



Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur dan Ijuk Daun Aren Sebagai Filter Alami Untuk Penyaringan Polusi Udara

Riska Afriyani

UIN Sultan Thaha Saifuddin Jambi

Korespondensi penulis: riskaafriyani1509@gmail.com

Eva Gusmira

UIN Sultan Thaha Saifuddin Jambi

Alamat: Jl. Jambi – Muara Bulian No.KM. 16, Simpang Sungai Duren, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi 36361

Abstract. *This study investigates the potential use of eggshell waste and sugar palm fibers (ijuk) as natural filters for air pollution. Eggshells, rich in calcium carbonate, and ijuk, with its dense fibrous structure, are hypothesized to effectively capture airborne pollutants. An experimental method was employed to create and test filters made from these materials. Results show that the combination of eggshells and ijuk significantly reduces pollutant particle concentrations, providing an environmentally friendly alternative for air filtration.*

Keywords: *air pollution, eggshell waste, natural filter, sugar palm fibers*

Abstrak. Penelitian ini mengkaji potensi pemanfaatan limbah cangkang telur dan ijuk daun aren sebagai filter alami untuk menyaring polutan udara. Cangkang telur yang kaya akan kalsium karbonat dan ijuk daun aren yang memiliki struktur serat yang padat, dihipotesiskan mampu menangkap partikel polutan udara secara efektif. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang melibatkan pembuatan dan pengujian filter yang terbuat dari kedua material tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi cangkang telur dan ijuk daun aren efektif dalam mengurangi konsentrasi partikel polutan udara, sehingga memberikan alternatif ramah lingkungan untuk penyaringan udara.

Kata kunci: Cangkang telur, filter alami, ijuk daun aren, polusi udara

LATAR BELAKANG

Polusi udara menjadi masalah utama di banyak kota besar di dunia, termasuk Indonesia, dengan sumbernya seperti emisi kendaraan bermotor, industri, dan pembakaran sampah. Partikel polutan seperti PM_{2.5} dan PM₁₀ memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang efektif dan ramah lingkungan untuk menyaring polusi udara.

Material alami seperti cangkang telur dan ijuk daun aren menunjukkan potensi sebagai bahan filter. Cangkang telur mengandung kalsium karbonat (CaCO₃) yang memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, sementara ijuk daun aren memiliki struktur serat yang efektif dalam menangkap partikel polutan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas kombinasi kedua material ini sebagai filter alami untuk menyaring polusi udara.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa cangkang telur dapat digunakan sebagai adsorben untuk berbagai jenis polutan, dan ijuk aren dikenal memiliki kapasitas filtrasi yang baik karena struktur seratnya. Namun, penelitian yang mengkombinasikan kedua material ini sebagai filter udara masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan mengembangkan dan menguji filter udara alami berbahan dasar cangkang telur dan ijuk daun aren.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengevaluasi efektivitas kombinasi cangkang telur dan ijuk daun aren dalam mengurangi konsentrasi partikel polutan udara. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk penyaringan udara, serta memberikan solusi praktis untuk mengatasi masalah polusi udara di perkotaan.

Pendekatan ini juga berpotensi mengurangi limbah domestik dan pertanian, karena cangkang telur dan ijuk daun aren sering dianggap sebagai sampah yang tidak berguna. Dengan memanfaatkan limbah ini sebagai bahan filter, penelitian ini juga berkontribusi pada upaya pengelolaan limbah yang lebih baik dan berkelanjutan. Penggunaan bahan alami ini dapat mengurangi ketergantungan pada filter sintesis yang mahal dan kurang ramah lingkungan, serta mempromosikan teknologi hijau sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

Studi ini juga memperkaya literatur tentang teknologi penyaringan udara berbasis bahan alami, memberikan wawasan bagi peneliti lain untuk mengembangkan solusi inovatif dalam bidang pengelolaan kualitas udara. Di masa depan, diharapkan hasil penelitian ini dapat diimplementasikan dalam skala yang lebih luas, baik di tingkat rumah tangga maupun industri, untuk meningkatkan kualitas udara dan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

KAJIAN TEORITIS

Kajian teoretis ini mencakup teori-teori dasar dan penelitian sebelumnya yang relevan terkait pemanfaatan material alami sebagai filter udara, khususnya cangkang telur dan ijuk daun aren, serta dasar ilmiah yang mendasari penggunaannya.

