

Analisis Gas Buang Insinerator dengan Filter Arang Aktif Berbasis Limbah Organik

Fajriyah Rafidah^(1,a), Fitriyanti^(1,b) dan Kurniati Abidin^{(1,c)*}

⁽¹⁾Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Indonesia, 92113

Email : ^(a)fajriarafida@gmail.com, ^(b)fitriyanti_fisika@uin-alauddin.ac.id, ^(c*)kurniati.abidin@uin-alauddin.ac.id

Diterima (04 November 2024), Direvisi (19 Desember 2024)

Abstract. This study aims to analyze the effectiveness of organic waste-based activated charcoal in filtering flue gas from incinerators. With the increasing volume of solid waste and the negative impact of harmful gas emissions, it is important to find sustainable and environmentally friendly solutions. The activated charcoal used in this study is produced from agricultural waste, namely corn cobs and candlenut shells, which are abundant and can be optimally utilized. The analytical method applied includes measuring exhaust gas levels before and after filtration using activated charcoal. Measurements were made to identify the concentration of various pollutants, including carbon monoxide (CO) and sulfur dioxide (SO₂), which are known as harmful gases to human health and the environment. The data obtained shows that without a filter, the concentration of CO is 0 ppm and SO₂ is 473 ppm, while after using the activated carbon filter, the concentration of CO increases to 2.775 ppm and SO₂ decreases to 56 ppm. For nitrogen dioxide (NO₂), the concentration remains 0 ppm both before and after filtration. The results indicated that the use of activated charcoal can significantly reduce the concentration of these harmful gases, with varying degrees of efficiency depending on the type waste used as raw material. This research provides valuable insights into the utilization of organic waste as a solution in air pollution control. In addition, the results are expected to encourage the development of more efficient filtration technologies utilizing local resources. Thus, this research not only contributes to waste management, but also to overall environmental protection.

Keywords: incinerator, activated charcoal, organic waste, flue gas filtration, air pollution.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas arang aktif berbasis limbah organik dalam menyaring gas buang dari insinerator. Dengan meningkatnya volume limbah padat dan dampak negatif dari emisi gas berbahaya, penting untuk mencari solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Arang aktif yang digunakan dalam penelitian ini dihasilkan dari limbah pertanian, yaitu tongkol jagung dan cangkang kemiri, yang melimpah dan dapat dimanfaatkan secara optimal. Metode analisis yang diterapkan meliputi pengukuran kadar gas buang sebelum dan sesudah filtrasi menggunakan arang aktif. Pengukuran dilakukan untuk mengidentifikasi konsentrasi berbagai polutan, termasuk karbon monoksida (CO) dan sulfur dioksida (SO₂), yang dikenal sebagai gas berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa tanpa filter, konsentrasi CO adalah 0 ppm dan SO₂ 473 ppm, sedangkan setelah menggunakan filter arang aktif, konsentrasi CO meningkat menjadi 2.775 ppm dan SO₂ menurun menjadi 56 ppm. Untuk nitrogen dioksida (NO₂), konsentrasinya tetap 0 ppm baik sebelum maupun setelah filtrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan arang aktif secara signifikan dapat mengurangi konsentrasi gas-gas berbahaya tersebut, dengan tingkat efisiensi yang bervariasi tergantung pada jenis limbah yang digunakan sebagai bahan baku. Penelitian ini memberikan wawasan berharga mengenai pemanfaatan limbah organik sebagai solusi dalam pengendalian pencemaran udara. Selain itu, hasilnya diharapkan dapat mendorong pengembangan teknologi filtrasi yang lebih efisien dengan memanfaatkan sumber daya lokal. Dengan

demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengelolaan limbah, tetapi juga pada perlindungan lingkungan secara keseluruhan.

Kata kunci: Insinerator, Arang aktif, limbah organik, filtrasi gas buang, polusi udara.

