

Jurnal PROTEMAN Professional Technology and Manufacturing

Vol. 2 No. 2 (2025) 69 – 76 | ISSN: 3063-2773 (Media Online)

Rancang Bangun Prototipe Model Alat Pembersih Udara Berbasis Air Untuk Meningkatkan Efisiensi Perangkap Debu

Fita delni¹, Menhendry^{2*}, Sir Anderson³

^{1,2,3}Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

³Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

*corresponding author: menhendry@pnp.ac.id

Abstract

Air pollution from transportation and industrial activities is a serious issue affecting public health. This study designed and developed a water-based air purifier model as an environmentally friendly and energy-efficient solution. The device was constructed from acrylic with three filtration chambers using water as the medium and fans to drive airflow. Tests using cement dust, face powder, and chili powder (15-75 g) were conducted visually based on water clarity, dust sediment, and outlet air quality. The result showed that dust particles were effectively trapped, especially in the first chamber, with cleaner outlet air and low operational costs. The models proved effective in reducing dust concentration and has the potential to be further developed for household and industrial applications.

Keywords: air pollution, air purifier, wet scrubber, dust, efficiency

Abstrak

Polusi udara akibat aktivitas transportasi dan industri menjadi masalah serius yang berdampak pada Kesehatan Masyarakat. Penelitian ini merancang dan membangun model alat pembersih udara berbasis air sebagai solusi alternatif yang ramah lingkungan dan hemat energi. Alat dibuat dari akrilik dengan tiga chamber penyaringan menggunakan media air dan kipas sebagai penggerak aliran udara. Pengujian menggunakan debu semen, bedak tabur, dan cabai bubuk (15-75 g) dilakukan secara visual melalui kejernihan air, endapan debu, dan kualitas udara keluar. Hasil menunjukkan partikel debu berhasil terperangkap, terutama di chamber pertama, dengan udara keluaran bersih dan biaya operasional rendah. Model ini terbukti efektif mengurangi konsentrasi debu serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk rumah tangga maupun industri.

Kata kunci: polusi udara, pembersih udara, wet scrubber, debu, efisiensi

Diterima Redaksi : 03-10-2025 | Selesai Revisi : 05-10-2025 | Diterima : 06-10-2025

1. Pendahuluan

Polusi dan kerusakan lingkungan saat ini menjadi permasalahan yang terjadi di berbagai wilayah, termasuk di Kota Padang. Beberapa permasalahan muncul seperti polusi udara yang disebabkan oleh kendaraan dan kegiatan industri serta Pembangunan yang meningkat, limbah plastik yang belum tertangani dengan baik, terbatasnya akses air bersih di daerah pinggiran kota, potensi kebakaran di permukiman penduduk serta penggunaan mesin manual yang makin memperburuk emisi. Permasalahan ini tidak hanya berdampak terhadap kesehatan lingkungan, tetapi juga berpengaruh terhadap kualitas hidup masyarakat di Kota Padang.

Salah satu masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah polusi udara yang berasal dari kendaraan dan aktivitas industri, yang dalam jangka Panjang dapat menyebabkan Pencemaran lingkungan dan berdampak buruk terhadap kesehatan masyarakat.

Berbagai solusi diusulkan untuk mengatasi polusi udara yang berkaitan dengan debu ini. Beberapa di antaranya adalah melakukan penghijauan dan reboisasi di area perbatasan kota maupun kawasan industri untuk menyaring polutan secara alami, mengedukasi masyarakat melalui kampanye kesadaran lingkungan agar lebih peduli terhadap dampak polusi udara, mengurangi kendaraan pribadi dengan Masyarakat beralih ke transportasi umum, memasang filter partikulat pada cerobong asap industri agar debu tidak langsung terlepas ke atmosfer serta membuat alat pembersih udara berbasis air yang mampu menangkap debu.

Pada penelitian kali ini penulis mengambil Solusi dengan membuat model alat pembersih udara berbasis air yang nantinya bisa jadi acuan pengembangan pada alat sebenarnya. Berbeda dengan teknologi penyaring udara lainnya seperti electrostatic precipitator (ESP), HEPA filter, dan baghouse filter, sistem berbasis air memiliki keunggulan dari segi dampak lingkungan dan konsumsi energi. Media filter kering seperti HEPA memerlukan penggantian berkala dan menghasilkan

limbah padat yang mengandung partikel berbahaya. Limbah ini memerlukan penanganan khusus dan tidak bisa dibuang sembarangan karena dapat mencemari tanah maupun air jika mengandung logam berat atau zat kimia lainnya [1].