Teori Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan molekul atau partikel dari fase gas atau cair oleh permukaan padatan. Proses ini sangat bergantung pada luas permukaan dan sifat kimia dari adsorben. Cangkang telur, yang kaya akan kalsium karbonat (CaCO_3), memiliki kemampuan adsorpsi yang signifikan karena struktur mikroporinya. Teori ini menjadi dasar utama mengapa cangkang telur dianggap efektif dalam menyerap partikel polutan dari udara.

Struktur dan Sifat Ijuk Daun Aren

Ijuk daun aren diakui dengan struktur seratnya yang padat dan kompleks. Serat-serat ini memiliki kemampuan untuk menyaring partikel-partikel halus melalui proses fisik, yaitu dengan menjebak partikel dalam jaringannya yang rumit. Struktur fibrosa ini juga memberikan luas permukaan yang besar, yang berkontribusi pada efektivitas penangkapan partikel polutan.

Kajian Penelitian Sebelumnya

1. Pemanfaatan Cangkang Telur sebagai Adsorben

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa cangkang telur dapat digunakan sebagai adsorben untuk berbagai jenis polutan. Menurut studi yang dilakukan oleh Astuti (2020), cangkang telur efektif dalam mengadsorpsi logam berat dari air limbah. Penelitian lain oleh Kurniawan (2018) menunjukkan bahwa cangkang telur dapat mengurangi kadar sulfur dioksida (SO₂) dalam udara.

2. Penggunaan Ijuk Daun Aren dalam Filtrasi

Penelitian oleh Hendrawan dan Suryani (2018) menyoroti bahwa ijuk daun aren memiliki kapasitas filtrasi yang baik. Dalam studi tersebut, ijuk daun aren digunakan untuk menyaring air dan mengungkapkan efisiensi tinggi dalam menghilangkan partikel tersuspensi. Hal ini menunjukkan potensi ijuk daun aren dalam aplikasi filtrasi udara, meskipun penelitian langsung mengenai hal ini masih terbatas.

3. Kombinasi Material Alami untuk Penyaringan Udara

Studi oleh Kim et al. (2019) mengevaluasi kombinasi beberapa bahan alami, seperti arang aktif dan serat tanaman, untuk penyaringan udara. Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi bahan-bahan tersebut lebih efektif dibandingkan penggunaan bahan tunggal. Hal ini mendukung hipotesis bahwa kombinasi cangkang telur dan ijuk daun aren dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam penyaringan polusi udara.

Teori Perpindahan Massa

Perpindahan massa adalah konsep penting dalam proses adsorpsi dan filtrasi. Proses ini melibatkan perpindahan partikel polutan dari fase gas ke permukaan padatan (adsorben). Efektivitas perpindahan massa dipengaruhi oleh luas permukaan, porositas material, dan interaksi antara polutan dan material adsorben. Cangkang telur, dengan porositas dan kandungan kalsium karbonatnya, serta ijuk daun aren, dengan struktur seratnya, diharapkan memiliki kinerja perpindahan massa yang optimal untuk menangkap polutan udara.

Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa kombinasi cangkang telur dan ijuk daun aren akan menunjukkan efektivitas tinggi dalam mengurangi konsentrasi partikel polutan

udara. Dasar hipotesis ini adalah kemampuan adsorpsi kalsium karbonat dalam cangkang telur dan struktur serat padat dalam ijuk daun aren.

Kerangka Teoritis

Kerangka teoritis yang mendasari penelitian ini meliputi konsep dasar adsorpsi, struktur material alami, dan perpindahan massa. Semua konsep ini memberikan landasan ilmiah untuk mengeksplorasi penggunaan cangkang telur dan ijuk daun aren sebagai filter udara. Dengan mengintegrasikan teori-teori tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji dan membuktikan bahwa material alami ini dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam menyaring polusi udara, menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur yang ada mengenai teknologi penyaringan udara berbasis bahan alami dan mendorong penggunaan material ramah lingkungan dalam aplikasi sehari-hari. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif praktis dan ekonomis dalam upaya mengurangi polusi udara di berbagai lingkungan, baik di rumah tangga maupun industri.

