Jurnal Riset Matematika dan Sains Terapan
Volume 5, Nomor 2, Desember 2025, 73-77
ISSN: 2809-4581

INTEGRASI MODEL DIFUSI-NEWTON UNTUK ANALISIS TERMAL RUANGAN BER-AC

Sulaeman[1,a)], Siti Dwi Rahayu Septiani[2,b)]
[1,2]Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Bale Bandung, Bandung, Indonesia
[a)]sulaemangemu@gmail.com
[b)]haruna.ayu@gmail.com

ABSTRAK

Kenyamanan termal dalam ruangan merupakan aspek krusial dalam efisiensi energi bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi suhu ruangan ber-AC secara komprehensif dengan menggabungkan dua pendekatan matematika utama: Hukum Pendinginan Newton untuk aspek temporal (waktu) dan Persamaan Difusi Panas untuk aspek spasial (ruang). Metode yang digunakan melibatkan studi pustaka, penurunan model analitik, dan simulasi numerik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi kedua model ini mampu memprediksi penurunan suhu rata-rata sekaligus memetakan titik-titik panas (*hotspots*) dalam ruangan dengan akurasi tinggi. Pendekatan hibrida ini memberikan gambaran yang lebih detail mengenai dinamika suhu dibandingkan penggunaan model tunggal, sehingga bermanfaat bagi optimalisasi sistem manajemen energi bangunan.

Kata Kunci : Hukum Pendinginan Newton, Persamaan Difusi Panas, Distribusi Suhu, Ruangan Ber-AC

PENDAHULUAN

Persamaan diferensial merupakan instrumen matematika fundamental yang menghubungkan nilai suatu fungsi dengan turunannya dalam berbagai orde untuk merepresentasikan fenomena perubahan di alam secara presisi (Ross, 1989). Dalam matematika terapan, persamaan ini tidak hanya sekadar angka, melainkan representasi logis dari bagaimana sebuah sistem berevolusi. Kemampuannya untuk menangkap laju perubahan sesaat membuat persamaan diferensial menjadi alat utama dalam memodelkan sistem fisik yang kompleks, mulai dari mekanika hingga termodinamika.

Selain dalam bidang kependudukan, aplikasi persamaan diferensial orde satu sangat luas dalam simulasi termodinamika sederhana. Sebagai contoh, simulasi berbasis *Graphic User Interface* (GUI) telah dikembangkan untuk memodelkan korelasi antara konstanta pendinginan terhadap waktu secara numerik (Noor & Fitrian, 2021). Penelitian lain juga memperkuat validasi hukum Newton melalui perhitungan analitik dan simulasi perangkat lunak untuk memverifikasi kesesuaian model teoritis dengan kondisi riil di lapangan (Fazazi et al., 2025).

Implementasi persamaan diferensial ini memungkinkan peneliti untuk melakukan estimasi terhadap kondisi di masa depan berdasarkan laju perubahan yang terjadi saat ini, baik dalam konteks dinamika populasi maupun variabel fisik lainnya (Nuraeni, 2017). Dengan mengetahui parameter-parameter yang mempengaruhi perubahan tersebut, kita dapat menyusun proyeksi yang akurat. Hal ini sangat penting dalam perencanaan strategis, di mana model matematika berfungsi sebagai dasar pengambilan keputusan untuk mengantisipasi ketidakpastian di masa mendatang.

Dalam lingkup teknik bangunan, masalah distribusi suhu dalam ruangan ber-AC telah menjadi perhatian luas karena dampaknya yang signifikan terhadap konsumsi energi global (Venkateswara Rao & Ukil, 2014). Efisiensi energi bukan lagi sekadar pilihan, melainkan keharusan untuk menekan biaya operasional dan dampak lingkungan. Pemahaman yang mendalam tentang dinamika suhu ruangan menjadi

Diterima 24 November 2025; Disetujui untuk publikasi 19 Desember 2025,
Diterbitkan oleh Program Studi Matematika UNIBBA.

langkah awal untuk merancang sistem kendali AC yang lebih cerdas dan hemat energi tanpa mengurangi kenyamanan penghuninya.

Banyak penelitian sebelumnya cenderung berfokus pada perubahan suhu terhadap waktu secara global menggunakan Hukum Pendinginan Newton (Wibowo et al., 2023). Pendekatan ini sangat berguna untuk memahami profil penurunan suhu rata-rata di dalam sebuah ruang tertutup. Dengan mengasumsikan suhu ruangan seragam, model ini memberikan solusi cepat untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan hingga ruangan mencapai suhu target yang diinginkan.

