

OPTIMALISASI VENTILASI ALAMI DALAM PERENCANAAN RUMAH TINGGAL UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN TERMAL

Bagus Muhammad Iqbal

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
d300220227@student.ums.ac.id

Fadhilla Tri Nugrahaini

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
ftn995@ums.ac.id

ABSTRAK

Kenyamanan termal merupakan aspek penting dalam perencanaan rumah tinggal, khususnya di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia. Peningkatan kebutuhan energi akibat penggunaan pendingin buatan mendorong perlunya penerapan strategis desain pasif, salah satunya melalui optimalisasi ventilasi alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana penerapan ventilasi alami dalam perencanaan rumah tinggal dapat meningkatkan kenyamanan termal penghuni. Metode penelitian yang digunakan adalah metode simulasi dengan pendekatan kualitatif, melalui studi literatur, wawancara, modeling, serta simulasi, guna mendapatkan hasil berupa orientasi bangunan, letak bukaan, tata ruang, dan arah angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perencanaan ventilasi alami yang optimal, melalui pengaturan orientasi bangunan, penempatan bukaan, mampu mendukung adanya ventilasi alami. Dengan demikian, optimalisasi ventilasi alami dapat berperan penting dalam meningkatkan kenyamanan termal serta mendukung adanya efisiensi energi pada bangunan.

KEYWORDS:

Ventilasi Alami, Kenyamanan Termal, Ventilasi Silang, Efisiensi Energi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rumah tinggal merupakan wadah aktivitas bagi manusia setelah bekerja di luar rumah (Andriawan et al., 2021). Kualitas rumah tinggal dapat berpengaruh pada kenyamanan penghuni, hal ini tercermin pada betah atau tidaknya seseorang dapat menempati hunian tersebut (Tondobala, 2021). Salah satu aspek yang sering diabaikan namun memiliki dampak signifikan terhadap kenyamanan penghuni adalah kenyamanan termal (Unikom et al., 2025). Dalam konteks negara yang beriklim tropis seperti Indonesia, bangunan harus dapat berinteraksi pada suhu udara yang tinggi, kelembapan yang tinggi, serta curah hujan yang intens (Abdurahman et al., 2025).

Namun, banyak rumah tinggal masih bergantung pada penghawaan buatan yang menyebabkan tingginya konsumsi energi listrik dan berdampak pada pemanasan global (Suwarlan et al., 2024). Oleh karena itu, penerapan efisiensi energi melalui desain pasif seperti penghawaan alami, khususnya

optimalisasi ventilasi alami pada fasad, penting untuk mengurangi penggunaan energi sekaligus meningkatkan kenyamanan termal penghuni secara berkelanjutan (Erlianty, 2023). Desain bangunan yang mengoptimalkan ventilasi alami dapat meningkatkan kualitas udara dalam ruang, mengurangi resiko polusi dan penyebaran penyakit, serta menjamin ketersediaan oksigen yang cukup bagi kesehatan penghuni (Hadibroto, 2024).

Penerapan desain pasif berupa ventilasi silang merupakan solusi untuk mengatasi permasalahan penggunaan pada penghawaan buatan yang boros energi (Hanggara et al., 2021). Penerapan ventilasi silang pada rumah tinggal dapat menjamin kelancaran pergerakan udara dalam ruangan dengan menghilangkan gas CO₂, uap air, dan panas berlebih, sehingga mendukung tercapainya kenyamanan termal penghuni (Winardo et al., 2023). Berdasarkan hasil dari observasi (Mulya, 2025) kualitas udara dalam ruangan dapat terganggu apabila tidak terdapat aliran udara segar yang memadai melalui ventilasi silang dengan luas bukaan minimal 10 – 20% dari luas lantai.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Elemen perencanaan apa saja yang mempengaruhi kinerja ventilasi alami pada rumah tinggal?
2. Apakah optimalisasi ventilasi alami dapat berpengaruh pada kualitas udara dalam ruang dan efisiensi energi pada rumah tinggal?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi elemen perencanaan bangunan yang mempengaruhi kinerja ventilasi alami pada rumah tinggal.
2. Menilai kontribusi optimalisasi ventilasi alami terhadap peningkatan kualitas udara dan efisiensi energi pada rumah tinggal.

