

Uji Kecepatan Angin dan Penghawaan pada lantai 5,6,7 Gedung Kampus Unika Darma Cendika - Surabaya

**Nicholas Joe Matthew A¹, Stefanus Prabani Setio A²,
Hosea Alessandro Santosa A³, Marcella Intan Kirana A⁴**
Universitas Katolik Darma Cendika – Surabaya – Indonesia
Universitas Pekalongan, Indonesia
E-mail: stefanprabani@ukdc.ac.id

ABSTRAK

Angin merupakan pergerakan udara yang dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara. Kecepatan angin sampai pada titik tertentu (objek) dipengaruhi oleh hambatan yang masiv maupun hambatan yang berongga. masiv dipengaruhi oleh kepadatan massa seperti bangunan, pagar pembatas tanpa lubang dan elemen lain yang secara fisik padat. Sedangkan berongga dipengaruhi oleh kerapatan massa seperti pohon, papan iklan, dan bentuk lain yang memiliki rongga. Penelitian ini akan menguji apakah desain perencanaan kampus Unika Darma Cendika (UKDC)-Surabaya pada bukaan dinding sudah memenuhi kriteria arah angin untuk mendapatkan kenyamanan thermal pada ruang di dalam gedung. Pengujian dilakukan menggunakan anemometer dengan objek ujian berada pada lantai 5, 6, dan 7. Hal ini dilakukan untuk mengetahui posisi gedung yang telah didesain dan pembukaan yang ada telah memenuhi syarat arah angin untuk menyejukan ruang. Hasil penelitian diperoleh bahwa : (1) Arah angin dengan kecepatan maksimal dari arah timur; (2) Pembukaan kaca dengan bingkai alumunium dan jendela ungkit pada sisi timur; (3) Posisi lift dengan peletakan di sebelah timur yang bentuknya masiv menghambat masuknya angin untuk kenyamanan thermal pada ruang.

Kata kunci

Kenyamanan Thermal; Arah Angin; Pembukaan dinding

ABSTRACT

Wind is the movement of air influenced by differences in air pressure. Wind speed at a specific point (object) is influenced by both massive and hollow obstacles. Massive obstacles are influenced by the density of the mass, such as buildings, unperforated fences, and other physically solid elements. Hollow obstacles are influenced by the density of the mass, such as trees, billboards, and other forms with cavities. This study will examine whether the design of the Unika Darma Cendika (UKDC) campus in Surabaya, regarding wall openings, meets the wind direction criteria for achieving thermal comfort in the building's interior. Testing was conducted using an anemometer with the test objects located on the 5th, 6th, and 7th floors. This was done to determine whether the position of the designed building and existing openings met the wind direction requirements for cooling the space. The results of the study showed that: (1) The wind direction with maximum speed is from the east; (2) Glass openings with aluminum frames and lever windows are on the east side; (3) The elevator position, with its massive shape on the east side, blocks wind entry, which contributes to thermal comfort in the space.

Keywords

Thermal Comfort; Wind Direction; Wall Openings

PENDAHULUAN

Perencanaan sebuah gedung membutuhkan pengamatan terhadap orientasi bangunan. Orientasi bangunan tersebut berhubungan dengan kemudahan sirkulasi pengunjung menuju gedung. Selain itu orientasi bangunan akan memperlihatkan sisi bagian depan gedung. Pada umumnya orientasi gedung mengarah pada jalan utama yang ada. Selain orientasi bangunan, diperlukan perencanaan gedung untuk kenyamanan thermal pada bagian dalam ruang gedung. "Pada iklim tropis yang ditandai dengan kondisi rata-rata yang panas dan lembab, seperti di Surabaya, pencapaian kondisi kenyamanan termal sulit dicapai." (Ekasiwi et al., 2019) Namun, kenyamanan thermal dapat dicapai melalui dua cara pengendalian yaitu secara pasif dan secara aktif. Pengendalian secara pasif merupakan pengendalian yang tidak dipengaruhi oleh campur tangan manusia dan juga tidak menggunakan alat untuk mencapai kenyamanan termal tersebut. Sedangkan pengendalian secara aktif akan dilakukan oleh manusia menggunakan alat sehingga tercapai kenyamanan thermal (thermal comfort) yang diinginkan. "Salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi thermal comfort adalah suhu, kelembaban, dan kecepatan angin dari lingkungan disekitar tersebut." (Hadi et al., 2020) Sebagai pengguna ruang tentunya mengharapkan ruang yang ada pada gedung memiliki suhu ruang yang lebih rendah dibandingkan suhu luar ruang. "Dengan penghawaan alami maka suatu ruangan dapat mencapai kenyamanan termal bagi penggunanya karena aliran udara yang masuk dapat mempercepat proses penguapan pada permukaan kulit pengguna ruang sehingga memberikan rasa sejuk." (Syafira et al., 2024), Dengan demikian maka perencanaan gedung membutuhkan kecermatan pada arah gerak lintasan matahari serta arah gerak angin agar mampu menghasilkan suhu thermal ruang yang diharapkan.

