UJI EFISIENSI FILTER PARTIKULAT MATTER BERBAHAN SERBUK KAYU UNTUK MENGURANGI EMISI *FINE PARTICLE* ASAP ROKOK

EFFICIENCY TEST OF PARTICULATE MATTER FILTERS TO REDUCE FINE PARTICLE EMISSIONS FROM CIGARETTE SMOKE

Aulia Safitri Destrianingtyas[1], Hurnah[1], Baiq Nurul Fajriah[1], Lidia Wahana[1], Arif Budianto[1,*], Susi Rahayu[1], dan Ni Ketut Anggriani[1]

[1]Program Studi Fisika, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No.62, Mataram

**E-mail: abudianto@unram.ac.id*

ABSTRAK

Partikulat yang dikeluarkan oleh asap rokok diketahui berkontribusi terhadap polusi udara dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengurangi konsentrasi asap rokok di udara. Dalam penelitian ini, kami mengembangkan filter partikulat yang terbuat dari serbuk kayu dengan tepung terigu sebagai perekat filternya. Variasi filter yang digunakan pada penelitian ini adalah filter yang dijemur langsung di bawah sinar matahari dan menggunakan pengering rambut. Filter ini ditandai dengan nilai efisiensinya dalam mengurangi emisi asap rokok. Efisiensi filter dalam mereduksi partikel ditentukan dengan membandingkan asap rokok sebelum dan sesudah penambahan filter. Hasil penelitian menunjukkan nilai efisiensi filter dalam mereduksi partikel asap rokok adalah sekitar 95,24%. Nilai efisiensi yang dihasilkan dari variasi perlakuan filter yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan.

Kata kunci : Partikulat Matter, Serbuk Kayu, Efisiensi

ABSTRACT

Particulate matter emitted by cigarette smoke has been known to contribute to air pollution and impact human health. Efforts are needed to reduce the concentration of cigarette smoke in the air. In this research, we developed a particulate matter filter made from wood dust with wheat flour as glue to the filter. The filter variation used in this research is a filter that is dried directly under the sun and using a hair dryer. This filter is characterized by its efficiency value in reducing cigarette smoke emissions. The filter's efficiency in reducing particulate matter is determined by comparing cigarette smoke before and after adding the filter. The research results show that the filter efficiency value in reducing particulate matter from cigarette smoke is around 95.24%. The efficiency values resulting from different variations in filter treatment do not show significant differences in value.

Keywords : Particulate Matter, Wood Powder, Efficiency

1. PENDAHULUAN

Sekitar 3,3 juta orang di seluruh dunia meninggal pada tahun 2010 dikarenakan menghirup debu-debu kecil atau *particulate* (Utama & Permadi, 2020). Kondisi ini diprediksi akan berlipat ganda pada tahun 2050. PM diklasifikasikan berdasarkan ukurannya, yaitu PM_{10} (partikel dengan diameter kurang dari 10 mikrometer) (Nuryanto & Melinda, 2023) dan $PM_{2,5}$ (partikel dengan diameter kurang dari 2,5 mikrometer) (Budianto dkk., 2021; Hadi dkk., 2022; Wardoyo dkk., 2017). Penyumbang emisi atau polutan didominasi oleh antropogenik dan faktor meteorologi memberikan pengaruh yang kuat pada PM jangka panjang (Chen, dkk., 2020). Secara keseluruhan *particulate* debu di atmosfer disebut sebagai *Total Suspended Particulate* (TSP) (Andi & Achmadi, 2020). *Particulate matter* (PM) adalah jenis polutan berbahaya yang terdiri dari partikel padatan dan tetesan cairan yang ditemukan di udara yang dapat mengakibatkan tingginya kematian akibat pajanan polusi udara karena dapat berpenetrasi ke dalam saluran pernapasan bawah serta masuk dalam aliran darah (Septian, dkk., 2022). Oleh karena itu, konsentrasi PM yang tinggi akan meningkatkan resiko kardiovaskular dan permapasan (Parente dkk., 2023).