TINJAUAN PUSTAKA

Ventilasi Alami dalam Perencanaan Rumah Tinggal

Ventilasi alami merupakan strategi desain pasif yang penting dalam perencanaan rumah tinggal karena mampu meningkatkan sirkulasi udara, menciptakan kenyamanan termal, serta mengurangi ketergantungan pada penghawaan buatan dan konsumsi energi bangunan tanpa mengorbankan kenyamanan penghuni. Penelitian oleh (Safyan et al., 2024) menemukan bahwa penggunaan ventilasi alami secara signifikan memengaruhi suhu, kelembapan, dan faktor kenyamanan termal di bangunan tropis. (Simbolon & Nasution, 2017) menyampaikan bahwa orientasi bangunan merupakan salah satu faktor penting tercapainya bangunan ramah lingkungan. Menurut (Afgani, 2023) perancangan bentuk dan ukuran bukaan pada jendela maupun ventilasi yang memenuhi standar teknis berperan dalam mendukung kelancaran sirkulasi udara antara lingkungan luar dan ruang dalam bangunan. Menurut standar SNI-03-6572-2001 luas bukaan ventilasi alami minimal 5-10% dari luas lantai untuk mencukupi pertukaran udara yang baik. Pada SNI-03-6572-2001 juga menunjukkan bahwa

kecepatan angin yang nyaman tidak boleh lebih dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/s.

Elemen Perencanaan yang Mempengaruhi Kinerja Ventilasi Alami

Kinerja ventilasi alami dipengaruhi oleh beberapa elemen perencanaan bangunan, antara lain konsep ventilasi silang, orientasi bangunan, sistem pendingin alami, serta konfigurasi fasad bangunan. Penelitian oleh (Furqan, 2024) membahas adaptasi arsitektur tropis pada desain rumah tinggal di daerah beriklim panas, yang menunjukkan pentingnya mempertimbangkan kondisi lingkungan lokal, seperti arah angin dan tata letak bukaan, dalam upaya mengoptimalkan ventilasi dan kenyamanan termal. Ventilasi silang (cross ventilation) juga terbukti efektif meningkatkan pergerakan udara dalam ruang dengan mengurangi kebutuhan pendinginan mekanik. Studi lapangan oleh (Rahmayanti, 2020) pada kawasan permukiman menunjukkan bahwa penerapan ventilasi silang mampu meningkatkan kenyamanan termal, terutama pada bangunan padat di wilayah beriklim tropis. Dalam konteks arsitektur tropis, (Furqan, 2024) menyebutkan bahwa sistem pendingin alami seperti kolam, air mancur, atau tanaman vertikal dapat menurunkan suhu di sekitar rumah tinggal. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Muhsin et al., 2022) penggunaan roster pada fasad bangunan dapat membantu mengalirkan udara dari luar ruangan sehingga dapat meningkatkan kinerja ventilasi alami.

Penerapan Ventilasi Alami dalam Konteks Efisiensi Energi dan Kualitas Udara

Penerapan ventilasi alami berperan dalam meningkatkan kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruang melalui perbaikan distribusi udara serta pengurangan resiko polutan bagi kesehatan penghuni. Kajian oleh (Azzizzah, 2024) mengenai efisiensi sistem ventilasi alami pada ruang kerja menunjukkan adanya hubungan positif antara ventilasi alami, pengendalian polutan, dan pencapaian lingkungan termal yang nyaman. Penerapan ventilasi alami pada bangunan terbukti mampu mengurangi ketergantungan pada sistem

pendingin buatan dan dapat menurunkan konsumsi energi bangunan secara signifikan (Zhang et al., 2024).

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan pendekatan kualitatif, yang bertujuan untuk mengkaji dan menganalisis penerapan ventilasi alami dalam perencanaan rumah tinggal serta pengaruhnya terhadap kenyamanan termal penghuni. Pendekatan ini dipilih untuk memahami kondisi eksisting dan prinsip perencanaan ventilasi alami melalui metode simulasi berdasarkan kajian teori dan data.