PENDAHULUAN

Insinerasi merupakan metode yang umum digunakan untuk pengelolaan limbah padat, terutama di daerah perkotaan yang menghadapi masalah penumpukan sampah. Meskipun metode ini efektif dalam mengurangi volume limbah, proses insinerasi seringkali menghasilkan gas buang berbahaya, seperti karbon monoksida, dioxin, dan partikel halus, yang dapat mencemari udara dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia serta lingkungan [1]. Karbon monoksida (CO) adalah gas beracun yang dapat mengganggu kemampuan darah untuk mengangkut oksigen, menyebabkan gejala seperti sakit kepala, pusing, dan dalam kasus yang parah, dapat berakibat fatal. Sementara itu, sulfur dioksida (SO₂) dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, memperburuk kondisi asma, dan berkontribusi pada pembentukan hujan asam yang merusak lingkungan. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan strategi yang dapat mengurangi emisi gas buang ini agar proses insinerasi dapat dilakukan dengan lebih ramah lingkungan.

Salah satu pendekatan yang menjanjikan dalam mengatasi masalah ini adalah penggunaan arang aktif sebagai media filtrasi. Arang aktif memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi, sehingga dapat menyerap berbagai polutan yang terdapat dalam gas buang. Penelitian oleh Zhang et al. (2021) menunjukkan bahwa arang aktif dapat secara efektif mengurangi kadar berbagai jenis polutan, menjadikannya solusi potensial dalam pengelolaan gas buang dari insinerator [2]. Penelitian serupa oleh Kim dan Lee (2022) juga mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa

arang aktif berbasis limbah organik dapat mengurangi emisi gas berbahaya secara signifikan [3].

Dalam konteks ini, penelitian ini berfokus pada arang aktif yang dihasilkan dari limbah organik, khususnya tongkol jagung dan cangkang kemiri. Kedua jenis limbah ini tidak hanya melimpah di banyak daerah pertanian, tetapi juga memiliki potensi besar sebagai bahan baku arang aktif yang ekonomis dan berkelanjutan [4]. Pemanfaatan limbah organik ini tidak hanya membantu mengurangi volume limbah, tetapi juga menciptakan nilai tambah bagi bahan yang sebelumnya dianggap tidak berguna.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kadar gas buang yang dihasilkan oleh insinerator serta mengevaluasi efektivitas arang aktif dalam mengurangi emisi tersebut. Melalui pengukuran yang sistematis, penelitian ini bertujuan untuk memberikan data yang jelas mengenai seberapa efektif arang aktif dalam menyaring polutan dari gas buang yang dihasilkan oleh proses insinerasi.

Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi potensi penggunaan bahan baku lokal yang ramah lingkungan, yang dapat diakses oleh industri kecil dan menengah. Dengan demikian, diharapkan studi ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan limbah padat dan perlindungan lingkungan, serta mendorong praktik ramah lingkungan yang lebih luas di masyarakat. Penelitian oleh Rahman et al. (2022) menekankan pentingnya keberlanjutan dalam pengelolaan limbah dan perlunya inovasi dalam teknologi filtrasi [5].

Akhirnya, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam

upaya pengembangan teknologi filtrasi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat tercipta solusi yang tidak hanya efektif dalam mengurangi emisi gas berbahaya, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi eksperimental untuk mengevaluasi kemampuan arang aktif berbasis limbah organik dalam menyaring gas buang dari insinerator. Proses ini melibatkan pengujian efektivitas arang aktif yang dihasilkan dari bahan limbah pertanian, yaitu tongkol jagung dan cangkang kemiri, dengan tujuan untuk menemukan solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan sekaligus mengurangi polusi udara.

Pemilihan tongkol jagung dan cangkang kemiri sebagai bahan baku arang aktif didasarkan pada beberapa alasan. Tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang melimpah di Sulawesi Selatan dan sering kali dibuang setelah panen. Dengan memanfaatkan tongkol jagung, penelitian ini tidak hanya membantu mengurangi limbah, tetapi juga memanfaatkan sumber daya yang ada secara optimal. Selain itu, tongkol jagung memiliki kandungan selulosa yang tinggi, yang berkontribusi pada pembentukan struktur poros yang baik dalam arang aktif, sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsinya terhadap polutan.

Sementara itu, cangkang kemiri juga merupakan limbah yang melimpah dan kaya akan lignin, yang dapat meningkatkan daya adsorpsi arang aktif. Penggunaan cangkang kemiri sebagai bahan baku tidak hanya memberikan nilai tambah bagi limbah tersebut, tetapi juga mendukung praktik keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya alam. Dengan menggabungkan kedua bahan ini, penelitian ini bertujuan untuk

menghasilkan arang aktif yang efektif dalam menyaring gas buang berbahaya dari insinerator, sekaligus memberikan solusi inovatif dalam pengelolaan limbah organik.