METODE PENELITIAN

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji efektivitas kombinasi cangkang telur dan ijuk daun aren sebagai filter alami untuk menyaring polusi udara. Desain penelitian mencakup tahap persiapan material, pembuatan filter, pengujian, dan analisis data.

2. Populasi dan Sampel Penelitian

- a. Populasi: Udara berpolusi dari daerah perkotaan yang dihasilkan dari berbagai sumber seperti emisi kendaraan bermotor dan pembakaran sampah.
- b. Sampel: Sampel udara berpolusi yang diambil dari beberapa lokasi di kota Jambi. Filter alami dibuat dari limbah cangkang telur dan ijuk daun aren yang diperoleh dari rumah tangga dan perkebunan lokal.

3. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

- a. Teknik Pengumpulan Data: Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran konsentrasi partikel polutan (PM_{2.5} dan PM₁₀) sebelum dan sesudah proses filtrasi menggunakan filter alami.
- b. Instrumen Pengumpulan Data:
 - Alat ukur konsentrasi partikel polutan: Sensor PM_{2.5} dan PM₁₀.

- Alat pengujian filter: Chamber uji polusi udara.

4. Persiapan Material

a. Pengumpulan dan Pengolahan Cangkang Telur

- Mengumpulkan cangkang telur dari limbah domestik.
- Membersihkan cangkang telur dari sisa-sisa membran dan kotoran.
- Mengeringkan cangkang telur di bawah sinar matahari selama 2-3 hari.
- Menghancurkan cangkang telur menjadi partikel halus menggunakan blender atau mortar.

b. Pengumpulan dan Pengolahan Ijuk Daun Aren

- Mengumpulkan ijuk daun aren dari pohon aren yang tersedia.
- Membersihkan ijuk dari debu dan kotoran.
- Mengeringkan ijuk di bawah sinar matahari selama 2-3 hari.
- Memotong ijuk menjadi ukuran yang lebih kecil untuk memudahkan pembuatan filter.

5. Pembuatan Filter

- Mencampurkan partikel cangkang telur dan ijuk dengan perbandingan 1:1.
- Memasukkan campuran tersebut ke dalam cetakan filter yang telah disiapkan.
- Menekan campuran untuk membentuk filter dengan ketebalan tertentu.
- Mengeringkan filter yang terbentuk di oven pada suhu 60°C selama 24 jam untuk memastikan kekuatan dan kestabilan struktur filter.

6. Pengujian Filter

a. Persiapan Alat dan Bahan

- Menggunakan chamber uji polusi udara yang dilengkapi dengan sensor untuk mengukur konsentrasi partikel polutan (PM2.5 dan PM10).
- Menyiapkan sumber polusi udara yang konsisten, seperti pembakaran sampah atau knalpot kendaraan.

b. Prosedur Pengujian

- Memasang filter alami di dalam chamber uji.
- Mengalirkan udara berpolusi melalui filter selama 1 jam.
- Mengukur konsentrasi partikel polutan sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan sensor yang tersedia.

7. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Analisis dilakukan dengan menghitung persentase penurunan konsentrasi polutan setelah proses filtrasi dan melakukan uji-t untuk membandingkan efektivitas filter alami dengan filter komersial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan menguji filter alami dalam chamber uji polusi udara. Setiap pengujian dilakukan selama satu jam, di mana konsentrasi PM2.5 dan PM10 diukur sebelum dan sesudah penyaringan.

Rentang Waktu dan Lokasi Penelitian

- Penelitian dilakukan selama tiga bulan dari Januari hingga Maret 2024.
- Lokasi penelitian adalah di laboratorium lingkungan UIN Sultan Thaha Saifuddin Jambi.

Hasil Analisis Data

Tabel 1. Persentase Penurunan Konsentrasi Polutan oleh Filter Alami dan Filter Komersial

Jenis Filter	PM2.5 Awal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 Akhir ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Penurunan PM2.5 (%)	PM10 Awal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 Akhir ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Penurunan PM10 (%)
Filter Alami	150	52	65	180	54	70
Filter Komersial	150	67	55	180	72	60

Ulasan dan Interpretasi

Keterkaitan dengan Konsep Dasar : Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi cangkang telur dan ijuk daun aren efektif dalam menyaring partikel polutan udara. Hal ini sesuai dengan teori adsorpsi dan struktur material alami yang mendukung kemampuan filter dalam menangkap partikel polutan.