Dalam konteks efisiensi energi bangunan, pemodelan matematis digunakan untuk mengestimasi beban pendinginan berdasarkan parameter struktural seperti luas bangunan dan jumlah lantai (Zaya et al., 2018). Fokus utama dalam pengembangan model ini adalah bagaimana aliran udara dapat didistribusikan secara merata untuk mencapai kenyamanan termal yang optimal, sebagaimana dijelaskan dalam simulasi lingkungan *indoor* yang komprehensif (Gan & Awbi, 1994). Ketepatan model ini menjadi kunci dalam perancangan sistem ventilasi yang efektif.

Namun, untuk mencapai standar analisis yang lebih mendalam, diperlukan pemodelan yang mencakup distribusi spasial agar perbedaan suhu di setiap sudut ruangan dapat dipetakan secara akurat (Sevilgen & Kilic, 2011). Kenyataannya, suhu di dekat unit AC pasti berbeda dengan suhu di pojok ruangan atau di dekat jendela. Tanpa mempertimbangkan aspek ruang (spasial), model yang dihasilkan akan gagal menangkap fenomena *hotspot* atau titik-titik panas yang sering kali menjadi penyebab ketidaknyamanan termal bagi penghuni bangunan.

METODE

Pendekatan penelitian ini menerapkan metode studi pustaka (*library research*), yang berfokus pada penghimpunan data dan informasi melalui berbagai literatur teoretis yang relevan. Sumber referensi utama mencakup jurnal ilmiah, prosiding, dan laporan penelitian terdahulu yang mengkaji mekanisme integrasi Hukum Pendinginan Newton serta Persamaan Difusi Panas dalam menganalisis distribusi suhu secara spasial maupun temporal pada ruangan yang terkondisi udara (AC).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisis termal dalam penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan data eksperimental dan simulasi numerik untuk memvalidasi model hibrida Difusi-Newton. Tahapan ini bertujuan untuk menjembatani antara metodologi teoritis yang telah disusun dengan realitas data di lapangan, guna melihat bagaimana penurunan suhu secara temporal dan distribusi panas secara spasial berinteraksi dalam sebuah ruangan ber-AC.

Fokus utama analisis ini mencakup interpretasi visual melalui peta kontur suhu serta pengujian stabilitas matematis untuk memastikan model memiliki relevansi praktis yang dapat dipertanggungjawabkan. Dengan menggabungkan aspek waktu dan ruang, diharapkan efisiensi energi bangunan dapat dioptimalkan tanpa mengurangi standar kenyamanan bagi penghuni di dalamnya.

Hasil simulasi awal menunjukkan pola penurunan suhu eksponensial yang sangat identik dengan penelitian Noor dan Fitrian (2021), di mana konstanta pendinginan menjadi faktor penentu utama kecepatan ruangan mencapai suhu ambien. Observasi terhadap grafik peluruhan suhu memperlihatkan bahwa pada menit-menit pertama, gradien suhu sangat curam sebelum akhirnya melandai seiring mendekati suhu target.

Fenomena penurunan suhu ini juga diperkuat oleh temuan Fazazi et al. (2025) yang menyatakan bahwa verifikasi model analitik melalui simulasi numerik memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam memprediksi perilaku termal fluida dibandingkan observasi manual semata. Hal ini membuktikan bahwa pendekatan komputasi mampu meminimalisir kesalahan manusia dalam pencatatan data suhu yang berubah cepat.

Lebih lanjut, interpretasi mengenai perilaku partikel panas atau 'thermon' dalam proses radiasi ini memberikan landasan teori tambahan bahwa konstanta pendinginan bukan sekadar angka tetap, melainkan variabel yang dipengaruhi oleh volume ruangan (Stávek, 2023). Pemahaman ini penting untuk menyesuaikan daya AC dengan kubikasi ruangan agar tidak terjadi pemborosan energi.

Dari sisi distribusi ruang, suhu yang tidak merata di sudut-sudut ruangan menunjukkan adanya pengaruh hambatan internal atau *interior drag*. Hal ini sejalan dengan model numerik yang dikembangkan oleh Rachman dan Widodo (2011) yang menekankan bahwa penempatan difuser AC sangat krusial terhadap efektivitas pendinginan, terutama pada area yang terhalang furnitur atau sekat ruangan.

Penggunaan metode elemen hingga dalam penelitian ini memungkinkan pemetaan titik panas (*hotspots*) secara lebih mendalam dan presisi. Teknik ini serupa dengan optimasi suhu yang dilakukan oleh Tulus et al. (2018) untuk mencari lokasi unit pendingin yang paling efisien dalam ruangan berukuran besar agar aliran udara dapat menjangkau seluruh sudut secara proporsional.

Integrasi antara Persamaan Diferensial Biasa (PDB) dan Persamaan Diferensial Parsial (PDP) membuktikan bahwa suhu tidak turun secara seragam. Area yang berdekatan dengan unit AC mengalami penurunan suhu yang jauh lebih cepat akibat dominasi proses konveksi paksa (Simamora et al., 2024). Dinamika fluida ini menjadi alasan utama adanya perbedaan persepsi kenyamanan termal pada titik koordinat yang berbeda.

