

Sistem Filtering Berbahan Daun Mangga Untuk Emisi Partikulat Matter_{2,5}

Mango Leaf Filtering System For Particulate Matter 2.5 Emission

Purnama Sidebang, Alda Safitri, Rahdatia Magvira S Tarafannur, Ainurrahma Said, Nabila K Mafud, Gazali M Lahe

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Ternate, Maluku Utara

Abstrak

Pertumbuhan industri kendaraan pertahun berpotensi memacu pertumbuhan ekonomi, namun juga dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Dampak negatif yang dapat membahayakan kesehatan manusia adalah pencemaran udara, baik pencemaran udara dalam ruang maupun pencemaran udara di luar ruangan. Particulate Matter berukuran 2,5 μm (PM_{2,5}) merupakan polutan udara berukuran sangat kecil yang dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti gangguan pada saluran pernafasan jika terpapar PM_{2,5} melebihi baku mutu dan terus menerus (55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk baku mutu harian dan 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk baku mutu tahunan). Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektifitas alat sistem penyaringan berbahan daun mangga dan karbon aktif dalam menurunkan emisi PM_{2,5}. Penelitian ini merupakan penelitian pra-eksperimen dengan desain metode *one group pre-post test design*. Populasi dalam penelitian ini adalah emisi partikulat PM_{2,5} yang berasal dari dua emisi kendaraan bermotor, sumber emisi 1 (kendaraan bermotor roda dua keluaran lama) dan sumber emisi 2 (kendaraan bermotor roda dua keluaran baru). Data PM_{2,5} dikumpulkan menggunakan alat EVM-7. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi PM_{2,5} pada sumber emisi 1 dan sumber 2 masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Hasil juga menunjukkan adanya penurunan konsentrasi PM_{2,5} sebelum dan sesudah dipasang saringan daun mangga pada kedua sumber emisi. Konsentrasi rata-rata partikel menurun dengan pengaruh suhu dan kelembaban yang berbeda. Disarankan untuk melanjutkan penelitian ini untuk mengembangkan alat penyaringan yang dapat digunakan oleh masyarakat luas guna mengurangi pencemaran udara khususnya PM_{2,5}.

Kata Kunci: PM_{2,5}, Filtering Daun Mangga, Karbon Aktif

Abstract

The annual growth of the vehicle industry sector has the potential to spur economic growth, but it can also harm the environment. The negative impact that can endanger human health is air pollution. Particulate Matter 2.5 μm (PM_{2,5}) is a very small air pollutant in size that can cause various diseases such as disorders of the respiratory tract if exposed to PM_{2,5} while exceeding the quality standard and continuously (55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for daily quality standard and 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ annual quality standard). This study aimed to see the effectiveness of the filtering system tool made from mango leaves and activated carbon to reduce PM_{2,5} emissions. This study was an pra-experimental research design with the one-group pre-post test design method. The population in this study is PM_{2,5} particulate emissions deriving from two motor vehicle emissions, emission source 1 (old two-wheeled motor vehicles) and emission source 2 (new two-wheeled motor vehicles). PM_{2,5} data were collected using the EVM-7 tool. The results showed that the concentration of PM_{2,5} at emission source 1 and source 2 was still below the quality standard set by the government. The results also showed a decrease in the concentration of PM_{2,5} before and after the mango leaf filter was installed on both emission sources. The average concentration of particulate matter decreases with the influence of different temperatures and humidity. It is recommended to continue this research to develop a filtering tool that can be used by the wider community to reduce air pollution, especially PM_{2,5}.