Desain Penelitian

Desain penelitian ini bersifat eksperimental laboratorium, yang memungkinkan pengujian langsung dalam kondisi yang terkontrol. Uji coba difokuskan pada kemampuan arang aktif untuk menyerap gas-gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan sulfur dioksida (SO₂).

Bahan dan Alat

Bahan dan alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Bahan:** Limbah pertanian berupa tongkol jagung dan cangkang kemiri yang dikeringkan dan diproses menjadi arang aktif.
- Alat:**

Insinerator: Alat ini digunakan untuk melakukan proses pembakaran limbah, yang akan menghasilkan gas buang (Gambar 1).

Filter Arang Aktif: Tabung yang diisi dengan arang aktif berbahan dasar limbah untuk menyaring gas buang.

Gas Analyzer (emission gas portable): Alat untuk mengukur konsentrasi polutan seperti CO dan SO₂ sebelum dan sesudah proses filtrasi, dalam penelitian ini menggunakan model ECOM J2KN (Gambar 2).

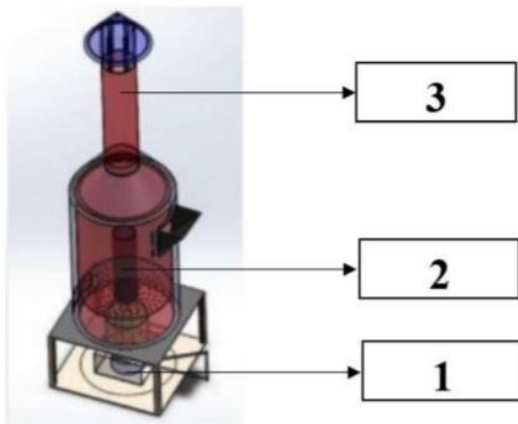
Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian dilakukan secara sistematis untuk memastikan konsistensi hasil. Prosedur penelitian dirinci sebagai berikut:

Preparasi Arang Aktif:

- Limbah pertanian (tongkol jagung dan cangkang kemiri) dibersihkan dan dikeringkan.

- b. Bahan kemudian melalui proses pirolisis pada suhu tinggi dalam kondisi minim oksigen untuk menghasilkan arang aktif.
- c. Arang aktif yang dihasilkan didinginkan, dihaluskan, dan dikarakterisasi untuk memastikan kapasitas adsorpsi yang optimal.



Gambar 1. Sistem Insinerator dengan penyaring gas buang (1: bagian pembakaran, 2: ruang penyaringan dan 3: cerobong pembuangan)

Pengujian Filtrasi Gas Buang:

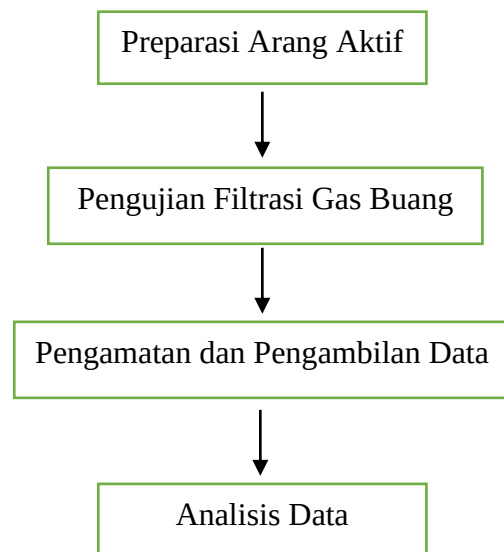
- a. Gas buang dihasilkan dengan membakar limbah dalam insinerator.
- b. Gas buang diarahkan menuju filter arang aktif, yang telah dipasang dalam jalur aliran gas.
- c. Kadar CO dan SO₂ diukur menggunakan gas analyzer sebelum gas melewati filter dan setelah proses filtrasi, untuk mengetahui perubahan konsentrasi polutan.



Gambar 2. ECOM J2KN

Pengamatan dan Pengambilan Data:

- a. Proses pengukuran dilakukan masing-masing 3 (tiga) kali untuk yang tanpa filter dan dengan menggunakan filter.
- b. Data hasil pengukuran berupa konsentrasi gas CO dan SO₂ dicatat dan dianalisis untuk menentukan efektivitas arang aktif dalam menurunkan kadar polutan.