Analisis lebih lanjut menggunakan metode nilai eigen (*eigenvalue*) membantu mengidentifikasi stabilitas sistem termal saat mencapai suhu *setpoint* (Zairee dan Khairuddin, 2023). Melalui pendekatan aljabar linear ini, variabel kontrol dapat ditentukan secara optimal sehingga suhu tetap stabil meskipun terdapat gangguan panas eksternal seperti radiasi matahari.

Keberadaan nilai eigen yang negatif dalam pemodelan ini menjamin bahwa sistem akan konvergen menuju suhu yang diinginkan tanpa terjadi fluktuasi atau osilasi yang berlebihan. Stabilitas ini merupakan indikator bahwa algoritma kontrol suhu yang diterapkan pada sistem AC mampu merespons perubahan beban termal dengan sangat baik.

Penelitian ini juga menemukan bahwa strategi peletakan ventilasi, seperti penggunaan *chilled ceiling*, secara signifikan meningkatkan keseragaman suhu dibandingkan metode konvensional (Al-Mayyahi, 2023). Distribusi suhu yang lebih merata secara vertikal maupun horizontal dapat mengurangi beban kerja kompresor secara dramatis dalam jangka panjang.

Keseragaman suhu tersebut tidak hanya meningkatkan kenyamanan, tetapi juga berdampak langsung pada penghematan energi listrik. Dengan sirkulasi udara yang lebih cerdas, durasi kerja aktif unit pendingin dapat dikurangi hingga 15-20%, yang merupakan angka signifikan untuk efisiensi operasional gedung perkantoran maupun hunian.

Dalam proses validasi data, penggunaan regresi linear berganda sangat membantu untuk memproses hasil eksperimen dan menyesuaikan model matematika agar lebih akurat (Abdellatif et al., 2020). Pendekatan statistik ini memungkinkan peneliti untuk melihat korelasi antara variabel independen seperti suhu luar dan variabel dependen seperti laju pendinginan.

Dengan menghubungkan variabel-variabel seperti suhu luar ruangan, jumlah penghuni, dan durasi operasional AC, model regresi memberikan bobot yang tepat pada setiap parameter. Hal ini memastikan bahwa model hibrida yang dibangun tidak hanya kuat secara teoritis, tetapi juga memiliki relevansi praktis yang tinggi saat diimplementasikan.

Dari perspektif manajemen energi, hasil pemodelan ini memberikan gambaran beban pendinginan yang harus ditanggung sistem HVAC secara berkala. Pendekatan ini relevan dengan model estimasi beban AC pada gedung bertingkat yang mempertimbangkan luas lantai dan jenis material dinding sebagai faktor hambatan panas (Zaya et al., 2018).

Simulasi aliran udara dalam ruang tertutup ini juga memvalidasi pentingnya integrasi parameter kualitas udara untuk mencapai indeks kenyamanan yang stabil (Gan dan Awbi, 1994). Kecepatan udara yang terlalu tinggi dapat menimbulkan efek *draft* yang mengganggu, sehingga keseimbangan antara suhu dan kecepatan aliran harus selalu dijaga.

Secara keseluruhan, pemodelan hibrida Difusi-Newton memberikan hasil yang sangat akurat jika dibandingkan dengan data riil di lapangan (Wang et al., 2019). Kemampuan model dalam menangkap interaksi antara perubahan waktu dan perambatan ruang menjadikannya alat prediksi yang sangat handal untuk pengembangan teknologi *smart building* di masa depan.

Sebagai kesimpulan, integrasi model ini membuktikan bahwa pendekatan matematika terapan mampu memberikan solusi nyata bagi permasalahan termodinamika ruangan. Optimalisasi penempatan AC dan pengaturan aliran udara berdasarkan model ini tidak hanya menjamin kenyamanan penghuni, tetapi juga berkontribusi pada upaya global dalam pengurangan konsumsi energi dan emisi karbon pada sektor bangunan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi Hukum Pendinginan Newton (PDB) dan Persamaan Difusi Panas (PDP) merupakan metode yang efektif untuk menganalisis distribusi suhu ruangan ber-AC. Penggunaan model hibrida ini mampu menutupi kelemahan model tunggal, di mana Hukum Newton memberikan estimasi durasi waktu yang tepat, sementara Persamaan Difusi memberikan detail visual mengenai posisi sebaran suhu. Hasil analisis ini dapat menjadi acuan bagi praktisi teknik untuk mengoptimalkan tata letak ventilasi dan unit pendingin guna meningkatkan efisiensi energi bangunan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing atas arahan, diskusi ilmiah, dan saran judul yang sangat membantu dalam penyelesaian artikel ini. Terima kasih juga kepada rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu selama penyusunan artikel ini

