

Adsorpsi Gas CO Pada Gas Buang Sepeda Motor Menggunakan Biochar dari Cangkang Buah Karet

Nur Faizah^{1*)}, Aryo Sasmita¹⁾, Elvi Yenie¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

*Korespondensi: nurfaizah.ii67@gmail.com

Abstrak

Salah satu faktor dalam keberlangsungan hidup salah satunya udara. Penyumbang pencemaran udara terbesar dari emisi transportasi yang berdampak buruk untuk lingkungan dan kesehatan manusia. Upaya untuk mengurangi emisi dari transportasi khususnya sepeda motor yaitu menggunakan biochar. Biochar sering digunakan sebagai bahan untuk membuat adsorben. Biochar berbentuk endapan padat yang memiliki luas permukaan yang besar dan diperoleh dari dekomposisi termal biomassa tanpa menggunakan oksigen atau dalam kondisi oksigen terbatas yang mengandung karbon yang sehingga memiliki daya serap tinggi yang dapat digunakan sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk pada adsorben pada adsorpsi gas CO pada gas buang sepeda motor menggunakan biochar dari cangkang buah karet. Biochar dipersiapkan dengan proses karbonisasi pada suhu 500°C selama 1 jam menggunakan aktivator H₃PO₄ 10% dan pengayakan dengan saringan 100 mesh. Produk biochar kemudian diuji menggunakan analisis proksimat. Hasil analisis proksimat menunjukkan biochar telah memenuhi SNI 06-3730-1995 dengan nilai kadar air sebesar 5%; kadar abu 4,2%; volatile matter 4,5%; dan fixed carbon 86,3%. Hasil penelitian menunjukkan penyisihan tertinggi emisi gas CO pada sepeda motor terjadi pada pengujian pertama sebesar 73,768 % dengan bentuk tabung dan panjang media 3 cm. Nilai kapasitas adsorpsi terbaik terjadi pada pengujian pertama dengan panjang media biochar 3 cm yaitu sebesar 138,738 mg/g. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa biochar dari cangkang buah karet memenuhi standar kualitas dan dapat digunakan sebagai salah satu alternatif penyerap emisi gas dari sepeda motor.

Kata kunci: Adsorpsi, Aktivasi, Biochar, Cangkang buah karet, Gas emisi

Abstract

Biochar is often used as a material to make adsorbents. The largest contributor to air pollution is transportation emissions which have a negative impact on the environment and human health. Efforts to reduce emissions from transportation, especially motorized vehicles, are using biochar. Biochar is in the form of a solid precipitate which has a large surface area and is obtained from thermal decomposition of biomass without using oxygen or in limited oxygen conditions which contains carbon so it has a high absorption capacity which can be used as an adsorbent. This research aims to analyze the effect of variations in the shape of the adsorbent on the adsorption of CO gas in motorbike exhaust gas using biochar from rubber fruit shells. Biochar was prepared by carbonization process at 5000C for 1 hour using 10% H₃PO₄ activator and sieving with 100 mesh sieve. The biochar product was then tested using proximate analysis. Proximate analysis results show biochar complies with SNI 06-3730-1995 with a water content value of 5%; ash content 4.2%; volatile matter 4.5%; and fixed carbon 86.3%. The results showed that the highest allowance for CO gas emissions on motorbikes occurred in the first test of 73.768% with a tube shape and a media length of 3 cm. The best adsorption capacity value occurred in the first test with a length of 3 cm biochar media, namely 138.738 mg/g. The results of this study concluded that biochar from rubber fruit shells met quality standards and could be used as an alternative absorbent for gas emissions from motorcycles.

Keywords: adsorption, activation, biochar, rubber fruit shells, emission gas

1. PENDAHULUAN

Kualitas udara di indonesia semakin mengalami penurunan seiring dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor . Udara merupakan faktor yang sangat penting dalam keberlangsungan makhluk hidup, Namun aktivitas transportasi menjadi salah satu penyumbang pencemaran udara tertinggi di wilayah perkotaan. Emisi gas buang kendaraan bermotor

mengandung berbagai senyawa berbahaya seperti karbon monoksida (CO), nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen oksida (NO_x) yang berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Aktivitas kendaraan bermotor juga berkontribusi terhadap lingkungan yaitu efek rumah kaca yang mempercepat terjadinya pemanasan global dan akan memberikan dampak yang buruk terhadap iklim di bumi. Pada sisi kesehatan, Emisi kendaraan juga sangat berdampak pada kesehatan manusia, yaitu menyebabkan gangguan paru-paru, saluran pernapasan, hingga ke dalam peredaran darah yang menimbulkan disfungsi pada organ tubuh lainnya.