Tahapan penelitian ini menggunakan studi literatur dengan mengumpulkan sumber-sumber pustaka berupa jurnal ilmiah, buku, dan regulasi yang berkaitan dengan ventilasi alami dan kenyamanan termal. Studi literatur digunakan sebagai dasar teori dalam menganalisis elemen-elemen perencanaan yang memengaruhi kinerja ventilasi alami.

Selanjutnya dilakukan simulasi perencanaan bangunan rumah tinggal yang berfokus pada orientasi bangunan, tata letak ruang, ukuran dan posisi bukaan, serta penerapan ventilasi silang (cross ventilation). Simulasi ini bertujuan untuk menilai sejauh mana elemen-elemen tersebut dapat mendukung aliran udara dan kenyamanan termal di dalam ruang.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Literatur

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur melalui pengumpulan dan analisis jurnal ilmiah, buku, serta regulasi yang relevan untuk mengidentifikasi prinsip dan parameter perencanaan ventilasi alami terhadap kenyamanan termal. Hasil kajian literatur tersebut akan digunakan sebagai dasar penyusunan kriteria simulasi perencanaan

rumah tinggal yang meliputi orientasi bangunan, tata letak ruang, ukuran dan posisi bukaan, serta penerapan ventilasi silang.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk memperdalam informasi dari calon penghuni yang berencana membangun rumah, sehingga diperoleh data yang jelas dan relevan bagi penelitian. Wawancara dilakukan secara daring dengan calon penghuni guna memperoleh berbagai pandangan, pendapat, dan opini terkait kondisi lahan yang akan dibangun

3. Modeling

Tahapan modeling dilakukan dengan menyusun model bangunan berdasarkan data perencanaan dari hasil wawancara yang mencakup orientasi bangunan, tata letak ruang, serta besaran ruang. Modeling dilakukan dengan cara digital menggunakan software Sketchup untuk memperoleh gambar 3D bangunan rumah tinggal.

4. Simulasi

Tahap simulasi dilakukan menggunakan software Autodesk CFD dengan menguji hasil modeling yang telah dibuat. Simulasi dilakukan pada dua waktu berbeda dengan variasi bukaan, yaitu pada jam 07.00 dengan kondisi pintu dan jendela akan dibuka, serta pada jam 12.00 pintu akan ditutup dan jendela akan dibuka. Dan simulasi juga dilakukan dengan satu tahap pengujian pada ventilasi untuk melihat pola aliran udara yang masuk dalam ruangan. Data iklim yang digunakan pada simulasi ini mengacu pada data dari BMKG pada bulan Desember 2025, yang menunjukkan arah datangnya angin dominan berasal dari Tenggara dengan kecepatan angin rata-rata 4 m/s.

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil dari wawancara dengan calon penghuni dapat diperoleh data fisik berupa lokasi perencanaan rumah tinggal

yang berada di Jl. Ring Road Barat, Mangunharjo, Kec. Mangunharjo, Kota Madiun, Jawa Timur. Dengan luas lahan $\pm 120\text{m}^2$.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Pembangunan
(Sumber: Google Earth, 2025)

Melalui pengamatan daring menggunakan Google Earth, tapak berupa lahan kosong dan memiliki akses langsung ke jalan utama. Kondisi lingkungan sekitar tapak didominasi oleh permukiman dengan ketinggian bangunan satu hingga dua lantai, sehingga tidak terdapat penghalang yang signifikan terhadap pergerakan angin. Jarak antar bangunan relative sedang, yang memungkinkan terjadinya aliran udara alami dari berbagai arah.