Keywords: PM_{2,5}, Mango Leaf Filtering, Activated Carbon

Korespondensi : Purnama Sidebang

Email : purthebank88@gmail.com

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia tidak terlepas dari keberadaan transportasi sebagai media dalam mobilisasi manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Industri transportasi yang berkembang pesat baik dalam jenis maupun jumlah tentu memberikan peluang dalam pertumbuhan ekonomi dan pemerataan lapangan usaha, namun bila tidak ditangani dengan baik dapat juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan seperti timbulnya masalah kemacetan, penipisan ozon, pemborosan sumber daya bahan bakar dan adanya pencemaran udara baik yang terjadi di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Transportasi menjadi penyumbang polusi udara di perkotaan sebesar 80% dan menyebabkan 50% dari prevalensi kesakitan di Indonesia (1). Data Badan Pusat Statistika menunjukkan adanya peningkatan jumlah kendaraan bermotor setiap tahun di Indonesia terlebih jenis kendaraan sepeda motor sebanyak 106.657.952 unit pada tahun 2018 menjadi 112.771.136 unit pada tahun 2019 meningkat sebesar 86% dibanding jenis kendaraan lainnya seperti mobil penumpang, bis, mobil barang dan pada tahun 2020 juga meningkat menjadi 115.023.039 unit atau sebesar 89,35% dibanding jenis kendaraan lainnya (2). Peningkatan jumlah kendaraan ini tentunya akan meningkatkan emisi gas buang bahan bakar bermotor yang menjadi sumber pencemaran udara.

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan (3). Bahan pencemar udara dapat menyebabkan gangguan kesehatan kepada manusia, diantaranya adalah polutan seperti gas SO₂, gas O₃, gas NO₂, *Particulate Matter* dan logam berat (4). Emisi kendaraan bermotor merupakan sumber utama polusi udara yang terdiri dari 29% *Volatile Organic Compound* (VOC), 35% Nitrogen oksida, 58% Karbon monoksida, 1% *Particulate Matter 10* (PM₁₀) dan 3% *Particulate Matter 2,5* (PM_{2,5}) (5). Pencemaran udara dapat mengakibatkan peradangan paru dan jika berlangsung terus-menerus dapat mengakibatkan penurunan fungsi paru, yang akhirnya meningkatkan kelainan faal paru. Sebanyak 7 juta orang meninggal setiap tahun karena paparan partikel halus dalam udara yang telah tercemar dan diperkirakan 4,2 juta orang diantaranya meninggal disebabkan oleh polusi udara luar ruangan (6).

Particulate Matter (PM) merupakan komponen pencemar udara yang dapat bersumber secara alamiah melalui kebakaran hutan, ledakan gunung berapi, badai debu dan aerosol garam laut, atau bersumber dari hasil kegiatan manusia seperti hasil pembakaran fosil (batubara, kendaraan bermotor, pembangkit listrik), pembakaran biomassa, emisi amoniak pertanian, industri maupun asap rokok. (1,4,7–9). *Particulate Matter* (PM) merupakan jenis polutan berbahaya dengan berbagai ukuran yang terdiri dari campuran partikel padat dan droplet cair (aerosol), ukuran partikel ini berkaitan dengan potensinya untuk menyebabkan masalah kesehatan, semakin kecil ukurannya akan mampu menembus lebih jauh sampai ke alveoli dalam sistem pernafasan (6,8).

Particulate Matter <2,5µm (PM_{2,5}) atau yang disebut dengan *Fine Particle* merupakan salah satu jenis partikulat yang berukuran sangat kecil dan dapat menimbulkan berbagai penyakit. Jalur pajanan terbesar partikulat ini kedalam tubuh manusia melalui mekanisme inhalasi (10,11). Apabila terhirup ke dalam tubuh dapat berpenetrasi ke dalam saluran pernafasan bawah serta dapat melewati aliran darah (12). Karakteristik PM_{2,5} yang berukuran kecil memungkinkannya untuk masuk dan terdekomposisi kedalam alveoli (11). Di dalam

saluran nafas, tubuh akan melakukan upaya pembersihan melalui mekanisme sistem mukosiliar dan makrofak alveolar, jika jumlah $PM_{2.5}$ yang masuk lebih besar dari kapasitas makrofak alveolar maka kemungkinan terjadi inflamasi lokal pada paru – paru dengan tujuan memberikan sinyal kepada tubuh untuk meningkatkan sistem pertahanan tubuh terhadap $PM_{2.5}$, selain itu diproduksi juga faktor koagulan yang pada akhirnya akibat peradangan ini akan berpotensi meningkatkan risiko munculnya penyakit kronis lainnya seperti gangguan sistem kardiovaskular, asma, PPOK, kanker paru, penurunan fungsi paru dan diabetes melitus (9,13–15).