Secara garis besar sektor transportasi mengeluarkan emisi CO tertinggi sekitar 80,22 – 90% dari kendaraan bermotor. Konsentrasi emisi CO di udara dipengaruhi oleh aktivitas kendaraan bermotor yang semakin meningkat sehingga tingkat emisi gas CO semakin tinggi. Menurut Basri (2010) Upaya mengurangi emisi dari gas buang kendaraan bermotor dilakukan dengan adsorpsi emisi tersebut dengan pemanfaatan biochar. Biochar dapat menurunkan konsentrasi gas yang keluar karena memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi. Proses adsorpsi dilakukan sebelum gas buang keluar dari saluran buang kendaraan. Salah satu cara melakukan modifikasi pada knalpot motor dengan penambahan tabung adsorpsi yang berisi biochar. Menurut penelitian Febriyanti dkk, (2019) membuktikan bahwa biochar sebagai adsorben dapat dibuktikan dengan daya serap tertinggi yaitu 52,5% gas CO, 76,2% gas NO, 77,3% gas NO_x.

Biochar merupakan suatu produk jenis arang aktif yang kaya akan karbon dihasilkan dari limbah biomassa yang dipanaskan dengan udara atau tanpa udara. Biochar salah satu adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi. Biochar dibuat dari bahan yang mengandung banyak unsur karbon seperti kayu, batu bara, tulang (Pratama dkk., 2018). Bahan ini kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Cangkang buah karet dapat digunakan sebagai salah satu bahan baku pembuatan Biochar (Zulfadhli dan Iriany, 2017). Kandungan lignin 33,54% dan selulosa 48,64 % yang ada pada cangkang buah karet tersebut bisa dimanfaatkan sebagai *biochar*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Desi dkk, 2015) dan (Meilianti, 2017) yang memanfaatkan cangkang buah karet sebagai salah satu bahan pembuatan *biochar*.

Biochar yang dibuat dari cangkang buah karet memiliki karakteristik fisik dan kimia yang dapat diketahui melalui pengujian kadar air, kadar abu, zat menguap, serta kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Selain itu, dilakukan uji daya serap dengan menggunakan larutan aktivator asam fosfat (H₃PO₄) serta pembakaran pada suhu tertentu. Menurut Meilianti (2018), peningkatan suhu karbonisasi akan menghasilkan struktur pori yang lebih berkembang sehingga meningkatkan daya serap biochar terhadap gas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas

adsorpsi biochar dari cangkang buah karet dalam menyerap emisi gas karbon monoksida (CO) dari gas buang sepeda motor.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa Cangkang Buah Karet (*Hevea Brasiliensis*) yang diperoleh dari kebun masyarakat di Desa Sungai Pakning, Kabupaten Bengkalis, Riau. Bahan kimia yang digunakan meliputi Asam Fosfat (H_3PO_4) 10% sebagai aktivator kimia, tepung kanji 10% sebagai perekat, dan akuades untuk pencucian. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain furnace untuk proses karbonisasi, oven pengering, ayakan 100 mesh, alat pres hidrolik (*hydraulic press*) untuk pencetakan biochar, *gas analyzer* untuk mengukur kadar CO, serta tabung adsorpsi yang dipasang pada sistem knalpot sepeda motor (pemakaian ± 10 tahun).

2.2 Tahapan Penelitian

2.2.1 Proses Karbonisasi dan Aktivasi dari Cangkang Buah Karet

Cangkang buah yang digunakan sebagai bahan baku memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan biochar karena kandungan karbon yang sangat besar. Berdasarkan penelitian Arofah (2019), komposisi kimia utama dari cangkang buah karet ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan bentuk fisiknya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Cangkang Buah Karet

Tabel 1. Komposisi yang Terkandung Dalam Cangkang Buah Karet

Komponen Penyusun	Presentase (%)
Selulosa	48,64
Lignin	33,54
Pentosan	16,81
Kadar Abu	1.25
Kadar Silika	0,52

Sumber: Arofah, 2019

Kandungan selulosa dan lignin yang tinggi mendukung terbentuknya struktur biochar dengan porositas yang baik, sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap gas CO. Dalam melakukan penelitian dari cangkang buah karet sebagai bahan utama disiapkan. Cangkang buah karet diperoleh dari perkebunan karet di desa kampung jawa kelurahan Sungai Pakning kabupaten Bengkalis. Tahapan pembuatan biochar dimulai dengan pencucian bahan baku hingga bersih, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Setelah kering, cangkang buah karet dihancurkan untuk mengoptimalkan proses pembakaran.

Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 500°C selama 1 jam menggunakan furnace. Pada tahap aktivasi kimia, karbon ditambahkan dengan larutan Aktivator H₃PO₄ 10% dengan penambahan cangkang buah karet dengan rasio impregnasi 3/1 (w/w) selama 24 jam (Miranti, 2012). Rasio impregnasi ditentukan sebagai rasio berat larutan H₃PO₄ 10% terhadap berat karbon dari cangkang buah karet kering. Residu dicuci dengan akuades hingga pH 7 (Jaya, 2014). Kemudian karbon disaring dan dikeringkan pada suhu 105° C hingga berat karbon konstan (Arofah, 2019). Kemudian dilakukan penyaringan dengan ayakan ukuran 100 mesh, untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Biochar yang dihasilkan selanjutnya diuji karakteristik fisik dan kimianya melalui analisis proksimat sesuai SNI 06-3730-1995, meliputi kadar air, kadar abu, zat menguap, dan karbon terikat.

2.2.2 Karakteristik Biochar Cangkang Buah Karet

Karakteristik biochar dari cangkang buah karet ditentukan melalui uji proksimat untuk mengetahui sifat fisik dan kimianya. Pengujian ini meliputi penentuan kadar air, kadar abu, zat menguap (*volatile matter*), serta kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Uji dilakukan berdasarkan SNI 06-3730-1995 sebagai standar analisis karbon aktif. Parameter kualitas karbon aktif yang digunakan sebagai acuan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Parameter Kualitas Karbon Aktif

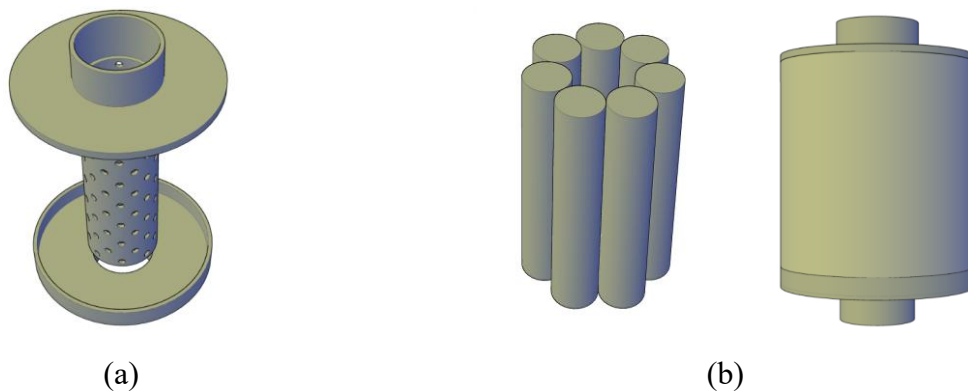
Parameter	Persyaratan (%)
Kadar Air	Maks. 15
Kadar Zat Menguap	Maks. 25
Kadar Abu	Maks. 10
Kadar Karbon Terikat	Min. 65

Sumber: SNI 06-3730-1995

2.3 Pembuatan Tabung Adsorpsi

Tabung adsorpsi digunakan untuk menempatkan media adsorben biochar yang berfungsi menyerap gas buang kendaraan bermotor, khususnya gas karbon monoksida (CO). Tabung ini dirancang agar aliran gas buang dapat melewati media biochar secara merata, sehingga proses adsorpsi berlangsung optimal.

Desain tabung adsorpsi terdiri dari modul utama sebagai wadah media biochar dan penutup atas-bawah tabung yang dapat dilepas untuk memudahkan pengisian serta pembersihan media. Bahan tabung dibuat dari pipa besi berdiameter 2 inci dan panjang 20 cm, dengan saringan kawat halus (mesh) pada kedua ujungnya untuk menahan biochar agar tidak ikut terbawa aliran gas. Rancangan tabung adsorpsi dan komponen penyusunnya dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Rancangan tabung adsorpsi (a) modul adsorben, (b) penutup atas-bawah tabung.

2.4 Pencetakan Adsorben

Pencetakan adsorben dilakukan menggunakan alat hydraulic press yang dilengkapi pemanas pada cetakan dengan tekanan sebesar 10 ton. Cetakan yang digunakan berjumlah 25 buah dengan ukuran 5 × 5 cm. Proses pencetakan bertujuan untuk membentuk biochar menjadi media padat yang kompak dan seragam, sehingga mudah dipasang di dalam tabung adsorpsi. Sebelum proses pencetakan, biochar hasil aktivasi dicampur dengan larutan perekat kanji sebanyak 10% dari berat biochar (Redha dkk., 2018). Campuran tersebut diaduk hingga homogen untuk

memastikan distribusi perekat merata, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipress selama beberapa menit hingga terbentuk pelet biochar padat.