LEGENDA:

LOKASI SITE	RUMAH WARGA	SPBU
MASJID AL-KAUTSAR	RUMAH DINAS TNI	SDN NAMBANGAN 5
RS HERMINA MADIUN	PERUM ARTA CEMARA	LAPANGAN JIWAN MADIUN

Gambar 2. Kondisi Exiting Tapak
(Sumber: Google Earth, 2025)

Konsep desain yang akan digunakan diperoleh dari hasil wawancara dengan calon penghuni sebagai dasar perencanaan rumah

tinggal ini, dengan mempertimbangkan kebutuhan serta besaran ruang dengan menyesuaikan luasan lahan yang telah ditetapkan.

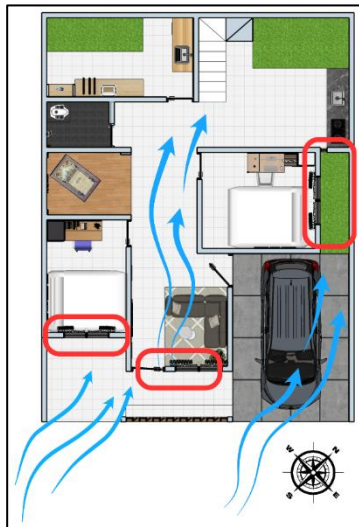
Tabel 1. Tabel Fungsi Ruang

Ruang	Kegunaan
Teras	Ruang penghubung antara area luar rumah dan area dalam rumah yang berfungsi untuk menerima tamu sebelum masuk ke ruang tamu.
Ruang Tamu	Ruang untuk menerima tamu dan beraktifitas sosial.
Ruang Keluarga	Ruang aktivitas bersama bagi penghuni yang digunakan untuk berkumpul keluarga dan beristirahat.
Ruang makan dan Dapur	Ruang untuk aktivitas memasak serta digunakan sebagai aktivitas makan bersama.
Kamar Tidur Utama	Ruang privat bagi penghuni utama untuk istirahat dan beraktifitas pribadi.
2 Kamar Tidur Anak	Ruang tidur dan beraktifitas pribadi untuk anak.
Ruang Sholat	Sebagai tempat beribadah penghuni
2 Kamar Mandi / WC	Ruang untuk mandi, BAB dan BAK.
Area Servis	Area untuk mencuci dan menjemur pakaian.

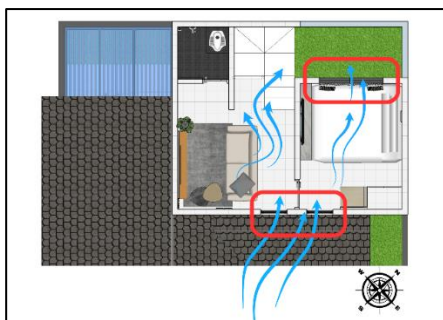
Tabel 2. Tabel Besaran Ruang

Ruang	Besaran (m)
Teras	3 x 1,5
Ruang Tamu	3,5 x 3
Ruang Keluarga	3 x 2,5
Ruang makan dan Dapur	4,5 x 2,5
Kamar Tidur Utama	3,5 x 3
Kamar Tidur Anak 1	3,5 x 2,5
Kamar Tidur Anak 2	3,5 x 3
Ruang Sholat	2,5 x 2
2 Kamar Mandi / WC	2 x 1,5
Area Servis	4,5 x 2,5

Setelah melakukan wawancara dan mendapatkan detail fisik berupa luas lahan, kebutuhan ruang dan juga besaran ruang, tahap selanjutnya adalah tahap modeling. Yang dimana hasil wawancara akan dijadikan sebagai acuan untuk membuat denah pada lahan yang sudah didapat. Hasil desain yang didapatkan dari perancangan rumah tinggal ini berupa denah rumah dua lantai yang menggambarkan pengaturan tata ruang, orientasi bangunan, serta penempatan bukaan yang bertujuan untuk meningkatkan aliran udara alami guna mencapai kenyamanan termal penghuni.