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis mengambil judul "Rancang Bangun model Alat Pembersih Udara Berbasis Air Untuk Meningkatkan Efisiensi Perangkap Debu". Tugas Akhir ini bertujuan untuk merancang dan membuat model alat pembersih udara berbasis air yang hemat energi dan efisien, sebagai solusi untuk mengurangi debu.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen melalui perancangan, pembuatan, dan pengujian model alat.

2.1. Perancangan Alat

Model alat dibuat dari akrilik berukuran $50 \times 40 \times 30$ cm dengan tiga chamber zigzag berisi air. Ketinggian air ± 5 cm dari dasar. Sistem dilengkapi dua kipas DC: inlet fan 8 cm (2800 rpm, 5V, 0,25A) dan outlet fan 12 cm (1200 rpm, 5V, 0,25A).

2.2. Perhitungan Teknis

$$V = p \times l \times t \quad (2.1)$$

1). Alas dan tutup: $50 \times 40 \text{ cm} = 2000 \text{ cm}$
 2). Sisi depan dan belakang: $50 \times 30 \text{ cm} = 1500 \text{ cm}$
 3). Sisi kiri dan kanan: $40 \times 30 \text{ cm} = 1200 \text{ cm}$.
 Jadi, total luas rangka adalah $4700 \text{ cm}^2 \times 2 = 9400 \text{ cm}^2$.
 Dengan ketebalan akrilik 3 mm (0,3 cm), maka total volume bahan adalah 2.820 cm^3 ini menunjukkan banyak bahan yang dipakai.
 Volume ruang chamber yaitu : $V = p \times l \times t_{\text{air}} = 0.5 \times 0.4 \times 0.05 = 0.01 \text{ m}^3 = 10 \text{ L}$ ruang yang tersedia untuk aliran udara dan air

2.2. Uji Coba

Pengujian dilakukan dengan memasukkan campuran debu (35 g: 25 g bedak + 10 g cabai bubuk). Udara keluar diamati secara visual (kejernihan air, endapan debu, udara keluaran).

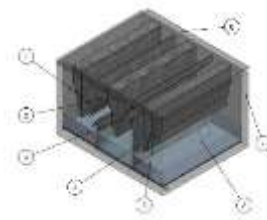
Tabel 1. Tabel Uji Coba Model Alat

No	Total Debu (g)	Kekeruhan Air C1	Kekeruhan Air C2	Kekeruhan Air C3	Tebal Endapan	Kebersihan Udara Keluar	Residu Kasa Outlet
1	15	1	0	0	1	5	0
2	30	2	1	0	2	4	1
3	45	3	2	1	3	4	1
4	60	4	3	1	4	3	2
5	75	5	4	2	5	3	3

2.3. Gambar

Gambar diberi nomor sesuai urutan presentasi (Gambar.1, dst.). Judul gambar diletakkan dibawah

gambar dengan posisi tengah (*centre justified*). Font yang dipakai dalam judul gambar berukuran 8pt. Gambar harus diacu dan dirujuk dalam text.



Gambar 1. Iometru

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan tiga jenis debu: semen (partikel berat), bedak tabur (partikel halus), dan cabe bubuk (partikel ringan). Variasi total debu: 15 g, 30 g, 45 g, 60 g, dan 75 g. Setiap pengujian dinilai berdasarkan indikator visual, yaitu:

1. Kejernihan air dalam chamber
2. Jumlah endapan debu
3. Kondisi udara yang keluar
4. Residu pada kain kasa outlet

3.1. Hasil Uji Coba Pada Tabel 1

Untuk memudahkan melihat hasil setiap percobaan, semua pengamatan visual diberi skor dengan skala 0 sampai 5. Skor 0 artinya tidak ada perubahan yang terlihat, sedangkan skor 5 menunjukkan perubahan yang paling jelas. Dengan cara ini, perubahan dari percobaan pertama sampai kelima bisa lebih mudah dibandingkan. Rekapitulasi hasil penilaian visual ditampilkan pada Tabel 4.3. Keterangan skala yaitu: 0 = tidak terlihat, 1 = sangat ringan, 2 = ringan, 3 = sedang, 4 = kuat/pekat, 5 = sangat kuat/sangat pekat. Kebersihan Udara Keluar: 5 = sangat bersih, 1 = sangat tidak bersih.

