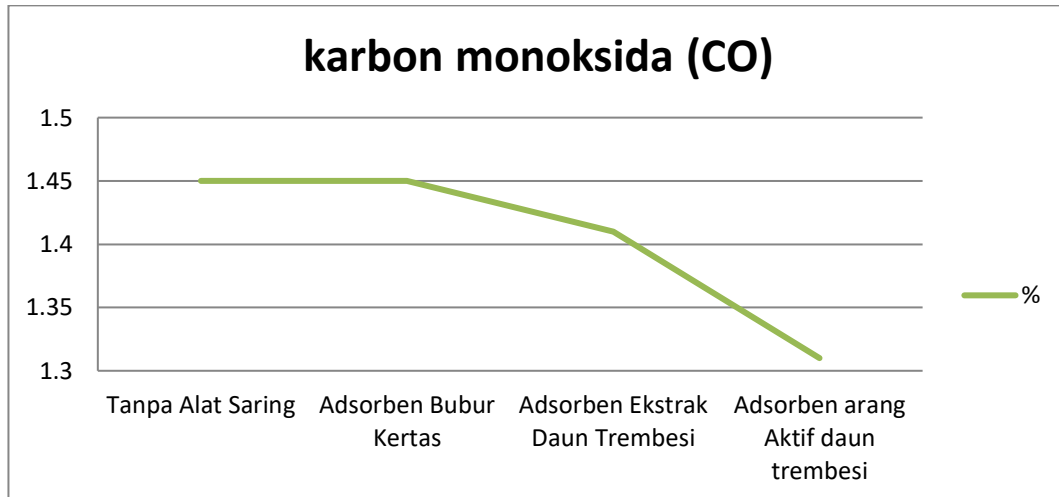
Hasil uji emisi mobil starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin tipe karburator dengan teknologi katalis, berdasarkan parameter Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan Karbon dioksida (CO₂) setelah dipasang alat saring dapat dilihat pada tabel 3.

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	Bubuk 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

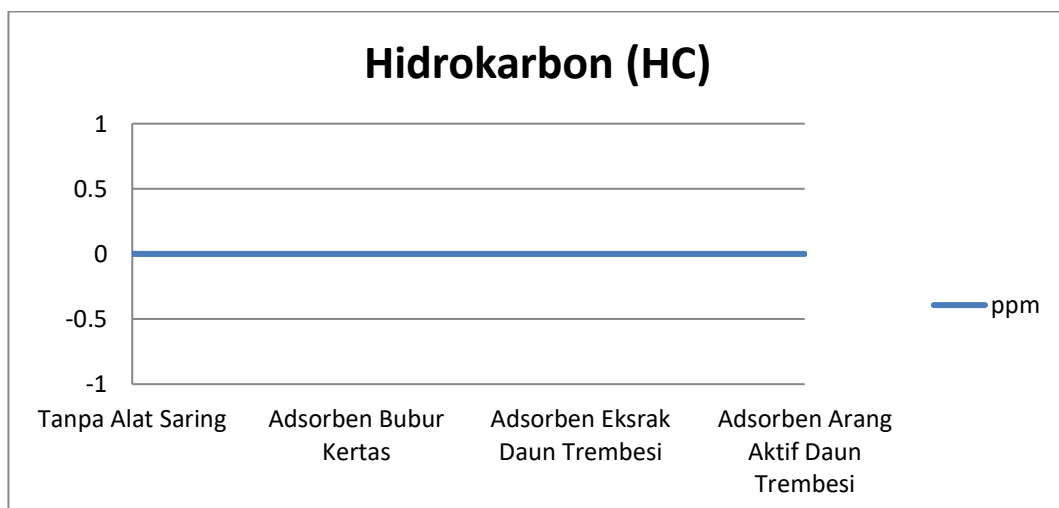
Besaran nilai parameter karbon monoksida (CO) pada mobil uji mengalami penurunan dari 1,45% menjadi 1,29% dengan menggunakan adsorben arang aktif daun trembesi, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi nilai parameter

mengalami penurunan dari 1,45% menjadi 1,41%, untuk penggunaan adsorben bubuk kertas tidak mengalami penurunan nilai. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 5.