$PM_{2,5}$ dapat menyebabkan kerusakan paru-paru seperti Paru-Paru Kronis (PPOK) dan asma sehingga dapat berakibat fatal menjadi PPOK ekserbasi akut (Rahmadini & Haryanto, 2020). Salah satu pekerjaan yang sering terpapar *particulate matter* dengan konsentrasi yang cukup tinggi adalah pekerja konstruksi yang dapat menyebabkan kesulitan bernafas dan masalah paru-paru ketika bekerja (Yang dkk., 2023). Hal ini terjadi karena kurangnya perlindungan pekerja konstruksi dan terpapar particulate matter pada konsenstrasi tinggi untuk waktu yang lama. *Particulate matter* juga memiliki dampak besar terhadap kelangsungan hidup sel dan menyebabkan kerusakan DNA (Palacio dkk., 2023).

Sumber PM dapat bervariasi karena dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia dan alam, seperti proses pembakaran, pembangkit listrik tenaga batu bara, penggunaan kayu bakar dan pembakaran pertanian yang menyumbang 8,76% dari total varian *particulate matter* (Novela dkk., 2020). Selain itu, sumber *particulate matter* adalah emisi industri yang diperoleh dari kegiatan pertambangan, manufaktur, dan konstruksi, kemudian sumber alam seperti kebakaran hutan, letusan gunung berapi dan badai debu, dan aerosol organik sekunder yang terbentuk melalui oksidasi senyawa organik volatil (VOC) (Zhang dkk., 2022). *Particulate matter* didominasi oleh partikel karbon dari knalpot lalu lintas jalan raya dan polutan sekunder, garam ammonium, dan karbon organik sekunder (Harrison, 2020). Menurut Kyung & Jeong., (2020) *particulate matter* berasal dari debu dan polutan udara yang dihasilkan. Sumber dari *particulate matter*, khususnya $PM_{2,5}$ adalah berbagai aktivitas manusia seperti transportasi, produksi industri, emisi rumah tangga, pembakaran biomassa dan emisi pelayaran (Nguyen dkk., 2023). Menurut Peterson dkk., (2020) lima sektor utama partikel adalah *mobile* yang mencakup emisi dari kendaraan bensin dan diesel di jalan raya, *non-road* mencakup emisi dari jenis kendaraan lain seperti peralatan konstruksi, kereta api, pesawat terbang, dan kapal, sumber area mencakup semua sumber emisi lainnya dan berbagai produk emisi seperti kebakaran hutan dan pembakaran terbuka, *point* dan sumber titik lainnya termasuk sumber besar seperti pembangkit listrik dan fasilitas industri serta operasi yang lebih kecil yang memancarkan produk pembakaran.

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi PM diantaranya yaitu meningkatkan kualitas udara dengan melakukan penghijauan di daerah perkotaaan (Muñoz-Pizza dkk., 2020), pengunaan tembok

hijau (Ysebaert dkk., 2021), Penyaringan partikulat yang memiliki dua tipe yaitu absolut dan nonabsolut. Penyaring absolut menggunakan sekat untuk membuang partikel dari udara dengan menyingkirkan partikel yang ukurannya lebih besar dari pori-pori sekat. Kebanyakan respirator besifat nonabsolut, artinya respirator mengandung pori yang ukurannya lebih besar dibanding partikel yang seharusnya dibuang. Pembuangan partikel menggunakan kombinasi dari penangkap tahanan (*interception capture*), penangkap pengendapan (*sedimentation capture*), penangkap impaksi inersial (*inertial impaction capture*), penangkap difusi (*diffusion capture*) dan penangkap elektrostatik (*electrostatic capture*) (Faisal, dkk., 2019), dan pengunaan teknologi diesel *particulate* filter untuk menurunkan emisi gas buang dan kebisingan suara (Kurniawan dkk., 2021).