Adsorben yang telah dicetak kemudian dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan untuk menurunkan kadar airnya sebelum dimasukkan ke dalam tabung adsorpsi yang telah dirancang sebelumnya. Proses ini menghasilkan biochar berbentuk pelet dengan kekuatan mekanik yang baik dan siap digunakan dalam uji penyerapan gas CO.

2.5 Penyerapan Gas CO (SNI 19-7118.3-2005)

Proses pengambilan sampel gas karbon monoksida (CO) dilakukan menggunakan alat *Gas Analyzer GUT 4-Gas Automotive Emission Analyzer* (Model GASBOARD 4029, GUT, China) dengan rentang pengukuran CO sebesar 0–100%. Alat ini bekerja dengan prinsip *Non-Dispersive Infrared* (NDIR) dan dilengkapi sistem *auto-calibration* serta *automatic leak test* untuk menjaga akurasi hasil pengukuran. Pengujian dilakukan sesuai SNI 19-7118.3-2005 pada kondisi kendaraan dan lingkungan yang terkontrol. Kendaraan ditempatkan pada posisi datar dengan pipa gas buang tidak bocor, temperatur mesin normal, dan suhu ruang pengujian antara 20°C–35°C. Seluruh sistem aksesoris kendaraan seperti lampu dan pendingin dalam keadaan mati. Sebelum pengujian, alat dikalibrasi sesuai prosedur pabrikan. Pengujian dimulai dengan meningkatkan putaran mesin (akselerasi) hingga 1.900–2.100 rpm selama 60 detik, kemudian dikembalikan ke kondisi *idle* (800–1.400 rpm). Pada kondisi *idle*, probe pengukur gas dimasukkan ke dalam pipa gas buang sedalam ± 30 cm, kemudian dibiarkan selama 20 detik hingga pembacaan alat stabil. Konsentrasi gas CO yang terukur ditampilkan langsung pada layar alat dalam satuan persentase (%), dan data hasil pengukuran ini digunakan untuk menentukan efisiensi adsorpsi gas CO oleh media biochar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Biochar Cangkang Buah Karet

Hasil uji karakteristik biochar cangkang buah karet dilakukan melalui analisis uji proksimat dengan metode gravimetri, yang meliputi pengujian Kadar air, kadar abu, kadar zat menguap dan kadar karbon terikat (*Fixed Carbon*). Nilai *fixed carbon* dihitung secara tidak langsung, yaitu 100% dikurangi kadar air, kadar abu, kadar zat menguap. Pada penelitian ini dihasilkan *biochar* dengan karakteristik kadar air 5%, kadar abu 4,2%, kadar *volatile matter* 10,5%, yang lebih tinggi dan kadar *fixed carbon* 73,8% dan telah memenuhi ketentuan standar baku mutu SNI 06-3730-1995.

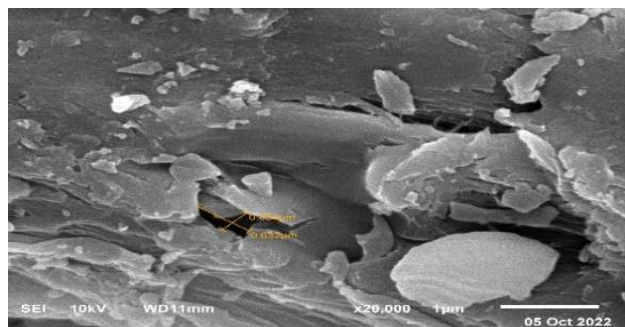
Tabel 3. Hasil Uji Karakterisasi *biochar* dari Cangkang Buah Karet

Parameter	Faizah, 2022	SNI 06-3730-1995
Kadar Air	5,0 %	Max 15%
Kadar Abu	4,2 %	Max 10%
<i>Volatile Matter</i>	10,5 %	Max 25%
<i>Fixed Carbon</i>	73,8 %	Min 65%

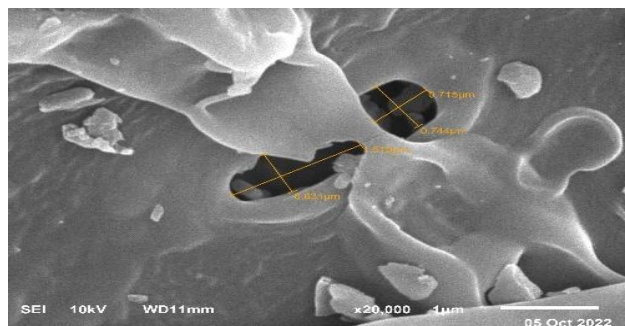
Sumber: Data diolah dari hasil uji proksimat

3.2 Identifikasi Pori Biochar Cangkang Buah Karet

Hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilihat pada gambar 2 berikut.