Upaya pengendalian pencemaran udara telah dilakukan oleh pemerintah, diantaranya dengan mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Peraturan ini dimaksudkan untuk mencegah, membatasi, dan memitigasi pencemaran udara termasuk gangguan dan kebisingan, baik dari sumber tidak bergerak maupun dari sumber bergerak. Selain itu juga, berbagai upaya pencegahan dilakukan untuk mengendalikan pencemaran udara yaitu dengan menekan penggunaan kendaraan rendah emisi melalui baku mutu emisi untuk kendaraan bermotor dan meningkatkan upaya manajemen lalu lintas yang dikenal dengan program langit biru yang telah dicanangkan sejak tahun 1996, namun kontribusi dari beberapa program ini dirasakan belum dapat secara maksimal dalam mengendalikan pencemaran udara yang masih menjadi masalah global (3,16).

Penggunaan filter pada kendaraan bermotor dapat menjadi salah satu upaya penanggulangan pencemaran udara, karena penggunaan filter dapat menangkap partikel dari emisi buang kendaraan bermotor. Penelitian Sari menunjukkan bahwa penggunaan filter berbahan zeolite efektif menurunkan kadar CO dan HC pada emisi kendaraan bermotor (17). Diketahui juga efisiensi filtering berbahan serabut kelapa untuk menurunkan $PM_{2.5}$ sekitar 36% - 47% (18) dan terdapat penurunan konsentrasi $PM_{2.5}$ pada kendaraan bermotor yang menggunakan filter berbahan pelepah pisang dibandingkan dengan tidak menggunakan filter (19).

Tanaman mangga merupakan tanaman khas di daerah tropis, tumbuh dengan melimpah dan bagian daun tanaman sering dianggap hanya sebagai sampah kering sehingga kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Tanaman mangga merupakan tanaman yang berpotensi sebagai obat herbal, penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun mangga dilaporkan memiliki kandungan alkaloid, senyawa fenol, saponin, kaumarin, tanin, flavonoid, triterponoid, steroid dan glikosid yang berfungsi sebagai senyawa antimikrobia yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (20) selain itu, daun mangga juga memiliki kandungan serat selulosa yang dapat menghidrolis bakteri sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyaring sebagian emisi partikel. Penggunaan filter dengan memanfaatkan bahan – bahan yang murah dan tersedia dilingkungan sekitar menjadi sebuah langkah inovasi dalam teknologi tepat guna untuk mengendalikan pencemaran udara, oleh karena itu peneliti tertarik untuk membuat alat filtering udara dengan memanfaatkan daun mangga sebagai bahan penyaringnya.

METODE

Penelitian ini adalah penelitian *pra-eksperimental* dengan metode *one group pra-post test design* yang bertujuan ini menganalisis efektifitas sistem filtering berbahan daun mangga untuk emisi partikulat $PM_{2.5}$. Lokasi Penelitian ini dilaksanakan di bengkel kerja Jurusan

Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Ternate. Populasi dalam penelitian ini adalah emisi partikulat $PM_{2,5}$ yang berasal dari udara emisi kendaraan bermotor. Sampel yang diambil adalah emisi partikulat $PM_{2,5}$ yang berasal dari udara emisi kendaraan bermotor yaitu sumber emisi 1 (kendaraan bermotor keluaran lama) dan sumber emisi 2 (Kendaraan bermotor keluaran baru). Tipe kendaraan bermotor keluaran lama dan keluaran baru dipilih sebagai sampel dengan alasan adanya perbedaan efisiensi sistem penyaringan knalpot kendaraan pada kendaraan keluaran lama dibandingkan dengan kendaraan keluaran baru tentunya hal ini akan mempengaruhi konsentrasi polutan yang dilepaskan ke udara, dengan pemilihan sampel kedua jenis tipe kendaraan maka perbandingan konsentrasi polutan $PM_{2,5}$ hasil emisi kendaraan bermotor dapat diketahui.

Persiapan alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan sistem filtering ini adalah triplek, gergaji, penggaris, cutter, pensil/spidol, lem tembak, palu, paku, soket DC, kipas DV 12 volt, kabel sambung, engsel, kawat ram 1mm, karbon aktif, kapas dan filter berbahan daun mangga.

Pembuatan filter berbahan daun mangga

Daun mangga yang telah kering dipotong-potong menjadi ukuran kecil untuk mempermudah proses penghalusan dalam blender hingga diperoleh serbuk halus. Kemudian serbuk halus dicampur dengan adonan lem yang terbuat dari campuran air dan tepung tapioka. Campuran daun mangga dituang ke dalam plat cetakan dengan ketebalan 0,6cm kemudian dikeringkan.