Pada penelitian ini dilakukan pengkajian terhadap arah angin dan bukaan dinding yang ada di gedung utama kampus Universitas Katolik Darma Cendika (UKDC). Orientasi bangunan kampus UKDC kearah Barat, terdapat jalan Ir. H. Soekarno. Bangunan berlantai 9 dengan pembagian lantai 1 sebagai selasar terbuka dan ruang untuk disewakan. Lantai 2 merupakan gedung pertemuan yang dibagian atas nya membentuk void lantai 3 dengan ruang yang disewakan berukuran kecil. Lantai 4 sampai lantai 6 digunakan untuk aktifitas kampus berupa ruang kuliah, sedangkan lantai 7 digunakan untuk rektorat dan ruang dekan serta program studi. Pada lantai 8 merupakan lapangan basket serta tribun pada sisi Utara.

Sebagai bangunan kampus, maka dibutuhkan kenyamanan thermal pada ruang selasar yang biasanya digunakan untuk aktivitas mahasiswa mengerjakan tugas atau menunggu jadwal selanjutnya. Kenyamanan termal merupakan kondisi di mana seseorang merasa puas terhadap suhu lingkungan tempat ia berada. Faktor-faktor seperti suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, radiasi panas, tingkat aktivitas, serta jenis pakaian berperan penting dalam menciptakan kenyamanan termal (Toisi et al., 2012). Menurut (Talarosha, 2005) menunjukkan bahwa suhu netral pengguna ruang di kota Malang dan Surabaya berkisar antara 26°C hingga 28°C, lebih tinggi dibandingkan standar internasional. Ruang selasar terdapat dibagian tengah yang memanjang dari arah Barat ke Timur. Sedangkan ruang kelas berada di bagian tepi selasar sebelah Utara, Selatan dan pada sisi Timur terdapat 3 lift.

Pembukaan pada selasar hanya ada pada sisi Barat dan sisi Timur. Pembukaan yang ada menggunakan kaca dengan bingkai aluminium menggunakan jendela pembukaan unkit dengan engsel dibagian atas. Sisi Timur bangunan terdapat tangga utama dari lantai 1 hingga

lantai belakang. Pada saat jendela dibuka, angin akan terhembus masuk kedalam Gedung (selasar ruang tengah). Hal ini mengakibatkan suhu ruang selasar menjadi sejuk. Semakin besar angin yang masuk ke dalam ruang selasar, maka ruang selasar semakin sejuk (Sabtalistia, 2023). Selain itu besarnya lubang pembukaan pada dinding serta penghalang kecepatan angin yang datang dapat mempengaruhi kondisi ruang atau suhu ruang yang akan mempengaruhi kenyamanan mahasiswa saat berada di ruang selasar tersebut. Panas udara luar akan mempengaruhi suhu ruang. Radiasi panas yang dibawa angin masih terasa bila berada dekat dengan jendela atau pembukaan dinding (Santoso, 2012; Ilahi et al., 2023). Sementara itu, (Amin, 2017) mengatakan bahwa udara dapat mengalir dengan baik jika terdapat jarak bebas atau ruang kosong di sekitar bangunan. Aliran angin yang berhembus dari arah Barat sampai ke Timur memiliki kecepatan rata-rata 2,93 m/s (Simbolon, 2022), sehingga dengan kondisi ini aliran udara yang mengalir dari arah tersebut memiliki penghawaan alami yang maksimal. Maka, pemberian jarak bebas di sekitar bangunan mampu memberikan penghawaan alami yang lebih maksimal sehingga kenyamanan dapat tercapai.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed methods*), yang merupakan gabungan antara pendekatan kualitatif dan eksperimen, guna memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai kenyamanan termal pada area selasar gedung utama Universitas Katolik Darma Cendika (UKDC). Pendekatan kualitatif diterapkan untuk mengeksplorasi persepsi subjektif dari pengguna ruang terutama mahasiswa dan dosen terhadap tingkat kenyamanan termal yang mereka alami selama beraktivitas di ruang selasar. Teknik observasi langsung digunakan untuk menangkap pengalaman nyata pengguna dalam merespons kondisi suhu, ventilasi alami, dan aliran udara di ruang tersebut (Santos et al., 2021).