(a)



(b)

Gambar 2. Bentuk Morfologi *biochar* (a) Tanpa Perekat dan (b) Menggunakan perekat

Identifikasi struktur permukaan pori ini bertujuan untuk mengetahui topografi permukaan bahan akibat perubahan suhu karbonisasi dan aktivasinya. Pada umumnya, lignin mampu mempertahankan struktur morfologi biomassa yang memiliki kandungan ester dan eter dengan ikatan silang, namun pada proses impregnasi dan aktivasi serta struktur lignin dan dinding sel menjadi hancur yang membentuk pori dari *biochar* yang berbeda dengan Struktur morfologi bahan baku (Efiyanti dkk, 2020). Struktur dari cangkang buah karet yang telah diberi perekat memiliki struktur pori lebih besar dibandingkan dengan tanpa menggunakan perekat. Hasil

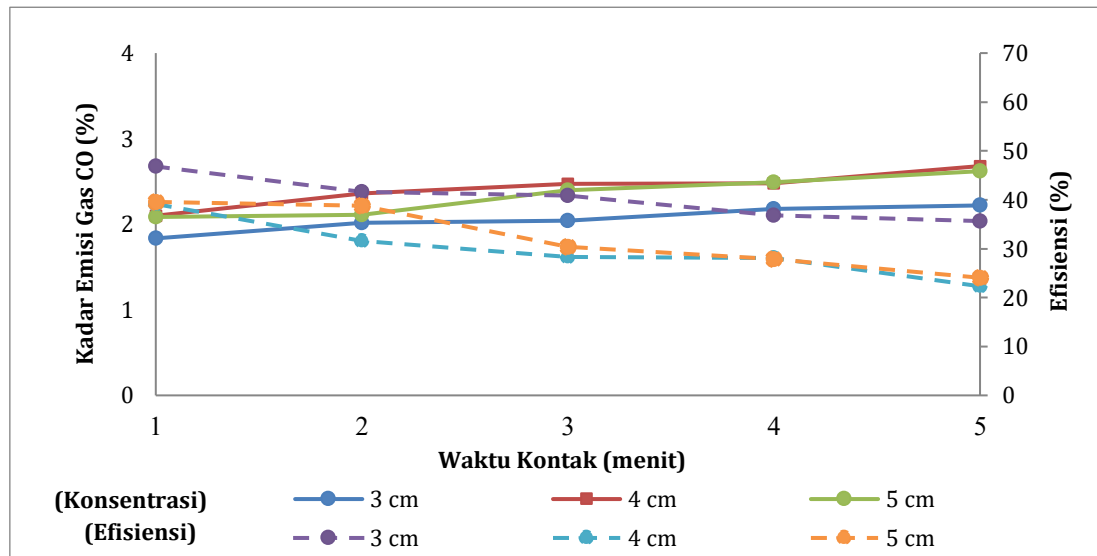
analisis SEM *biochar* menunjukkan bahwa pori cangkang buah karet yang telah menggunakan perekat sebesar (0,631 μm – 1,510 μm) dan *biochar* tanpa menggunakan perekat sebesar 0,354 μm - 0,632 μm .

Menurut Wibowo (2011) Proses Aktivasi arang dapat menyebabkan peningkatan jumlah dan diameter pori pada *biochar*. Selain pada penggunaan H_3PO_4 pada konsentrasi 10% dapat menyebabkan pori-pori menjadi lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa H_3PO_4 dapat mengurangi senyawa - senyawa hidrokarbon yang masih menempel pada permukaan adanya penguapan zat terbang dari bahan baku akibat proses karbonisasi menyebabkan komponen bahan pori-pori menjadi lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa H_3PO_4 dapat mengurangi senyawa - senyawa hidrokarbon yang masih menempel pada permukaan adanya penguapan zat terbang dari bahan baku akibat proses karbonisasi menyebabkan komponen bahan terdegradasi menghasilkan produk gas. Secara keseluruhan *biochar* dari cangkang buah karet termasuk ke dalam struktur mikropori.