Gambar 3. Gambar Denah Lantai 1
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)



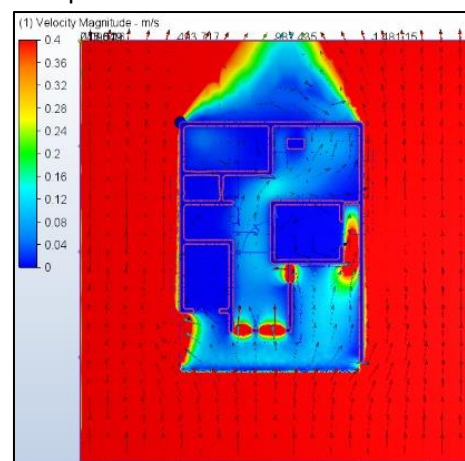
Gambar 4. Gambar Denah Lantai 2
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Berdasarkan hasil modeling pada bangunan hunian dua lantai tersebut, diperoleh beberapa temuan seperti orientasi bangunan menghadap kearah tenggara dengan menyesuaikan arah angin yang dominan. Berdasarkan data BMKG, rata-rata pada bulan Desember 2025 angin dominan tertiup dari arah tenggara, sehingga bukaan pada sisi yang

menerima aliran angin diperbanyak untuk mengoptimalkan kinerja ventilasi alami.

Setelah dilakukannya tahap modeling, gambar denah di uji menggunakan software Autodesk CFD guna mendapatkan hasil berupa pola aliran angin dan besaran angin yang masuk kedalam ruangan. Berdasarkan SNI-03-6572-2001 kecepatan angin tidak boleh lebih dari 0.25 m/s. Hasil simulasi dalam penelitian ini digunakan untuk menganalisis bagian dari strategi desain pasif, sekaligus mendukung evaluasi kinerja ventilasi alami dan pencapaian kenyamanan termal dalam perencanaan rumah tinggal. Simulasi dilakukan pada dua waktu berbeda dengan variasi bukaan, yaitu pada jam 07.00 dengan kondisi pintu dan jendela akan dibuka, serta pada jam 12.00 pintu akan ditutup dan jendela akan dibuka. Dan simulasi juga dilakukan dengan satu tahap pengujian pada ventilasi untuk melihat pola aliran udara yang masuk dalam ruangan. Data iklim yang digunakan pada simulasi ini mengacu pada data dari BMKG pada bulan Desember 2025, yang menunjukkan arah datangnya angin dominan berasal dari Tenggara dengan kecepatan angin rata-rata 4 m/s. Dari simulasi yang sudah dilakukan maka hasil yang di dapat adalah sebagai berikut:

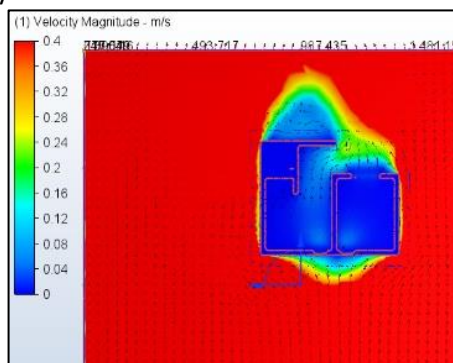
1. Simulasi pada Ventilasi.



Gambar 5. Gambar Simulasi Ventilasi Lantai 1
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pada simulasi ini, denah lantai satu menunjukkan bahwa kecepatan aliran angin

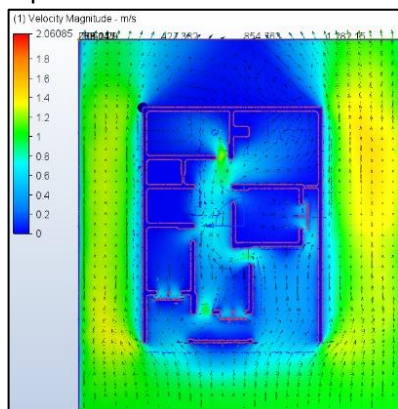
yang masuk melalui ventilasi berkisar 0,04-0,12 m/s. aliran udara cenderung befokus pada area yang memiliki bukaan langsung terhadap arah datangnya angin, sementara beberapa ruang tertutup dan sudut bangunan menunjukkan kecepatan udara yang rendah sehingga berpotensi menimbulkan kondisi kurang nyaman. Meskipun demikian, kecepatan angin pada sebagian ruang masih dapat memberikan efek pendingin alami dan dapat mendukung kenyamanan termal.