Gambar 3. Diagram alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengevaluasi arang aktif berbasis limbah pertanian, yaitu tongkol jagung dan cangkang kemiri, dalam menyaring gas buang dari proses pembakaran pada insinerator. Pengukuran konsentrasi polutan dilakukan untuk dua jenis gas berbahaya utama, yaitu karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x), sebelum dan sesudah melalui filter arang aktif.

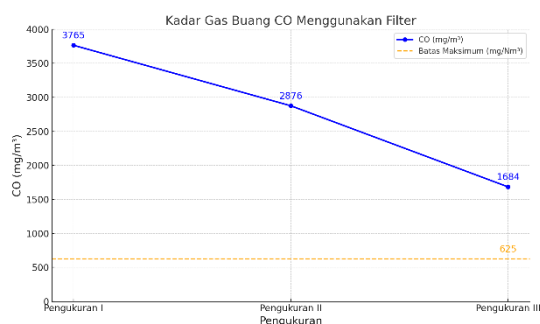
Analisis hasil penelitian dilakukan dengan metode rata-rata, dan hasilnya disajikan secara terperinci dalam tabel 1, dengan konsentrasi gas buang dinyatakan mg/m³.

Tabel 1. Perbandingan konsentrasi gas buang tanpa dan menggunakan filter.

No	Gas Buang	Tanpa Filter	Menggunakan Filter
1	CO	0	2.775
2	SO ₂	473	56
3	NO ₂	0	0

Tabel di atas menunjukkan perolehan gas buang 0 mg/m³ yang dimana batas maksimum gas CO itu sebesar 625 mg/m³. Tidak terdapatnya nilai yang diperoleh oleh alat ECOM J2KN disebabkan oleh pembakarannya yang optimal atau pembakaran sempurna. Keadaan optimal yang dimaksud merujuk pada kondisi pembakaran yang berlangsung secara efisien dan menghasilkan sedikit emisi yang tidak diinginkan seperti gas CO.

Setelah penggunaan filter, gas CO terbaca sangat tinggi dengan nilai rata-rata 2775 mg/m³ dan nilai tersebut sudah melebihi batas maksimum. Akan tetapi, gas CO mengalami penurunan jumlah kadar tiap pengukuran berikutnya (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan filter pada insinerator sangat berpengaruh untuk mengurangi kadar gas CO yang dihasilkan insinerator.

**Gambar 3.** Kadar Gas Buang CO menggunakan filter

Standar kualitas udara untuk SO₂ yaitu 473 mg/m³. Sehingga dapat dikatakan gas buang insinerator tanpa menggunakan filter melebihi standar kualitas udara yang telah ditetapkan dan memberikan dampak buruk pada lingkungan. Paparan gas SO₂ memiliki dampak negatif yang signifikan bagi system

pernapasan dan paru-paru. Inflamasi yang dipicu SO₂ dapat menghasilkan gejala seperti batuk, peningkatan produksi lendir, dan memperburuk kondisi asma serta bronchitis kronis.

Namun, setelah penggunaan filter kadar gas SO₂ tersebut menurun drastis, yaitu sebesar 56 mg/m³. Nilai tersebut sudah berada di bawah batas maksimum. Dalam artian, pada pembakaran insinerator dengan menggunakan filter, sangat berpengaruh untuk menurunkan kadar SO₂ yang dimana keberadaannya berbahaya bagi Kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya.

Pengukuran gas buang pada insinerator tidak terdapat sama sekali gas NO₂ yang terbaca oleh alat ECOM J2KN. Sehingga dapat dikatakan bahwa pembakaran sampah menggunakan insinerator tergolong optimal dan tidak berbahaya bagi Kesehatan manusia dan kerusakan lingkungan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan arang aktif berbasis limbah organik, seperti tongkol jagung dan cangkang kemiri, efektif dalam menurunkan kadar gas berbahaya dari gas buang insinerator, terutama karbon monoksida (CO) dan sulfur dioksida (SO₂). Hasil pengujian menunjukkan bahwa filter arang aktif mampu secara signifikan mengurangi konsentrasi SO₂ hingga mencapai batas aman yang ditetapkan, sedangkan konsentrasi CO juga menunjukkan tren penurunan yang konsisten meskipun masih berada di atas ambang batas maksimum. Selain itu, tidak terdeteksi adanya nitrogen dioksida (NO₂) dalam gas buang, yang menunjukkan proses pembakaran yang optimal. Oleh karena itu, filter arang aktif berbasis limbah organik berpotensi sebagai solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk pengelolaan polusi udara dari proses insinerasi. Penelitian ini mendukung pemanfaatan sumber daya lokal