Biochar yang menggunakan perekat memiliki ukuran pori yang lebih besar sehingga luas permukaan kontak dengan gas akan meningkat. Kondisi ini membuat proses penyisihan CO lebih efisien. Hasil Uji Penyisihan CO oleh *biochar* dari Cangkang Buah Karet (Gambar 3) menunjukkan bahwa *biochar* dengan perekat mampu menyerap CO lebih baik dibandingkan *biochar* tanpa perekat.

3.3 Pengaruh Panjang Adsorben terhadap Efisiensi Penyisihan Emisi CO

Hasil dari pengujian emisi gas buang menggunakan *biochar* diperoleh hubungan antara pengaruh bentuk adsorben dengan penyisihan emisi CO. Jumlah penyisihan dan efisiensi CO dengan menggunakan bentuk tabung oleh *biochar* dari cangkang buah karet dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Hasil Uji Penyisihan CO oleh *biochar* dari Cangkang Buah Karet

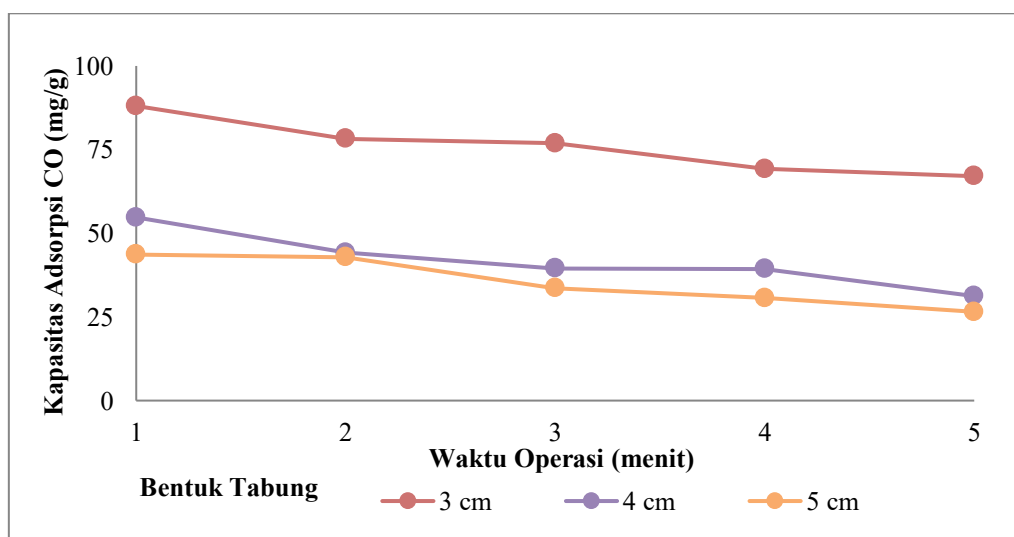
Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan peningkatan konsentrasi emisi CO dan penurunan efisiensi penyisihan emisi CO. Penyisihan emisi CO pada pengujian pertama mengalami penurunan emisi dan bertahap mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu operasi. Pada menit pertama terjadi penurunan emisi CO sehingga didapatkan nilai untuk variasi panjang adsorben 3 cm, 4 cm, dan 5 cm berturut turut yaitu 1,84%; 2,10%; dan 2,09% serta mengalami peningkatan setiap menit hingga menit ke-5 yaitu 2,22 %; 2,68% dan 2,62%. Hasil penelitian menunjukkan nilai emisi CO terendah terjadi pada pengujian pertama dengan panjang adsorben 3 cm yaitu 1,84% dan nilai emisi tertinggi terjadi pada pengujian ke-5 dengan panjang adsorben 4 cm yaitu 2,68%. Sehingga didapatkan persentase penyisihan CO pada Pengujian pertama dengan variasi panjang adsorben 3; 4; dan 5 cm yaitu 46,812%; 39,130%; dan 39,565% dan pada menit ke- 5 sebesar 35,65%; 22,32%; dan 24,06%.