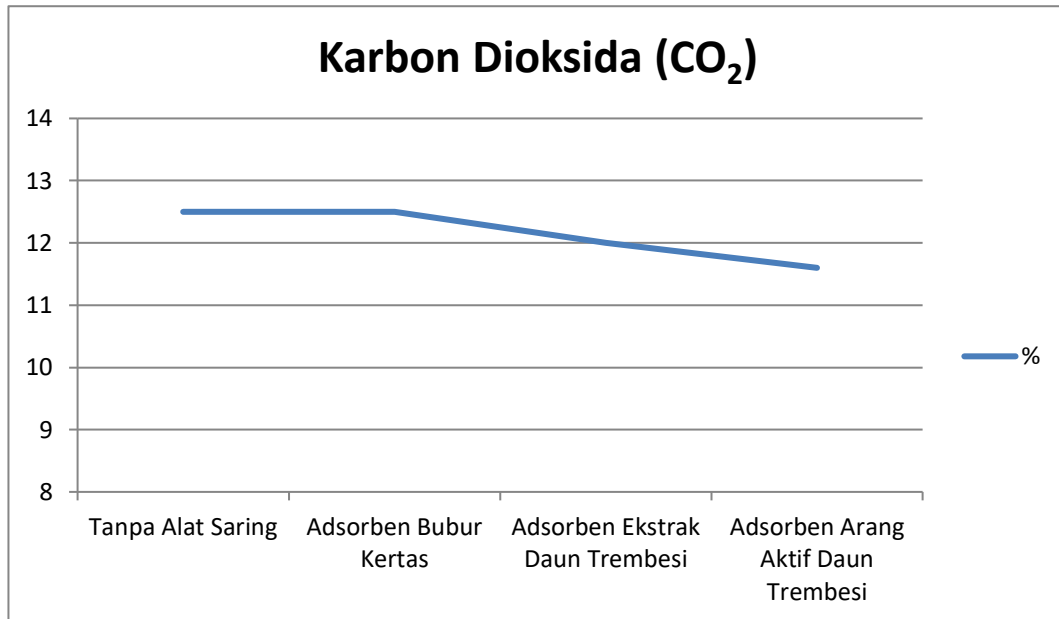
Gambar 5. Grafik daya serap parameter emisi karbon monoksida (CO)

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 (CO₂) 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.

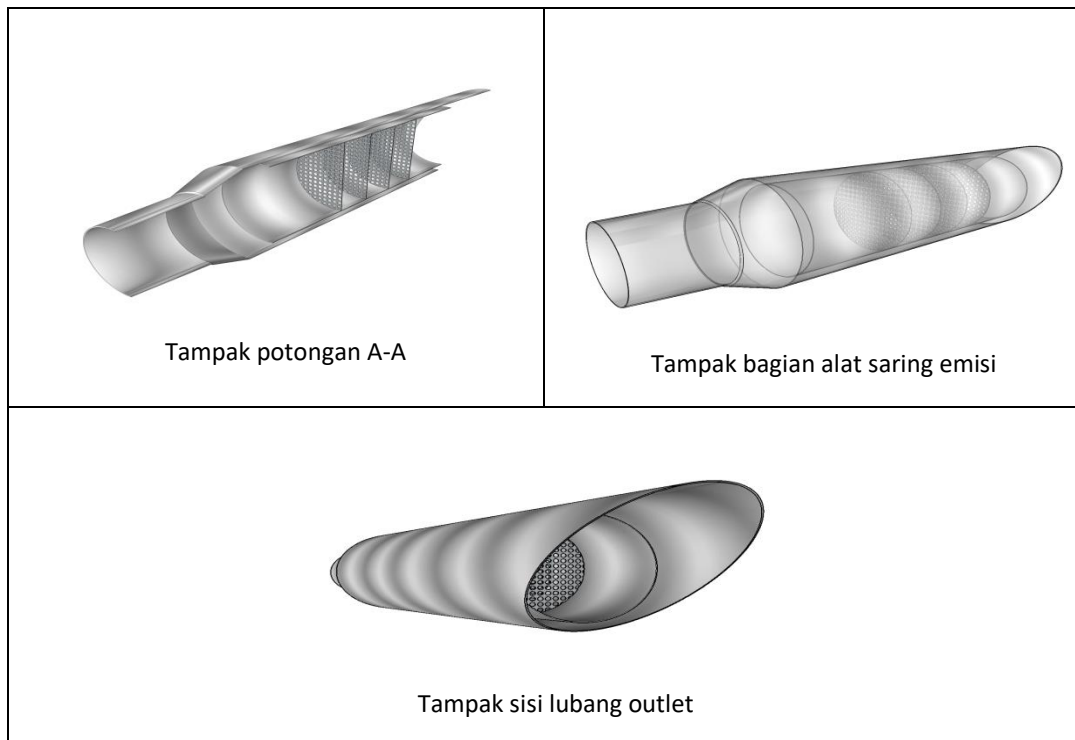
Alat saring emisi gas buang kendaraan bermotor didesain dengan bentuk yang estetis, ergonomis dan portable ketika digunakan pada kendaraan. Dalam pembuatan alat saring emisi menggunakan bahan plat galvanis. Pemilihan penggunaan plat galvanis disebabkan galvanis merupakan jenis plat yang tahan terhadap 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

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).