Limbah serbuk kayu memiliki potensi yang signifikan dalam mengurangi PM melalui berbagai aplikasi dan pemanfaatan yang inovatif. Pemanfaatan limbah serbuk kayu diolah menjadi biobriket yang ramah lingkungan dan digunakan sebagai bahan bakar alternative, biobriket sebagai pengganti bahan bakar fosil, emisi PM dari pembakaran bahan bakar dapat dikurangi (Retnawati, dkk., 2023). Filter udara yang terbuat dari arang serbuk gergaji dapat digunakan untuk menyerap nitrogen (N_2) dan uap air (H_2O) yang terkandung dalam udara pembakaran. Penggunaan filter arang serbuk gergaji dapat memberikan udara kaya oksigen yang masuk ke ruang bakar untuk meningkatkan kualitas proses pembakaran (Dirgantara, 2022). Serbuk kayu mengandung karbon aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben limbah dan Cr (VI) yang berbahaya bagi lingkungan (Ardiyanto, dkk., 2020). Serbuk gergaji kayu dapat digunakan sebagai media purifikasi untuk mereduksi gas CO_2 di udara (Suci & Santosa, 2020). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi filter yang terbuat dari serbuk kayu dengan sumber emisi asap rokok.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Sampel asap rokok

Pada penelitian ini menggunakan asap rokok sebagai sumber $PM_{2,5}$

2.2 Penyaring $PM_{2,5}$

Serbuk kayu diayak dan disaring menggunakan ayakan dengan ukuran 200 mesh, kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 150 gram, pembuatan lem menggunakan tepung tapioka dengan massa 50 gram. Serbuka kayu dan lem dicampurkan kemudian diencerkan menggunakan air pelarut 500 mL. Adonan dicetak kedalam cetakan sablon dengan ukuran 20×30 cm.

2.3 Pengukuran partikel

Masing-masing filter dipasang pada pipa ($190\ mm \times 24\ mm$). Konsentrasi $PM_{2,5}$ yang dikeluarkan sampel asap rokok sebelum (C_t) dan setelah dilengkapai filter (C_i) diukur menggunakan *Particle Counter* (Model 8525) selama satu jam dalam kondisi idle (*sampling time* = 10 detik). Semua pengukuran diulang sebanyak tiga kali (Wardoyo et al., 2015).

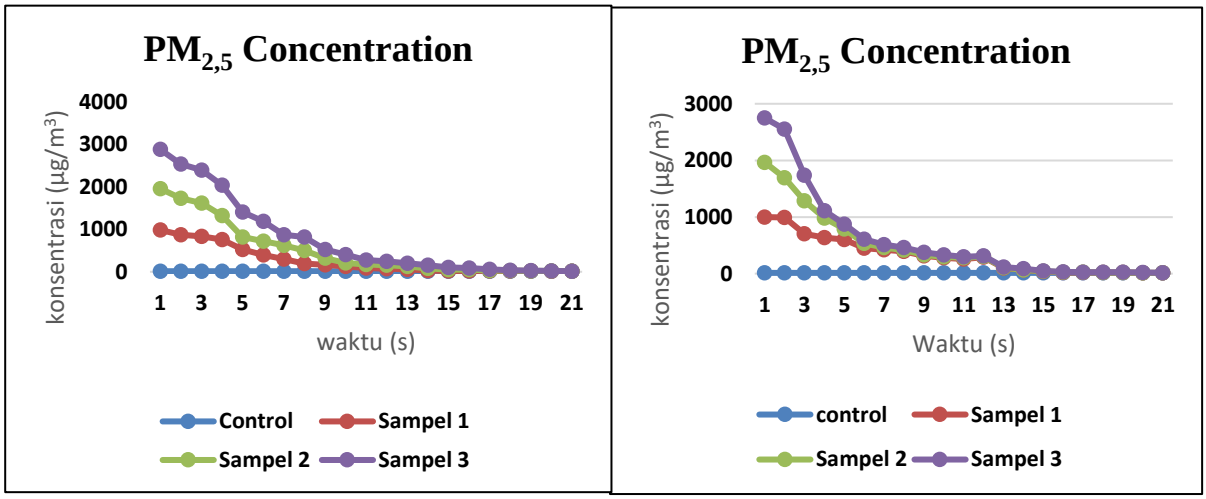
2.4 Analisis Statistik

Nilai dinyatakan sebagai rata-rata ± SD (standar deviasi). Perbedaan antara kelompok dievaluasi menggunakan uji-t Student. Hubungan antara konsentrasi $PM_{2,5}$ dan deret waktu ditentukan menggunakan nilai *R-square* (Wardoyo et al., 2017). Efisiensi filter (%F) dihitung menggunakan Pers. (1) (Mondal et al., 2015).