Dari tabel bisa dilihat kalau makin banyak debu yang dimasukkan, air di setiap chamber semakin keruh. Chamber pertama selalu jadi bagian yang paling cepat keruh karena langsung bersentuhan dengan udara yang membawa debu. Pada chamber kedua dan ketiga, perubahan tetap ada tapi tidak sekuat chamber pertama. Endapan debu di dasar chamber juga semakin tebal dari percobaan ke percobaan, terutama karena partikel berat seperti semen langsung jatuh ke dasar air. Sementara itu, udara yang keluar dari alat masih terlihat cukup jernih sampai percobaan ketiga. Setelah percobaan keempat dan kelima, mulai ada penurunan kejernihan karena partikel halus seperti bedak tabur masih bisa lolos. Residu pada kain kasa di outlet juga makin terlihat seiring bertambahnya jumlah debu, tapi jumlahnya tetap jauh lebih kecil dibanding debu yang masuk. Ini menandakan sebagian besar debu memang berhasil ditahan oleh air.

Secara keseluruhan, tren hasil ini menunjukkan bahwa alat berbasis air yang dibuat cukup efektif menangkap debu. Meski belum bisa menahan debu yang sangat halus sepenuhnya, hasil visual ini sudah cukup membuktikan kalau model alat mampu meningkatkan kemampuan perangkap debu dibandingkan tanpa alat sama sekali.

3.2. Analisa Hasil Uji Coba

1. Jenis debu

- 1). Semen langsung mengendap di chamber pertama.
- 2). Cabe bubuk terbawa ke chamber kedua sebelum tertangkap air.
- 3). Bedak tabur masih ada sebagian kecil lolos hingga outlet.

2. Pengaruh jumlah debu

- 1). Semakin banyak debu → air semakin keruh, endapan makin tebal, residu di outlet bertambah sedikit.
- 2). Udara keluar tetap terlihat lebih bersih pada semua percobaan.

3. Hubungan dengan efisiensi perangkap debu

- 1). Walaupun tidak dinyatakan dalam angka %, hasil visual menunjukkan bahwa alat mampu meningkatkan efisiensi perangkap debu.
- 2). Semakin besar beban debu, semakin terlihat fungsi media air dalam menahan partikel.

4. Kesimpulan

1). Perancangan dan Pembuatan Model Alat:

Model alat pembersih udara berbasis air berhasil dirancang dan dibuat menggunakan bahan utama akrilik, dengan struktur tiga chamber dan sistem penyaringan bertingkat menggunakan air dan sekat berbentuk zig-zag. Alat dilengkapi dengan dua buah kipas (inlet dan outlet) untuk menciptakan sirkulasi udara. Tahapan pembuatan melalui proses iteratif dari percobaan pertama hingga percobaan final. Keberhasilan alat ini ditunjukkan dari hasil pengujian, di mana udara yang keluar dari chamber ketiga (ruang K3) tampak lebih bersih dan jernih, serta jumlah partikel debu yang keluar jauh lebih sedikit dibandingkan jumlah debu yang masuk. Selain itu, sirkulasi udara berjalan lancar tanpa hambatan, dan alat mampu menyaring debu halus secara efektif dengan menggunakan air sebagai media utama.

2). Perencanaan Perhitungan Model:

Perencanaan perhitungan pada model dilakukan terhadap beberapa komponen utama, yaitu rangka, sekat, volume air dalam chamber, dan debit udara. Rangka alat dibuat menggunakan bahan akrilik 3 mm

dengan luas total permukaan sekitar 9.400 cm^2 , dan volume bahan mencapai 2.820 cm^3 . Ukuran keseluruhan chamber adalah $50 \times 40 \times 30 \text{ cm}$, dengan ketinggian air rata-rata 5 cm, menghasilkan volume efektif chamber sekitar $0,01 \text{ m}^3$. Sekat dirancang dari akrilik 2 mm dan disusun secara zig-zag untuk mengarahkan aliran udara agar partikel lebih banyak terkena permukaan air, serta dibatasi oleh dua pembatas air antar chamber. Dari sisi aliran udara, kipas pada alat menghasilkan debit sebesar $0,028 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan kecepatan aliran yang memungkinkan sirkulasi penuh udara dalam chamber hanya dalam waktu sekitar 0,35 detik. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa model mampu 50 mensirkulasikan udara secara cepat dan efisien, sesuai dengan kapasitas yang direncanakan. Hal ini menandakan bahwa rancangan alat tidak hanya berhasil secara fisik, tetapi juga memenuhi standar fungsional yang dibutuhkan untuk proses penyaringan udara berbasis air.

3). Uji coba dan Efisiensi Penyaringan

Pengujian alat dilakukan dengan cara mengalirkan udara berdebu ke dalam alat, kemudian membandingkan kondisi udara sebelum masuk dan setelah keluar dengan penilaian skala visual 0–5. Dari hasil pengujian pada beberapa percobaan, udara sebelum masuk memiliki skor rata-rata 4–5 (sangat berdebu), sedangkan setelah melewati alat skor turun menjadi 1–2. Penurunan nilai skor ini menunjukkan bahwa alat mampu mengurangi kepadatan debu secara signifikan.