Gambar 6. Gambar Simulasi Ventilasi Lantai 2
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pada denah lantai dua kecepatan angin yang masuk melalui ventilasi berkisar 0,04-0,08 m/s, aliran udara cenderung berfokus di sekitar bukaan dan sisi bangunan yang berhadapan langsung dengan arah datangnya angin, sementara bagian dalam ruang menunjukkan kecepatan rendah yang berpotensi menimbulkan kurang nyaman karena minimnya pergerakan udara.

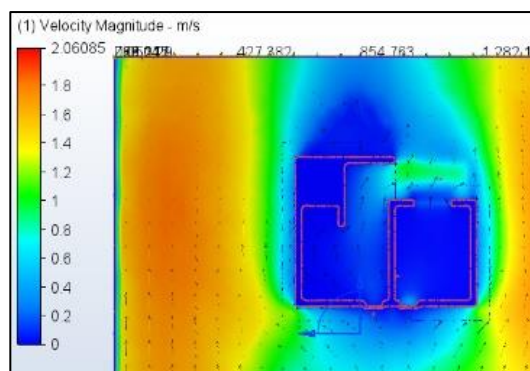
2. Simulasi pada Pukul 07.00



Gambar 7. Gambar Simulasi 07.00 Lantai 1
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pada percobaan ini dilakukan dengan membuka semua bukaan seperti pintu dan

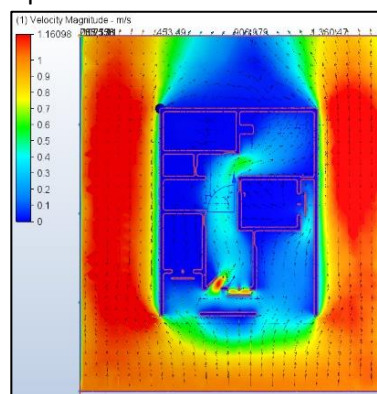
jendela untuk mengalirkan udara masuk kedalam ruangan. Aliran udara mampu memasuki bangunan melalui bukaan dan menyebar ke beberapa ruangan utama, dengan kecepatan angin berkisar 0,4-0,8 m/s, yang dapat mendukung kenyamanan termal bagi penghuni. Namun masih terdapat beberapa area dalam bangunan yang menunjukkan zona aliran lambat akibat hambatan dinding dan ruang. Secara keseluruhan, simulasi ini menunjukkan bahwa desain bangunan telah cukup responsif terhadap arah angin dan mampu memanfaatkan ventilasi alami secara efektif.



Gambar 8. Gambar Simulasi 07.00 Lantai 2
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

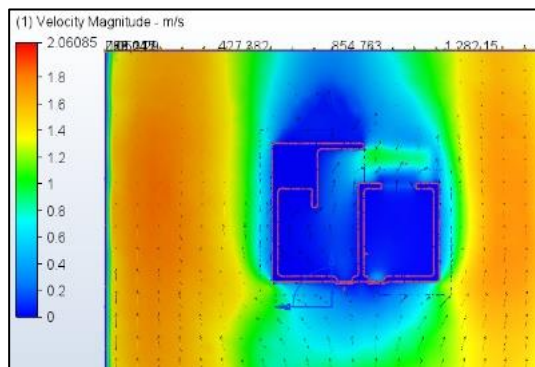
Pada lantai dua kecepatan angin yang masuk juga mengalami kenaikan berkisar 0,1-0,2 m/s, dengan aliran udara yang berfokus disekitar bukaan dan jalur sirkulasi utama. Beberapa area ruang dalam masih menunjukkan aliran yang lambat dikarenakan hambatan ruang dan dinding.