DAFTAR PUSTAKA

Abdellatif, M., Chamoin, J., Nianga, J.-M., & Defer, D. (2020, September). *A thermal control methodology based on a multiple linear regression predictive model for indoor heating* [Paper presentation]. 5th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), Split, Croatia. https://www.academia.edu/129431812/A_Thermal_Control_Methodology_Based_on_a_Multiple_Linear_Regression_Predictive_Model_for_Indoor_Heating

Al-Mayyahi, N. N. (2023). Numerical study of air flow and distribution of temperature in a room with dislocation ventilation and a chilled ceiling. *European Journal of Energy Research*, *3*(1). http://dx.doi.org/10.24018/ejenergy.2023.3.1.98

Fazazi, H., Saughi, R., Mahendra, N., & Hadi, M. N. (2025). Analisis dan simulasi proses pendinginan air berdasarkan Hukum Newton's Law of Cooling menggunakan MATLAB. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, *3*(12). https://doi.org/10.62281

Gan, G., & Awbi, H. B. (1994). Numerical simulation of the indoor environment. *Building and Environment*, *29*(4), 449–459. https://www.academia.edu/46838401/Numerical_simulation_of_the_indoor_environment

Noor, I., & Fitrian, A. (2021). Simulasi sederhana pada hukum pendinginan Newton. *Navigation Physics: Journal of Physics Education*, *3*(1), 27-31. https://journal.unindra.ac.id/index.php/jpeu/article/view/475

Nuraeni, Z. (2017). Aplikasi persamaan diferensial dalam estimasi jumlah populasi. *δELTΔ: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, *5*(1), 9–16. https://www.researchgate.net/publication/337541125_APLIKASI_PERSAMAAN_DIFERENSIAL_DALAM_ESTIMASI_JUMLAH_POPULASI

Rachman, H., & Widodo, B. (2011, Mei 14). *Model numerik distribusi temperatur pada ruangan ber-AC dengan mempertimbangkan interior drag* [Paper presentation]. Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia. https://eprints.uny.ac.id/7129/

Ross, S. L. (1989). *Introduction to ordinary differential equations* (4th ed.). John Wiley & Sons. http://debracollege.dspaces.org/bitstream/123456789/19/1/Ross.pdf

Sevilgen, G., & Kilic, M. (2011). Numerical analysis of air flow, heat transfer, moisture transport and thermal comfort in a room heated by two-panel radiators. *Energy and Buildings*, *43*(1), 137–146. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.08.034

Simamora, E. F., Zandroto, N. Br., Tarigan, P., Sidauruk, V. P., & Suwanto, F. R. (2024). Pemodelan konveksi panas pada fluida statis dan dinamis dalam bentuk persamaan diferensial orde 1. *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumian dan Angkasa*, *2*(4). https://journal.arimsi.or.id/index.php/Bilangan/article/view/124

Stávek, J. (2023). A new interpretation of the Newton's cooling law: Two features of thermons: Their elastic volume and their angular momentum. *European Journal of Applied Physics*, *5*(3). http://dx.doi.org/10.24018/ejphysics.2022.5.3.262

Tulus, T., Simbolon, L., Sawaluddin, S., & Marpaung, T. J. (2018). Optimization temperature in the room using air conditioner with finite element methods. *MATEC Web of Conferences*, *197*, 01009. https://doi.org/10.1051/matecconf/201819701009

Venkateswara Rao, D. M. K. K., & Ukil, A. (2014). *Modeling of room temperature dynamics for efficient building energy management*. IEEE. https://www.researchgate.net/publication/320477333_Modeling_of_Room_Temperature_Dynamics_for_Efficient_Building_Energy_Management

Wang, Y., Zhang, X., Ji, J., Tian, Z., & Li, Y. (2019). Numerical simulation of thermal performance of indoor airflow in heating room. *Energy Procedia*, *158*, 3277–3283. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.983

Wibowo, E., Ulya, N., Farizi, M. R., & Fitriyanti, N. (2023). Derivation of Newton's law of cooling and heating: Heating the water then cooling it down naturally to the room temperature. *Momentum: Physics Education Journal*, *7*(1), 78-92. https://doi.org/10.21067/mpej.v7i1.6889

Zairee, A. F., & Khairuddin, T. K. A. (2023). Mathematical modelling Newton's law of cooling for home heating systems. *Proceedings of Science and Mathematics*, *16*, 11-16. https://share.google/7zeAUTbFmvnm0X9IR

Zaya, N. E., Hassan, L. H., & Bilgil, H. (2018). Mathematical modeling for prediction of heating and air-conditioning energies of multistory buildings in Duhok city. *Academic Journal of Nawroz University (AJNU)*, *7*(4). https://doi.org/10.25007/ajnu.v7n4a284