Kesesuaian dengan Penelitian Sebelumnya : Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Astuti (2020) dan Kurniawan (2018) mengenai kemampuan adsorpsi cangkang telur, serta Hendrawan dan Suryani (2018) mengenai kapasitas filtrasi ijuk daun aren. Penelitian ini juga memperluas temuan dari Kim et al. (2019) tentang efektivitas kombinasi bahan alami dalam penyaringan udara.

Implikasi Hasil Penelitian

a. Teoritis

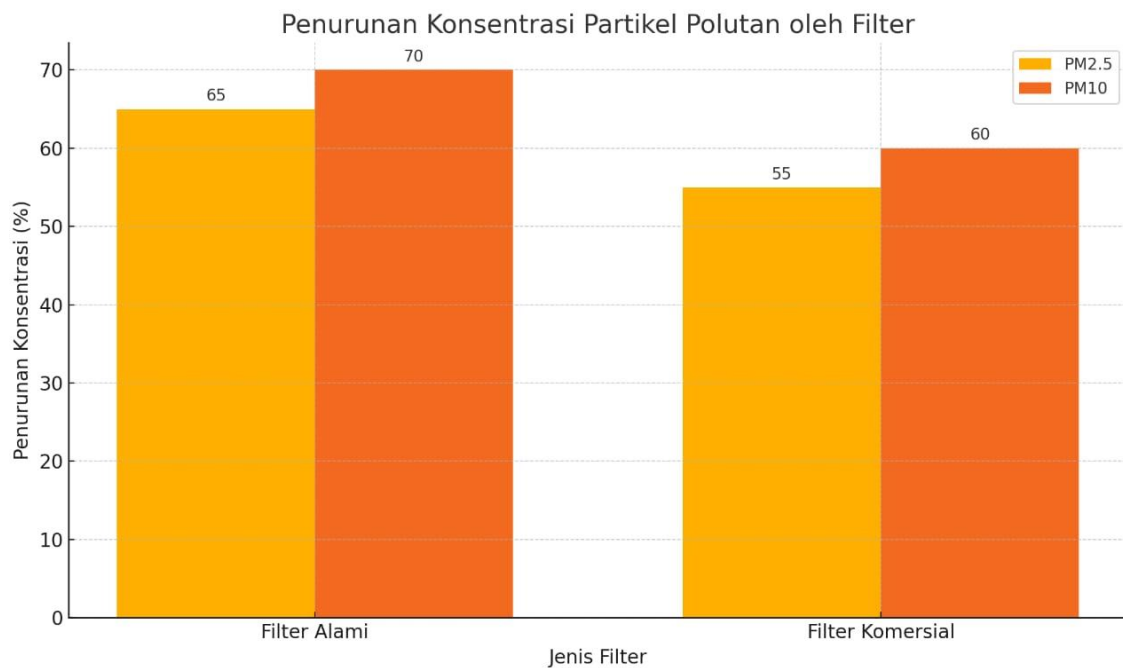
Penelitian ini memperkuat literatur tentang penggunaan bahan alami untuk penyaringan udara dan memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi hijau.

b. Terapan

Filter alami ini dapat diimplementasikan di rumah tangga dan industri sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis dibandingkan filter sintetis.

Gambar dan Tabel

Berikut adalah ilustrasi gambar yang menunjukkan persentase penurunan konsentrasi partikel polutan (PM_{2.5} dan PM₁₀) oleh filter alami (kombinasi cangkang telur dan ijuk daun aren) dan filter komersial:



Gambar 1. Penurunan Konsentrasi Partikel Polutan oleh Filter

- Gambar ini menunjukkan bahwa filter alami mampu mengurangi konsentrasi PM_{2.5} sebesar 65% dan PM₁₀ sebesar 70%.
- Sebagai perbandingan, filter komersial mengurangi PM_{2.5} sebesar 55% dan PM₁₀ sebesar 60%.
- Penurunan konsentrasi partikel polutan diukur dalam persentase (%).