Tahap perangkaian alat sistem filtrasi

Kerangka alat filtrasi berupa balok yang terbuat dari triplek berukuran 80cm dengan lebar 20cm dipasang kipas DC 12 volt dikedua sisi kerangka. Komponen penyaring udara yaitu filter daun mangga beserta karbon aktif disusun dalam kompartemen balok, kemudian ditutup dan alat filtrasi siap untuk diuji.



Gambar 1. Alat sistem filtering berbahan daun mangga

Tahap pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran langsung konsentrasi $PM_{2,5}$ dengan menggunakan alat EVM-7. Data $PM_{2,5}$ diukur sebelum dan sesudah dipasang alat sistem filtering berbahan daun mangga. Selain data $PM_{2,5}$, juga diukur suhu dan kelembaban udara. Analisis data dilakukan secara univariat untuk mendeskripsikan hasil pengukuran $PM_{2,5}$ sebelum dan sesudah pemasangan alat sistem filtrasi.

HASIL PENELITIAN

Tabel 1. Pengukuran $PM_{2,5}$ Tanpa Menggunakan Filter dan Menggunakan Filter Daun Mangga dan Pada Sumber Emisi 1

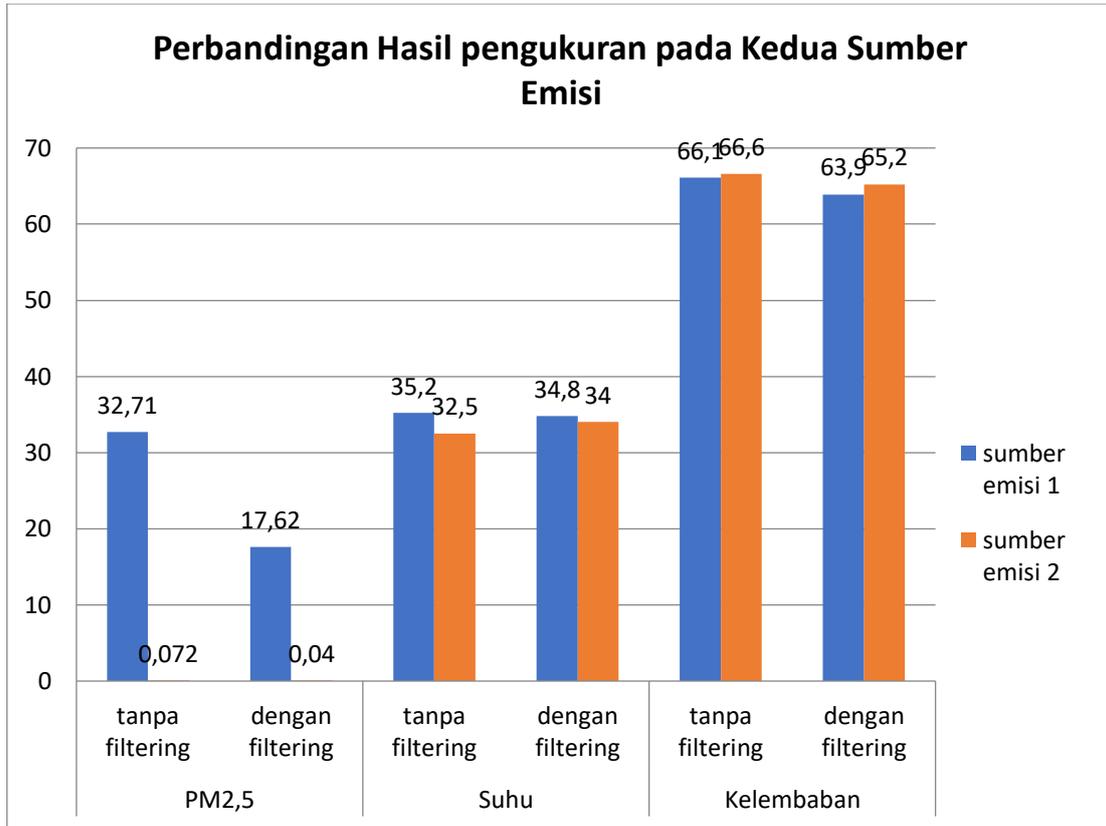
No	Parameter	Tidak Menggunakan Filter	Menggunakan Filter
1	PM _{2,5}	32,71 µg/m ³	17,62 µg/m ³
2	Suhu	35,2 ⁰ C	34,8 ⁰ C
3	Kelembaban	66,1 Rh	63,9 Rh