$$\%F = \left[\frac{C_0 - C_i}{C_0}\right] \times 100\% \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

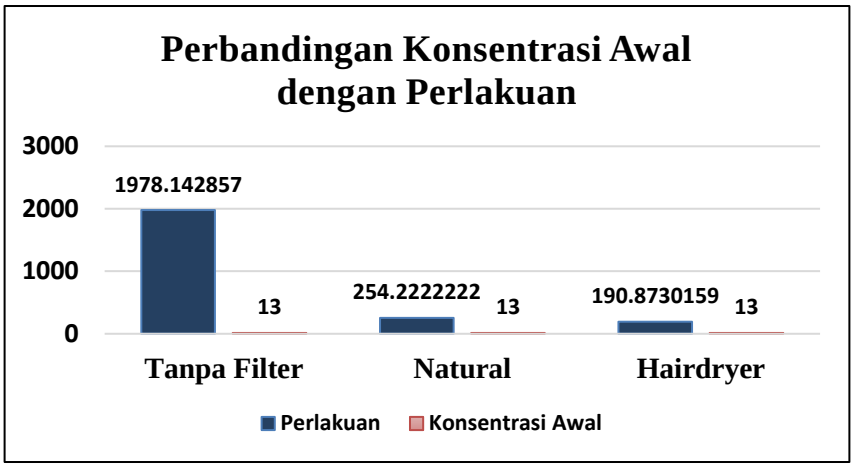
Faktor emisi pada asap rokok merupakan jumlah *fine particle* yang dihasilkan pada hembusan nafas perokok aktif. Pada penelitian ini menggunakan filter yang terbuat dari serbuk kayu dan sumber emisi dari rokok. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah emisi rokok tanpa filter, emisi rokok yang menggunakan filter kayu yang dikeringkan pada suhu ruangan, dan emisi rokok yang menggunakan filter kayu yang dikeringkan menggunakan *hairdryer*. Gambar 1 menunjukkan emisi yang dihasilkan dari rokok dengan variasi tanpa menggunakan filter dan penggunaan filter dari serbuk kayu.



Natural ***Hairdryer***

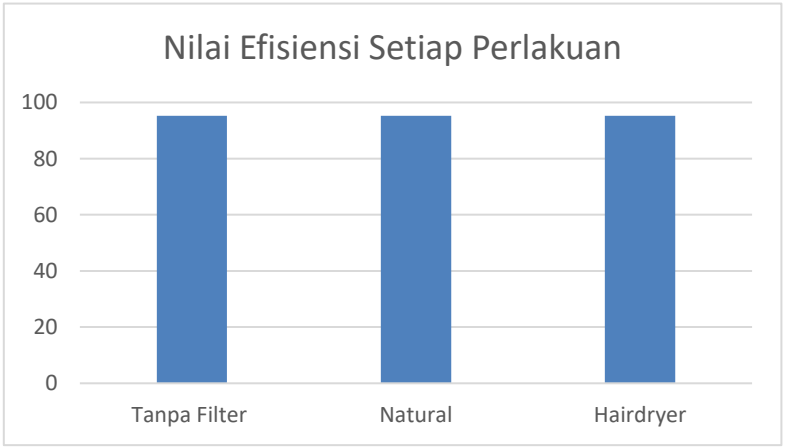
Gambar 1. Perbandingan konsentrasi $PM_{2,5}$ untuk filter yang disimpan di suhu ruangan dan di *hairdryer*

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi emisi partikulat matter berbeda untuk dua jenis filter yang digunakan. Konsentrasi emisi partikulat matter dengan menggunakan filter yang disimpan pada suhu ruangan memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi filter yang di *hairdryer*. Hal tersebut dikarenakan perbedaan perlakuan pengeringan pada filter sehingga filter yang di *hairdryer* pada suhu ± 60°C selama 5 menit mampu menyaring emisi dari asap rokok yang menyebabkan konsentrasi yang dihasilkan lebih rendah.