Pada penelitian ini, hasil uji efisiensi penyisihan CO tertinggi terjadi pada pengujian pertama dengan panjang adsorben 3 cm yaitu sebesar 46,812% dan penyisihan terendah pada pengujian ke-5 dengan panjang adsorben 4 cm yaitu 22,32%. Dari data penyisihan diatas dapat dilihat terjadinya penurunan penyisihan emisi CO setiap bertambahnya waktu operasi, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Redha, (2018) tentang pengujian emisi gas CO bahwa pada waktu awal proses dengan *biochar* yang masih dalam keadaan segar (belum menyerap emisi), emisi yang terukur akan mengalami penurunan sehingga pada interval waktu tertentu kadar emisi gas CO mulai mengalami peningkatan kembali. Hal ini menunjukkan bahwa adsorben mulai mencapai titik jenuh sehingga proses penyerapan emisi gas CO semakin berkurang dan lama kelamaan tidak terjadi penyerapan kadar emisi gas CO. Hal ini juga dapat

terjadi karena semakin banyaknya gas CO yang terserap dalam adsorben, maka luas permukaan adsorben semakin berkurang yang menyebabkan *biochar* tidak mampu mengadsorpsi gas CO lagi yang disebabkan adsorben telah mengalami kondisi jenuh. Hal menyebabkan terjadinya desorpsi, yaitu CO yang telah diserap oleh adsorben akan dilepaskannya kembali sehingga emisi CO pada kendaraan menjadi naik kembali. (Faradilla dkk, 2016).

Menurut penelitian Syauqiah dkk (2011), semakin lama waktu kontak maka kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena adanya waktu kontak yang lama antara adsorben dengan adsorbat yang memungkinkan semakin banyak terbentuk ikatan antara partikel adsorben dengan adsorbat hingga mencapai titik setimbang, akan tetapi waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang terlalu lama dapat menyebabkan kondisi adsorben menjadi jenuh dan adsorbat menjadi terlepas (Zian dkk, 2016). Hal ini sejalan dengan penelitian Syahbana (2021) yang melakukan penelitian tentang pengurangan emisi karbon monoksida pada emisi sepeda motor dengan variasi waktu kontak (0-280 detik) yang pengukuran dilakukan per 20 detik. Hasil penelitian yaitu efisiensi gas CO mencapai 80,809% pada waktu kontak 20 detik. Gambar 4 menunjukkan penurunan nilai kapasitas adsorpsi CO pada setiap variasi bentuk adsorben.

Penelitian ini dilakukan percobaan dalam 3 kali pengulangan, dan nilai yang di sajikan merupakan rata-rata. Namun karena keterbatasan penelitian, variasi data masih cukup besar. Hasil ini bersifat indikatif karena uji penyisihan CO belum dilakukan dengan pengulangan yang memadai. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan jumlah ulangan lebih banyak untuk memperoleh hasil yang representative.



Gambar 4 Perbandingan Kapasitas Adsorpsi *biochar* Cangkang Buah Karet terhadap Panjang Media, dan Waktu Operasi Penyerapan

Kapasitas adsorpsi gas CO pada pengujian pertama berturut-turut dengan variasi bentuk tabung pada media 3 cm, 4 cm, dan 5 cm yaitu 88,040 mg/g; 54,739 mg/g; dan 43,629 mg/g dan variasi bentuk bulat pada media 3 cm; 4 cm; dan 5 cm yaitu 83,951 mg/g; 31,019 mg/g. Selanjutnya menurun setiap menit hingga pada menit ke-5 kapasitas adsorpsi menjadi 67,052 mg/g; 31,222 mg/g; dan 26,529 mg/g. Dari hasil perhitungan kapasitas adsorpsi didapatkan nilai terbaik pada pengujian pertama dengan bentuk tabung dan panjang adsorben 3 cm yaitu 88,040 mg/g dan nilai kapasitas adsorpsi terendah pada pengujian ke-5 dengan dengan bentuk bulat panjang adsorben 5 cm yaitu sebesar 9,589 mg/g.