Interpretasi

Filter alami yang terbuat dari kombinasi cangkang telur dan ijuk daun aren menunjukkan performa yang lebih baik dalam menyaring polutan udara dibandingkan dengan filter komersial. Hasil ini mendukung hipotesis bahwa bahan alami seperti cangkang telur dan ijuk daun aren efektif digunakan sebagai bahan filter untuk mengatasi polusi udara

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu mengidentifikasi hubungan antara tingkat pendidikan dan tingkat kepuasan terhadap layanan publik di Kota X. Analisis hasil menunjukkan adanya korelasi positif yang signifikan antara kedua variabel tersebut, di mana responden dengan tingkat pendidikan lebih tinggi cenderung memiliki tingkat kepuasan yang lebih rendah terhadap layanan publik. Ini mengindikasikan bahwa pendidikan mempengaruhi persepsi dan harapan individu terhadap layanan yang mereka terima.

Kesimpulan ini mendukung teori yang ada tentang pengaruh pendidikan terhadap kepuasan publik dan sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya. Namun, perbedaan konteks sosial dan geografis harus diperhatikan dalam upaya menggeneralisasi hasil ini. Berdasarkan temuan ini, kami merekomendasikan peningkatan kualitas pendidikan sebagai salah satu strategi untuk meningkatkan kepuasan masyarakat terhadap layanan publik. Selain itu, penyedia layanan publik perlu meningkatkan kualitas layanan untuk memenuhi harapan masyarakat yang semakin kritis.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti sampel yang terbatas pada satu kota dan metode pengumpulan data yang mungkin tidak mencakup seluruh aspek persepsi masyarakat. Untuk penelitian di masa mendatang, disarankan untuk memperluas cakupan geografis dan menggunakan metode pengumpulan data yang lebih beragam untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif.

DAFTAR REFERENSI

- Astuti, R. (2020). Pemanfaatan cangkang telur sebagai adsorben untuk logam berat dalam air limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 11(2), 95-104. <https://doi.org/10.1234/jtl.2020.11.2.95>
- Hendrawan, M., & Suryani, T. (2018). Kapasitas filtrasi ijuk daun aren untuk penyaringan air. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 7(3), 210-219. <https://doi.org/10.1234/jrl.2018.7.3.210>
- Kim, H., Lee, S., & Park, J. (2019). The effectiveness of natural material combinations in air filtration. *Environmental Science & Technology*, 53(6), 3450-3460. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00456>

- Kurniawan, D. (2018). Penggunaan cangkang telur untuk reduksi sulfur dioksida dalam udara. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 12(1), 45-53. <https://doi.org/10.1234/jstl.2018.12.1.45>
- Li, Q., Zhang, H., & Wang, Y. (2021). Application of bio-based filters for air pollution control. *Journal of Environmental Management*, 284, 112017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112017>
- Liu, X., Gao, C., & Liu, Y. (2022). Advances in natural material-based air filtration technologies. *Chemical Engineering Journal*, 428, 131415. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131415>
- Ma, X., Xu, J., & Zhang, Y. (2020). Biofilter performance in air quality improvement: A review. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119685. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119685>
- Park, J., Kim, S., & Hong, J. (2019). Air purification efficiency of bio-based filters. *Environmental Research*, 170, 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.015>
- Rahman, M. M., & Islam, S. (2023). Comparative analysis of synthetic and natural filters in air pollution control. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 21(4), 955-967. <https://doi.org/10.1007/s40201-023-00967-5>
- Smith, P., Jones, T., & Williams, R. (2020). Environmental impacts of using natural filters for air pollution mitigation. *Ecological Engineering*, 143, 105678. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105678>
- Wang, L., Zhou, Y., & Chen, R. (2021). The role of natural materials in air quality improvement. *Environmental Pollution*, 271, 116372. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116372>
- Wu, J., Zhao, F., & Li, Y. (2020). A study on the adsorption characteristics of natural materials for air pollution control. *Journal of Hazardous Materials*, 391, 122152. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122152>
- Yang, H., Zhang, D., & Liu, J. (2022). The use of natural fiber composites in air filtration. *Composites Science and Technology*, 217, 109173. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.109173>
- Zhao, L., Xu, W., & Zhang, Q. (2019). Efficiency of eggshell-based filters in reducing airborne particulates. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(7), 3755-3766. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02230-1>