Tabel 1 Menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{2,5} pada sumber emisi 1 sebelum penggunaan alat filtering daun mangga sebesar 32,71 µg/m³ dan konsentrasi PM_{2,5} sesudah pemasangan alat sistem filtering berbahan daun mangga sebesar 17,62 µg/m³. Pada parameter suhu dan kelembaban diperoleh suhu 35,2⁰C dan kelembaban sebesar 66,1 Rh pada pengukuran tanpa menggunakan filtering dan suhu sebesar 34,8⁰C kelembaban sebesar 63,9 Rh pada pengukuran dengan pemasangan alat sistem filtering berbahan daun mangga.

Tabel 2. Pengukuran PM_{2,5} Tanpa Menggunakan Filter dan Menggunakan Filter Daun Mangga dan Pada Sumber Emisi 2

No	Parameter	Tanpa Menggunakan Filter	Menggunakan Filter
1	PM _{2,5}	0,072 µg/m ³	0,040 µg/m ³
2	Suhu	32,5 ⁰ C	34 ⁰ C
3	Kelembaban	66,6 Rh	65,2 Rh

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{2,5} pada sumber emisi 2 sebelum penggunaan alat filtering daun mangga sebesar 0,072µg/m³ dan konsentrasi PM_{2,5} sesudah pemasangan alat sistem filtering berbahan daun mangga sebesar 0,04µg/m³. Pada parameter suhu dan kelembaban diperoleh suhu 32,5⁰C dan kelembaban sebesar 66,6 Rh pada pengukuran tanpa menggunakan filtering dan suhu sebesar 34⁰C serta kelembaban sebesar 63,9 Rh pada pengukuran dengan pemasangan alat sistem filtering berbahan daun mangga.



Gambar 1. Bar Diagram Perubahan Konsentrasi PM_{2.5} Suhu dan Kelembaban Sebelum dan Sesudah Filtering pada Kedua Sumber Emisi

PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{2.5} pada sumber emisi 1 sebelum penggunaan alat filtering daun mangga lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi PM_{2.5} sesudah pemasangan alat sistem filtering berbahan daun mangga. Pada parameter suhu diperoleh hasil bahwa suhu tidak terlalu berbeda baik pada pengukuran sebelum maupun sesudah pemasangan alat sistem filtering berbahan daun mangga. Demikian juga halnya untuk kelembaban masih berada dalam kategori sedang.

Hasil pengukuran atas konsentrasi PM_{2.5} pada sumber emisi 1 menunjukkan bahwa terdapat perubahan konsentrasi PM_{2.5} sebelum dan sesudah dipasang alat filtering, terdapat penurunan sebesar 15,09µg/m³. Hal ini berarti bahwa terdapat pengaruh yang positif pada pemasangan alat filtering berbahan daun mangga dan karbon aktif. Karbon aktif diketahui dapat menyaring emisi yang terdapat di udara

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{2.5} pengukuran pada sumber emisi 2 sebelum penggunaan alat filtering daun mangga lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi PM_{2.5} sesudah pemasangan alat sistem filtering berbahan daun mangga. Pada parameter suhu diperoleh hasil bahwa suhu tidak terlalu berbeda baik pada pengukuran sebelum maupun sesudah pemasangan alat sistem filtering berbahan daun mangga. Demikian juga halnya untuk kelembaban masih berada dalam kategori sedang.

Gambar 1 menunjukkan bahwa ada perbedaan nilai konsentrasi PM_{2.5} pada sumber emisi 1 dan sumber emisi 2. Hal ini dikarenakan sumber emisi 1 merupakan kendaraan yang telah memiliki masa pakai lebih lama daripada sumber emisi 2, dengan kata lain sumber

emisi 1 adalah kendaraan keluaran lama sementara sumber emisi 2 adalah kendaraan keluaran terbaru. Pemerintah telah menerapkan berbagai kebijakan untuk mengendalikan tingkat pencemaran udara di perkotaan akibat kendaraan bermotor. Peraturan yang telah ditetapkan diantaranya Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2009 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Lama (21,22).