Pada penelitian ini, terdapat pengaruh bentuk (luas permukaan adsorben) terhadap massa adsorben yang nantinya akan mempengaruhi nilai kapasitas adsorpsi, maka adsorben dengan panjang 3 cm memiliki perbandingan yang lebih besar. Sedangkan penurunan kapasitas adsorpsi terhadap waktu Operasi dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian Jaya (2014), yaitu karena bergesernya zona adsorpsi ke bagian bawah oleh adsorbat dalam hal ini emisi CO ditandai dengan peningkatan konsentrasi effluen atau penurunan penyisihan emisi CO. Meningkatnya luas permukaan adsorben menyebabkan potensi permukaan berinteraksi dengan adsorben akan lebih besar. Menurut Da Motta (2014), bahwa daya serap adsorpsi dapat ditentukan oleh luas permukaan dari adsorben tersebut. Besarnya adsorpsi juga sebanding dengan luas permukaan. Semakin kecil bentuk adsorben tersebut, maka semakin besar luas permukaannya. Makin besar luas permukaan adsorben, maka semakin besar pula adsorpsi yang terjadi. Hal ini menunjukkan adanya hubungan langsung antara bentuk adsorben, luas permukaan, dan waktu operasi. Namun, Hasil kapasitas adsorpsi yang ditunjukkan pada gambar 4 hanya berdasarkan pengujian terbatas sehingga variasi data belum sepenuhnya memadai, sehingga data belum dapat dia analisis secara komprehensif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa biochar dari cangkang buah karet memenuhi persyaratan biochar berdasarkan SNI 06-3730-1995, dengan kadar air 5%, kadar abu 4,2%, volatile matter 4,5%, dan fixed carbon 86,3%. Persentase penyisihan emisi CO terbaik diperoleh pada pengujian pertama dengan panjang media 3 cm sebesar 46,812%, sedangkan persentase terendah terjadi pada panjang media 5 cm sebesar 24,06%. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh panjang adsorben dan cenderung menurun seiring bertambahnya waktu operasi, dengan nilai kapasitas adsorpsi CO tertinggi sebesar 88,040 mg/g pada panjang adsorben 3 cm dan terendah sebesar 26,529 mg/g pada panjang adsorben 5 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J. Artauli., F. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara. *Prosiding Snfur-4*, Vol 2(2), 978–979.
- Arif, A. Rahman. 2014. Adsorpsi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (*Pangium Edule*) Terhadap Penurunan Fenol. Skripsi. UIN Alauddin Makassar
- Arofah, S., M. Naswir., dan Yasdi. (2019). Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet dengan Aktivator H_3PO_4 untuk Adsorpsi Logam Besi (III) dalam Larutan. *Jurnal Engineering*. Vol. 1 (2), A-ISSN: 2461-0526, E-ISSN: 2623-1522.
- Basri, I. S. (2010). Pencemaran udara dalamantisipasi teknis pengelolaan sumberdaya lingkungan. *SMARTek*, Vol 8, 120–129.
- Da Motta, De Oliveira, Iz., De Castro, Adilson, J., Casqueira.D., Rui., De Oliveira .J., Gomes, Angelo. (2014). Study of electroflotation method for threatment of wastewater. *Journal of Materials Research and Technologi*.
- Desi., Andi, S., dan Rananda, V. (2015). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea Brasilliensis*).*ProsidingSEMIRATA*.MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura, Pontianak . 294-303.
- Faradilla, A.R.,Ulinawati, H. E. S. (2016). Pemanfaatan *Fly ash* Sebagai Adsorben Karbon Monoksida Dan Karbon Dioksida Pada Emisi Kendaraan Bermotor. *Seminar Nasional Cendekiawan*. Vol 1 (8).
- Jaya, F. T. (2014). Adsorpsi Emisi Gas CO, NO, dan NO_x menggunakan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*) pada Kendaraan Bermotor Roda Empat. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Meilianti. (2017).Karakteristik Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H_3PO_4 . *Jurnal Distilasi*, Vol. 2 (2), 1-9.
- Pekanbaru Dalam Angka. (2018). Kota Pekanbaru Dalam Angka 2018. Pekanbaru: Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru. ISSN: 0215-3874. Pekanbaru Dalam Angka. (2020). Kota Pekanbaru Dalam Angka 2020. Pekanbaru: Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru. ISSN: 0215-3874.
- Pratama, B. S., Aldriana, P., Bambang, I., & Saptati, A. . D. (2018). Konversi Ampas Tebu Menjadi Biochar dan Karbon Aktif untuk Penyisihan Cr (VI). *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 2(1), 7–12.

- Redha, F., Rio, J., dan Ida, H. (2018). Penyerapan Emisi CO dan NO_x pada Gas Buang Kendaraan Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Cangkang Biji Kopi. *Jurnal Biopropal Industri*. Vol. 9 (1).37-47.
- SNI 06-3730-1995. (1995). *Arang Aktif Teknis*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Syahbana, R. F, A. Sasmita, E. Hasibuan. (2021). Analisis Kadar Air Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet. *JOM FTEKNIK*, Vol 8, 8–10.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H.A. (2011). Analisis Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *INFO TEKNIK*, 12(1).
- Wibowo, S., Daniel, P. O. L, Mohammad, K., dan Gustan, P. (2017). Karakterisasi Karbon Pelet Campuran Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum* Scumach) dan Tempurung Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 35 (1). 78-8.
- Zian, dkk. (2016). Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben Nata de Coco. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2), 2337-3520.
- Zulfadhli, M. (2017). Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet (*Hevea Brasilliensis*) dengan Aktivator H₃PO₄ dan Aplikasinya Sebagai Penyerap 49 Cr(VI). Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.