Gambar 2. Grafik perbandingan konsentrasi awal dan perlakuan

Gambar tersebut menunjukkan perbandingan konsentrasi awal dengan konsentrasi emisi asap rokok. Konsentrasi $PM_{2,5}$ tertinggi terdapat pada pengujian tanpa menggunakan filter, sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada pengujian dengan menggunakan filter yang di *hairdyer*. Konsentrasi emisi yang melewati filter dengan perlakuan disimpan di suhu ruangan jauh lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi emisi yang melewati filter dengan perlakuan di *hairdyer*. Hal tersebut dikarenakan perbedaan densitas pada filter yang disebabkan oleh variasi temperatur terhadap filter, selain itu juga kadar asap rokok yang diemisikan tidak konstan tetapi waktu untuk mengemisikan asap rokok ke alat pengujian konstan.



Gambar 3. Nilai Efisiensi Setiap Perlakuan

Nilai rata-rata efisiensi yang dihasilkan pada filter adalah 95,24%. Nilai efisiensi yang dihasilkan dari perbedaan variasi perlakukan pada filter tidak menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan. Efisiensi

filter serbuk kayu dipengaruhi oleh densitas filter yang digunakan. Semakin besar densitas filter yang digunakan maka akan semakin padat filternya. Apabila filter yang digunakan semakin padat, maka emisi *fine particle* yang ada dalam asap rokok juga akan banyak yang disaring oleh *filter*, sehingga konsentrasi yang dihasilkan rendah. Penurunan ini terjadi karena penggunaan *filter* dan densitas *filter* yang berbeda. Selain itu, kandungan selulosa pada serbuk kayu juga dapat berpengaruh terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan. Selulosa dapat mengikat PAH organik (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*) dan VOC (Senyawa Organik Volatil). VOC mengandung aldehida, alkena, dan cincin aromatik (Zhang, et al., 2018).

4. KESIMPULAN

Efisiensi suatu filter yang terbuat dari serbuk kayu untuk menyaring *particulate matter* dari asap rokok dengan variasi perlakuan filter memiliki perbedaan nilai yang tidak signifikan. Nilai rata-rata efisiensi yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 95,24%.

DAFTAR PUSTAKA

Andi, P.F.D.A.F., dan Achmadi, U.F. (2020). Hubungan Konsentrasi Kadar Debu PM10 dengan Kejadian Gejala ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut) Pada Pekerja Proyek Konstruksi X di Depok Tahun 2018. *Journal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*, *1*(3), 272–283.

Budianto, A., Wardoyo, A.Y.P., Masruroh, Dharmawa, H.A., Nurhuda, M. (2021). Performance test of an aerosol concentration measurement system based on quartz crystal microbalance. *Journal of Physics: Conference Series, 1811*(1), 012-033.

Chen, Z., Chen, D., Zhao, C., Kwan, M. po, Cai, J., Zhuang, Y., Zhao, B., Wang, X., Chen, B., Yang, J., Li, R., He, B., Gao, B., Wang, K., and Xu, B. (2020). Influence of meteorological conditions on PM2.5 concentrations across China: A review of methodology and mechanism. In *Environment International* (Vol. 139). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105558.

Hadi, K.A., Wardoyo, A.Y.P., Juswono, U.P., Naba, A., Budianto, A., Adi, E.T.P. (2022). A Study of Erythrocyte Deformation Level Related to Biomass Burning Emission Exposures Using Artificial Neural Networks. *Polish Journal of Environmental Studies*, *31*(*6*).