Konsentrasi $PM_{2,5}$ pada sumber emisi 1 dan sumber 2 masih berada dibawah baku mutu harian yang ditetapkan pemerintah ($55\mu g/m^3$) (3). Hasil juga menunjukkan adanya penurunan konsentrasi $PM_{2,5}$ sebelum dan sesudah dipasang saringan daun mangga pada kedua sumber emisi, hal ini menunjukkan bahwa filter daun mangga efektif dalam menyaring $PM_{2,5}$ pada kedua sumber emisi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari dkk menunjukkan bahwa penggunaan filter pada knalpot sepeda motor efektif menurunkan kadar CO sebesar 33% dan HC sebesar 44% (17).

Hasil yang sama juga ditunjukkan dari penelitian yang dilakukan oleh Wahyuningrum dkk bahwa efisiensi filtering berbahan serabut kelapa untuk menurunkan $PM_{2,5}$ sekitar 36% - 47%. Pada penggunaan filter berbasis diesel particulate filter (DPF), semakin kecil nilai densitas batangan filter maka nilai efisiensi akan semakin rendah dan konsentrasi partikel semakin tinggi. Semakin besar nilai densitas batangan filter maka nilai efisiensi semakin tinggi dan konsentrasi partikel akan semakin rendah (18). Penelitian ini sejalan dengan hasil yang diperoleh Arba dkk bahwa pelepah pisang efektif dalam menyaring $PM_{2,5}$, terdapat penurunan $PM_{2,5}$ pada motor Kawasaki dan Yamaha yang menggunakan filter pelepah pisang, dan terdapat perbedaan kadar $PM_{2,5}$ pada motor Kawasaki dan Yamaha, walaupun perbedaan kadar $PM_{2,5}$ tidak terlalu jauh. Penggunaan filter efektif untuk menurunkan polusi udara juga dinyatakan oleh Mu'tamirah bahwa penggunaan filter berbahan pelepah pisang dan zeolite efektif untuk menurunkan kadar karbon monoksida sebesar 66,6% pada titik 1 dan 84% pada titik 2, sesuai dengan perbedaan jarak penempatan alat filtering (23).

KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi $PM_{2,5}$ tanpa menggunakan filtering berbahan daun mangga diperoleh hasil sebesar $32,71\mu g/m^3$ pada sumber emisi 1 dan sebesar $0,072\mu g/m^3$ pada sumber semisi 2, dan konsentrasi $PM_{2,5}$ dengan menggunakan filtering daun mangga didapatkan hasil sebesar $17,62\mu g/m^3$ pada sumber emisi 1 dan sebesar $0,047\mu g/m^3$ pada sumber emisi 2. Dapat disimpulkan bahwa terdapat penurunan konsentrasi $PM_{2,5}$ setelah menggunakan alat filtering berbahan daun mangga dan karbon aktif baik pada sumber 1 maupun sumber 2. Dengan kata lain alat filtering berbahan daun mangga ini dapat menurunkan kadar $PM_{2,5}$ baik pada kendaraan bermotor keluaran lama maupun kendaraan bermotor keluaran baru.

Disarankan untuk melanjutkan penelitian ini dalam upaya pengembangan alat filtering sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas dalam upaya penurunan polusi udara khususnya $PM_{2,5}$. Selain itu, agar peneliti selanjutnya dapat mengembangkan dengan memanfaatkan bahan lain sebagai filter penyaring untuk penurunan $PM_{2,5}$. Serta melakukan penelitian dengan membandingkan variasi ketebalan filter dan bahan filter.