3. Simulasi pada Pukul 12.00



Gambar 9. Gambar Simulasi 12.00 Lantai 1
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pada simulasi ini yang mana jendela akan dibuka untuk mengalirkan udara masuk kedalam ruang. Pada simulasi ketiga ini menunjukkan bahwa aliran udara menjadi 0,2-0,4m/s, yang mana aliran udara terjadi pada area bukaan dan koridor bangunan, sementara beberapa ruang dalam dan sudut bangunan masih menunjukkan zona kecepatan rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa ventilasi alami telah berfungsi dalam mengalirkan udara ke dalam bangunan dan dapat mendukung kenyamanan termal.



Gambar 10. Gambar Simulasi 12.00 Lantai 2
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pada denah lantai dua ini, kecepatan aliran udara tidak jauh berbeda dengan simulasi ke dua. Yang mana aliran udara berfokus disekitar bukaan dan sirkulasi utama.

PEMBAHASAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja ventilasi alami dipengaruhi oleh posisi, jumlah, dan kondisi bukaan serta orientasi bangunan terhadap arah angin, yang mana ruang dengan bukaan langsung ke arah datangnya angin menunjukkan aliran udara yang lebih tinggi di banding dengan ruang yang tertutup. Pada penelitian (Xu, 2024) menyatakan bahwa orientasi bukaan dan rasio bukaan terhadap dinding berperan penting dalam meningkatkan efektivitas ventilasi alami dan penyebaran udara dalam ruang.

Pada simulasi pukul 07.00 dengan semua bukaan terbuka, peningkatan kecepatan angin menunjukkan bahwa ventilasi silang mampu memberikan efek pendingin alami yang optimal, sesuai dengan penelitian oleh (Carlota, 2024) yang menyatakan bahwa

bukaan yang terbuka secara bersamaan dapat meningkatkan pertukaran udara dan dapat mendukung kenyamanan termal. Pada simulasi pukul 12.00 dengan kondisi pintu tertutup dan jendela terbuka, aliran udara masih berlangsung walaupun terbatas, menunjukkan bahwa ventilasi alami tetap berfungsi walaupun dengan kondisi bukaan sebagian.

Secara keseluruhan, hasil simulasi ini menguatkan bahwa penerapan ventilasi alami dengan menyesuaikan arah angin, variasi bukaan, serta tata ruang yang tepat dapat menjadi strategi desain pasif yang efektif dalam mendukung kenyamanan termal dan efisiensi energi pada bangunan rumah tinggal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari perencanaan, pemodelan, dan tahapan simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan ventilasi alami pada perencanaan rumah tinggal memiliki potensi yang baik dalam mendukung kenyamanan termal. Dengan orientasi bangunan serta penempatan bukaan yang menyesuaikan dengan arah angin dominan terbukti mampu mendukung masuknya udara ke dalam bangunan. Pada kondisi variasi bukaan yang berbeda sangat berpengaruh terhadap pola aliran udara dan kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan. Secara keseluruhan desain bangunan telah cukup responsif terhadap kondisi iklim dan mampu memanfaatkan ventilasi alami sebagai desain pasif.