Harrison, R. M. (2020). Airborne particulate matter. In *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* (Vol. 378, Issue 2183). Royal Society Publishing. https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0319

Huang, G., Li, X., Zhang, B., and Ren, J. (2021). PM2.5 concentration forecasting at surface monitoring sites using GRU neural network based on empirical mode decomposition. *Science of the Total Environment*, *768*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144516

Kurniawan, Moch. A., Fahmadi, A. E., Oktopianto, Y., and Shofiah, S. (2021). Teknologi Diesel Particulat Filter Sebagai Upaya Mengurangi Emisi Gas Buang Dan Kebisingan Mesin Diesel Kendaraan Niaga. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, *8*(2), 116–125. https://doi.org/10.46447/ktj.v8i2.350

Kyung, S. Y., and Jeong, S. H. (2020). Particulate-matter related respiratory diseases. In *Tuberculosis and Respiratory Diseases* (Vol. 83, Issue 2, pp. 116–121). Korean National Tuberculosis Association. https://doi.org/10.4046/TRD.2019.0025

Muñoz-Pizza, D. M., Villada-Canela, M., Rivera-Castañeda, P., Reyna-Carranza, M. A., Osornio-Vargas, A., and Martínez-Cruz, A. L. (2020). Stated benefits from air quality improvement through urban afforestation in an arid city – A contingent valuation in Mexicali, Baja California, Mexico. *Urban Forestry and Urban Greening*, *55*. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126854

Nguyen, T. N. T., Du, N. X., and Hoa, N. T. (2023). Emission Source Areas of Fine Particulate Matter (PM2.5) in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Atmosphere*, *14*(3). https://doi.org/10.3390/atmos14030579

Novela, R. J., Gitari, W. M., Chikoore, H., Molnar, P., Mudzielwana, R., and Wichmann, J. (2020). Chemical characterization of fine particulate matter, source apportionment and long-range transport clusters in Thohoyandou, South Africa. *Clean Air Journal*, *30*(2), 1–10. https://doi.org/10.17159/caj/2020/30/2.8735

Nuryanto, N., and Melinda, S. (2023). Identifikasi Sumber Particulate Matter (PM) 2.5 di Sorong Berdasarkan READY Hysplit Backward Trajectory. *Buletin GAW Bariri*, *4*(1), 11–20. https://doi.org/10.31172/bgb.v4i1.80

Peterson, G. C. L., Hogrefe, C., Corrigan, A. E., Neas, L. M., Mathur, R., and Rappold, A. G. (2020). Impact of reductions in emissions from major source sectors on fine particulate matter–related cardiovascular mortality. *Environmental Health Perspectives*, *128*(1). https://doi.org/10.1289/EHP5692

Septian Maksum, T., Flora Ninta Tarigan, S., Kesehatan Lingkungan, B., Kesehatan Masyarakat, J., Negeri Gorontalo, U., dan Administrasi dan Kebijakan Kesehatan, B. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Partikel Debu (Pm 2.5) Dari Aktivitas Transportasi Health Risk Analysis Due To Exposure Of Dust Particles (Pm 2.5) From Transportation Activities 1*. *Jambura Health and Sport Journal*, *4*(1).

Utama, Y. W., & Permadi, D. A. (2020). Distribusi Temporal Konsentrasi PM_{10} Menggunakan Alat *Particle Plus EM-10000 Temporal Distribution of* PM_{10} *Concentration Using Particle Plus EM-10000*.

Wardoyo, A.Y.P., Budianto, A. (2017). A DC low electrostatic filtering system for PM2.5 motorcycle emission. *IEEE Xplore*. 51-54.

Ysebaert, T., Koch, K., Samson, R., and Denys, S. (2021). Green walls for mitigating urban particulate matter pollution—A review. In *Urban Forestry and Urban Greening* (Vol. 59). Elsevier GmbH. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127014

Zhang, F., Wan, M., Pang, X., Yao, L., Fu, Y., Jiang, W., Zhu, J., and Zhang, C. (2022). Chemical Characterization, Source Identification, and Health Risk Assessment of Atmospheric Fine Particulate Matter in Winter in Hangzhou Bay. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(19). https://doi.org/10.3390/su141912175