DAFTAR PUSTAKA

1. Haryanto B. Climate Change and Urban Air Pollution Health Impacts in Indonesia. In: Akhtar R, Palagiano C, editors. *Climate Change and Air Pollution*. Springer International Publishing; 2018. p. 215–39.
2. Statistik BP. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis [Internet]. Jakarta: BPS; 2021. Available from: <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html>
3. Pemerintah P. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2021;(85459).
4. Desonie D. *Our Fragile Planet Atmosphere Air Pollution and It's Effects*. Desonie D, editor. New York: Chelsea house publishers; 2007.
5. Kuhns HD, Mazzoleni C, Moosmuller H, Nikolic D, Keislar RE, Barber PW, et al. Remote Sensing of PM, NO, CO and HC Emission Factors For On-road Gasoline and Diesel Engine Vehicles in Las Vegas, NV. *Science of the Total Environment*. 2004;322:123–37.
6. WHO. WHO Global Ambient Air Quality Database (update 2018) [Internet]. Geneva; 2018. Available from: <https://www.who.int/airpollution/data/cities/en/>
7. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *Journal of Medical Toxicology* [Internet]. 2012;8(2):166–75. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550231/pdf/13181_2011_Article_203.pdf
8. Hester RE, Harrison RM, Querol X. *Airborne Particulate Matter: Sources, Atmospheric Processes and Health* [Internet]. Hester RE, Harrison RM, Querol X, editors. *Airborne Particulate Matter: Sources, Atmospheric Processes and Health*. UK: the Royal Society of Chemistry; 2016. 1-4 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1039/9781782626589-FP001>
9. WHO. Air Quality Global Update 2005 Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. 2006; Available from: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf
10. Suhariyono G, Wiyono M. Distribusi Diameter Partikel Debu PM10 dan PM2,5 dalam Udara Sekitar Kawasan Pabrik Semen Citeureup Bogor. In: *Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan pada Industri Non-Nuklir* [Internet]. Jakarta: International Nuclear Information System (INIS); 2003. p. 161–73. Available from: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:42107650
11. Jimoda LA. Effects of Particulate Matter on Human Health, the Ecosystem, Climate and Materials: a Review. *Facta Universitatis* [Internet]. 2012;9(1):27–44. Available from: <http://facta.junis.ni.ac.rs/walep/walep201201/walep201201-04.pdf>
12. Cheng Y, Chang H, Yan J. Temporal Variations in Airborne Particulate Matter Levels at an Indoor Bus Terminal and Exposure Implications for Terminal Workers. *Aerosol and Air Quality Research* [Internet]. 2012;12(2006):30–8. Available from: <https://aaqr.org/articles/aaqr-11-06-0a-0085>
13. Schwarze PE, Øvrevik J, Lag M, Refsnes M, Nafstad P, Hetland R, et al. Particulate Matter Properties and Health Effects: Consistency of Epidemiological and Toxicological Studies. *Human & Experimental Toxicology* [Internet]. 2006;25:559–79. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/096032706072520>
14. Fierro M. Particulate Matter. 2000;1–11. Available from: http://www.airinfonow.org/pdf/Particulate_Matter.pdf
15. Pope CA, Dockery DW. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that

- Connect. Critical Review. JAir & Waste ManageAssoc. 2006;56:709–42.
16. Fitria L. Program Langit Biru : Kontribusi Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara Kota terhadap Penurunan Penyakit Pernapasan pada Anak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional* [Internet]. 1996;4(3):109–14. Available from: <https://journal.fkm.ui.ac.id/kesmas/article/view/182/182>
 17. Sari N, Hardianto D, Hermawan BA, Suraharta M. Pengaruh Penggunaan Filter Pada Knalpot Sepeda Motor Untuk Mengurangi Tingkat Emisi Gas buang Kendaraan. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat* [Internet]. 2019;10(1):15–27. Available from: <http://jurnal.ptdisttd.net/index.php/jpstd/article/view/71>
 18. Wahyuningrum A, Wardoyo AYP, Darmawan HA. Sistem Filtering Berbahan Serabut Kelapa Untuk Emisi Partikulat PM_{2,5} (Particulate Matter 2,5) dari Sepeda Motor. *Physics Student Journal* [Internet]. 2014;5:10–2. Available from: <http://physics.studentjournal.ub.ac.id/index.php/psj/article/view/340>
 19. Arba S, Soleman IS, Iswan R, Salu FW, Safitri A, Ismail M. Sistem Filtering Berbahan Pelepah Pisang Untuk Emisi Particulate PM_{2,5} (Particulate Metter2,5). *Buletin Keslingmas*. 2021;40(3):113–7.
 20. Mone AT. Aktivitas Antimikrobia Daun Mangga (*Mangifera indica* L.) Terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Univeristas Pembangunan Nasional Veteran Surabaya; 2013.
 21. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup; 2009.
 22. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup; 2006. p. 1–6.
 23. St.Mu`tamirah, Sunu B. Kemampuan Alat Penyaring Udara Dengan Media Pelepah Pisang dan Zeolite Untuk Menurunkan Kadar Karbon Monoksida (CO) di Udara. *Jurnal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*. 2019;19(1):137–43.