Berdasarkan hasil penelitian, di sarankan pada perencanaan rumah tinggal selanjutnya lebih memperhatikan pengaturan bukaan tambahan seperti ventilasi atas, roster, atau void, untuk meningkatkan pergerakan udara pada ruang- ruang yang masih memiliki kecepatan angin rendah. Selain itu, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan menambah variasi waktu simulasi, kondisi iklim yang berbeda, serta parameter nyaman termal lainnya. Hal ini bertujuan agar hasil analisis menjadi lebih mendalam dan dapat memberikan rekomendasi desain yang lebih tepat dalam mendukung penerapan ventilasi alami pada perencanaan rumah tinggal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, A. H., Salsabila, A., Aulia, P. G., & Izdihar, E. (2025). *Studi Penerapan Konsep Bioklimatik dan Pengaruh Desain Bangunan Terhadap Suasana Hati pada Rumah Tinggal di Lingkungan Tropis*, Jakarta. 294–298.
- Afgani, jundi jundullah. (2023). *KAJIAN PENGHAWAAN ALAMI PADA BUKAAN RUMAH TINGGAL DIPERMUKIMAN*. 73–80.
- Andriawan, I., Arsitektur, S., Teknik, F., & Al-, U. S. (2021). *PENCAHAHAYAAN DAN PENGHAWAAN ALAMI PADA RUMAH*. 11(1), 23–27.
- Azzizzah, zaria fajar ; soolany chistian ; frida amriyani. (2024). *Efisiensi sistem ventilasi alami dalam pengendalian pm2.5 dan peningkatan kenyamanan termal di laboratorium proses manufaktur fti unugha cilacap*. 5(1), 43–53.
- Carlot, S. (2024). *Energy & Buildings Natural ventilation to improve indoor air quality (IAQ) in existing homes : The development of health-based and context-specific user guidelines*. 314(April).
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114248>
- Erlianty, A. dan syamsiyah nur. (2023). *STUDENT APARTMENT SYARIAH DI SUKOHARJO DENGAN PENERAPAN EFISIENSI ENERGI* Arifah Erlianty; Dr. Nur Rahmawati Syamsiyah, S.T., M.T Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. 1–14.
- Furqan, M. (2024). *Analisis Adaptasi Arsitektur Tropis pada Desain Rumah Tinggal di Daerah Beriklim Panas* Furqan Muhammadsya. 1–8.
- Hadibroto, Y. (2024). *Peran Arsitektur dalam Meningkatkan Kesehatan dan Kesejahteraan Penghuni*. 1–10.
- Hanggara, A. B., Purnomo, A. B., & Walaretina, R. (2021). *PENERAPAN VENTILASI SILANG PADA RUANG UNIT KEGIATAN MAHASISWA DI GEDUNG PUSGIWA , UNIVERSITAS INDONESIA*
- IMPLEMENTATION OF CROSS VENTILATION IN STUDENT ACTIVITY UNIT ROOMS IN STUDENT ACTIVITY CENTER BUILDING , UNIVERSITY OF INDONESIA*. 153–159.
- Muhsin, A., Nabila, A., & Purnama, A. (2022). *Pengaruh Desain dan Pola Roster terhadap Simulasi Penghawaan Alami pada Fasad Bangunan*. X(3), 1–7.
- Mulya, I. W. ; I. P. S. ; W. (2025). *ANALISIS KELUHAN SICK BUILDING SYNDROME PADA KANTOR*. 11(3), 623–629.
- Rahmayanti. (2020). *Judul Artikel OPTIMALISASI CROSS VENTILATION PADA PERMUKIMAN NELAYAN DI MARISA*. 5(2), 108–117.
- Safyan, A., Indriani, L., Sina, A. M., & Tropis, I. (2024). *Kenyamanan Termal pada Bangunan Berventilasi Alami di Iklim Tropis*.
- Simbolon, H., & Nasution, I. N. (2017). *UNTUK IKLIM TROPIS*. 3, 46–59.
- Suwarlan, S. A., Arsitektur, S., Internasional, U., & Naskah, I. (2024). *Analisis efisiensi bangunan pada perpustakaan universitas internasional batam dengan pendekatan arsitektur hijau*. 05(01), 1–10.
<https://doi.org/10.37253/jad.v5i1.8869>
- Tondobala, L. (2021). *Jurnal Fraktal* Vo. 6 No. 1 (30-37). 1(1).
- Unikom, A. D. I., Najwatun, M., Haq, N., & Martana, S. P. (2025). *ANALISIS KENYAMANAN TERMAL PADA RUANG KELAS PRODI*. 5(1), 25–37.
- Winardo, K., Wimala, M., Manajemen, M., Konstruksi, P., Parahyangan, U. K., Sipil, J. T., & Parahyangan, U. K. (2023). *PADA BANGUNAN GEDUNG*. 17(2), 122–129.
- Xu, bo lin;changhong xie; yan chen; xu. (2024). *Natural Ventilation Potential of Residential Buildings in China Air Pollution*.
- Zhang, M., Han, W., He, Y., Xiong, J., & Zhang, Y. (2024). *applied sciences Natural Ventilation for Cooling Energy Saving : Typical Case of Public Building Design Optimization in Guangzhou , China*.