Efisiensi penyaringan diperoleh karena:

- 1). Sekat zig-zag memaksa udara lebih sering bersinggungan dengan air, sehingga partikel debu lebih mudah terperangkap.
- 2). Air dalam chamber berfungsi sebagai media penangkap utama yang menjerat partikel debu sehingga tidak ikut keluar bersama udara.
- 3). Kipas inlet dan outlet menjaga aliran udara tetap stabil melewati setiap chamber, sehingga proses penyaringan berlangsung konsisten.

Dengan demikian, hasil uji coba menunjukkan bahwa alat pembersih udara berbasis air ini efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan udara berdebu, terbukti dari konsistensi hasil uji pada semua percobaan yang menunjukkan perbedaan signifikan antara udara sebelum masuk dan sesudah keluar dari alat.

Ucapan Terimakasih [jika ada]

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Padang, Jurusan Teknik Mesin, Program Studi D-IV Teknik Manufaktur serta dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Environmental Protection Agency, "Air filter guidance: HEPA and environmental impacts," 2021, *U.S. Environmental Protection Agency*.
- [2] R. J. Shaughnessy and R. G. Sextro, "What is an effective portable air cleaning device? A review," *J. Occup. Environ. Hyg.*, vol. 3, no. 4, pp. 169–181, 2006, doi: 10.1080/15459620600580129.
- [3] U.S. Environmental Protection Agency, "Air pollution control technology fact sheet: Electrostatic precipitators (ESP)," 2020, *U.S. EPA*.
- [4] R. Bächler, *Pulse-jet cleaning systems in baghouse filters*. Springer, 2023.
- [5] A. Yusnita and A. Ardam, "Studi Efektivitas Dust Collector pada Pabrik Indarung IV PT Semen Padang," *J. Tek. Lingkungan*, vol. 9, no. 1, pp. 45–52, 2017.
- [6] A. Ertas and J. C. Jones, *The Engineering Design Process*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 1996.
- [7] World Health Organization, *Health effects of particulate matter: Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia*. WHO Regional Office for Europe, 2013.
- [8] Environmental Protection Agency, "Carbon monoxide (CO) pollution in outdoor air," 2016, *U.S. Environmental Protection Agency*.
- [9] N. A. Ghazali, N. Y. M. J. Omar, M. T. Latif, M. R. Abas, and L. Juneng, "Dampak Polusi Udara Terhadap Kesehatan di Wilayah Perkotaan," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 156, no. 1–4, pp. 263–276, 2009.
- [10] J. H. Seinfeld and S. N. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2006.
- [11] W. C. Hinds, *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*, 2nd ed. Wiley-Interscience, 1999.
- [12] W. D. Callister, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 7th ed. John Wiley & Sons, 2007.
- [13] M. F. Ashby and K. Johnson, *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design*. Butterworth-Heinemann, 2002.
- [14] C. ku, "KEPALA GAMBAR (ETIKET)," Jan. 2014. [Online]. Available: <https://rifki20.blogspot.com/2014/01/kepala-gambar-etiket.html?m=1>
- [15] TukangGambar 3D, "Perbedaan proyeksi Eropa dan Amerika," 2024.
- [16] Ilmu Kapal dan Logistik, "Jenis potongan dalam gambar teknik," 2022.
- [17] "t: Ketebalan material (cm atau m) Sumber: Saptaji, Agus. (2011)."
- [18] "Sumber: Tipler, Paul A. & Mosca, Gene. (2007)."
- [19] "Sumber: Young, Hugh D. & Freedman, Roger A. (2012)."
- [20] Y. A. Çengel and J. M. Cimbala, *Fluid mechanics: Fundamentals and applications*, 2nd ed. McGraw-Hill, 2010.
- [21] "Q: Debit udara (m³/s) Sumber: White, Frank M. (2011)."
- [22] Midiatama, "Alat pelindung diri sarung tangan," 2022.
- [23] R. J. Safety, "Masker pelindung industri," 2024.
- [24] P. T. S. A. Sejahtera, "Kacamata pelindung industri," 2024.
- [25] J. Cho and P. Raftery, "Face velocity considerations in air handler selection," *ASHRAE Trans.*, vol. 122, no. 2, pp. 169–177, 2016, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/291135385_Face_Velocity_Considerations_In_Air_Handler_Selection