untuk filtrasi gas buang, yang sekaligus berkontribusi pada pengelolaan limbah dan perlindungan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. e. a. Smith, "Impact of Incineration on Air Quality: A Review.," *nvironmental Science and Pollution Research*, 2020.
- [2] L. e. a. Zhang, "Adsorption of Toxic Gases by Activated Carbon: A Comprehensive Study.," *ournal of Hazardous Materials.*, 2021.
- [3] Kim, H., & Lee, S, "Utilization of Agricultural Waste for Activated Carbon Production: A Sustainable Approach," *Waste Management*, 2022.
- [4] A. e. a. Susanto, "Biomass Waste as a Source of Activated Carbon: Characterization and Application.," *Renewable Energy* , 2023.
- [5] M. e. a. Rahman, "Innovations in Waste Management: Sustainable Solutions for Urban Areas," *Journal of Cleaner Production*, 2022.
- [6] Chen, H., Zhang, Q., & Liu, Y, "Efficiency of Agricultural Waste-Derived Activated Carbon in Industrial Flue Gas Treatment: A Comparative Study.," *Environmental Technology & Innovation*, 2023.
- [7] Kumar, A., Singh, R., & Mehta, P, "Sustainable Waste Management Practices for Urban Emission Control: The Role of Local Organic Waste in Activated Carbon Production.," *Journal of Cleaner Production*, 2023.
- [8] Lee, J., & Choi, S, "Removal Efficiency of SO₂ and NO_x Using Organic Waste-Based Activated Carbon in Air Pollution Control Systems," *Journal of Environmental Management*, 2023.
- [9] Ahmad, R., & Sari, D., "Penggunaan Arang Aktif dari Limbah Pertanian dalam Penyaringan Gas Berbahaya," *Jurnal Lingkungan dan Teknologi*, vol. 10(2), pp. 45-58, 2023.
- [10] Budi, T, "Karakterisasi Arang Aktif dari Cangkang Kemiri untuk Penyerapan CO dan SO₂," *Jurnal Kimia dan Material*, vol. 15(3), pp. 123-130, 2022.
- [11] Cahyani, R, " Efektivitas Arang Aktif dalam Mengurangi Emisi Gas Berbahaya," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 15(3), pp. 200-210, 2023.
- [12] L. Dewi, "Proses Pirolisis Limbah Pertanian: Potensi dan Aplikasi," *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, vol. 8(1), pp. 75-82, 2024.
- [13] Fitria, A., & Nugroho, S, " Analisis Data Pengukuran Gas Menggunakan Gas Analyzer," *Jurnal Analisis dan*

- Statistik*, vol. 5(4), pp. 300-310, 2023.
- [14] N. Hidayati, "Inovasi dalam Pengolahan Limbah Pertanian Menjadi Arang Aktif," *Jurnal Teknologi dan Inovasi*, vol. 11(2), pp. 150-160, 2022.
- [15] M. Iskandar, "Pengaruh Suhu pada Proses Pirolisis Arang Aktif," *Jurnal Energi Terbarukan*, vol. 9(3), pp. 90-98, 2023.
- [16] A. Junaidi, "Perbandingan Metode Filtrasi Gas Berbahaya," *Jurnal Lingkungan dan Kesehatan*, vol. 14(1), pp. 50-60, 2024.
- [17] Y. Kurniawan, "Dampak Lingkungan dari Gas Berbahaya," *Jurnal Ekologi dan Lingkungan*, vol. 7(2), pp. 110-120, 2023.
- [18] P. Lestari, "Sistem Filtrasi Gas dengan Arang Aktif," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 13(1), pp. 25-35, 2022.
- [19] R. Maulana, "Pengukuran Konsentrasi Gas CO dan SO₂ Menggunakan ECOM J2KN," *Jurnal Teknologi Instrumentasi*, vol. 6(2), pp. 140-150, 2023.
- [20] S. Nuraini, "Studi Kasus: Efektivitas Arang Aktif dalam Menyerap Polutan.," *Jurnal Penelitian Lingkungan*, vol. 10(3), pp. 200-215, 2024.