Sebaliknya, pendekatan eksperimen digunakan untuk mengumpulkan data kuantitatif melalui pengukuran langsung terhadap parameter fisik yang memengaruhi kenyamanan termal. Parameter tersebut meliputi suhu udara, kelembapan relatif, dan kecepatan angin, yang diukur menggunakan alat bantu seperti data logger termal, hygrometer, dan anemometer digital. Data yang diperoleh dianalisis dan dibandingkan dengan standar suhu netral kenyamanan termal untuk wilayah tropis ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), sebagaimana ditetapkan dalam standar terbaru kenyamanan adaptif (STANDARD, 1992; Rijal et al., 2018).

Jenis penelitian yang digunakan adalah studi kasus tunggal, dengan fokus pada gedung utama UKDC, yang memiliki orientasi bangunan menghadap ke arah Barat dan konfigurasi ruang selasar yang memanjang dari Barat ke Timur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana pengaruh orientasi bangunan, posisi dan jenis bukaan dinding, serta arah dan intensitas angin terhadap kenyamanan termal. Ruang selasar menjadi titik strategis karena fungsinya sebagai area sirkulasi, ruang tunggu, dan tempat beraktivitas informal mahasiswa (Binarti et al., 2017).

Adapun area spesifik yang diamati adalah lantai 5, 6, dan 7 dari gedung utama. Ketiga lantai ini dipilih karena memiliki tingkat kepadatan penggunaan yang tinggi, melibatkan

aktivitas perkuliahan, konsultasi akademik, dan kegiatan administrasi yang intens. Kondisi ini membuat ruang-ruang tersebut lebih rentan terhadap peningkatan suhu akibat beban internal dan terbatasnya sirkulasi udara. Oleh karena itu, evaluasi kondisi termal pada lantai ini penting untuk memastikan kenyamanan yang mendukung produktivitas dan kesehatan pengguna ruang (Zhao et al., 2021; Runtuwene et al., 2022).

Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi desain bangunan pendidikan di wilayah tropis yang lebih adaptif terhadap iklim. Strategi tersebut mencakup pendekatan pasif seperti orientasi bangunan, penggunaan ventilasi silang, dan optimalisasi bukaan serta pendekatan aktif yang melibatkan sistem pendingin udara dan kontrol suhu berbasis kebutuhan pengguna (Wong et al., 2017).

Hasil dan pembahasan



Gambar 1. Situasi lokasi penelitian
Sumber: Peneliti 2025

Objek penelitian terletak di Gedung Baru Universitas Katolik Darma Cendika (UKDC), Surabaya, yang berlokasi di sisi timur Jalan Dr. Ir. H. Soekarno. Secara geografis dan tata letak, lokasi bangunan memiliki orientasi yang cukup strategis dan dikelilingi oleh berbagai elemen lingkungan, sebagai berikut: a) Sebelah Barat berbatasan langsung dengan

Jalan Dr. Ir. H. Soekarno, jalan arteri utama kota yang memiliki intensitas lalu lintas tinggi dan dikelilingi deretan pepohonan serta trotoar. Arah barat ini menjadi sisi yang paling terbuka secara visual dan memiliki akses langsung dari jalan utama; b) Sebelah Utara merupakan kawasan permukiman padat yang terdiri dari bangunan rumah tinggal berlantai satu hingga dua. Wilayah ini mengarah ke Pantai Kenjeran dan menjadi area yang relatif tertutup oleh bangunan-bangunan warga; c) Sebelah Timur berbatasan dengan kompleks perumahan penduduk dan berdekatan dengan fasilitas umum seperti RSIA Putri Surabaya. Arah timur relatif tertutup dengan deretan atap rumah yang padat dan jarak antarbangunan yang rapat; d) Sebelah Selatan mengarah ke wilayah Sidoarjo, dengan latar belakang berupa area lapangan hijau, vegetasi, dan beberapa bangunan rendah. Sisi selatan terlihat lebih terbuka dibanding sisi utara dan timur, namun tidak langsung terhubung dengan jalan besar

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kecepatan angin di empat sisi ruangan (A: Barat, B: Utara, C: Timur, D: Selatan) pada tiga rentang waktu, yaitu pukul 08:00–11:00, 11:00–13:00, dan 13:00–15:00. Pengukuran dilakukan pada hari senin 29 April 2025, serta menggunakan tiga titik tempat pengamatan per lantai (lantai 5, 6, dan 7).

Tabel 1. Data kecepatan angin pada lantai 5

Sisi Ruangan	Rentang Waktu		
	08.00-11.00	11.00-13.00	13.00-15.00
A (Barat)	1,29 m/s	1,1 m/s	0,72 m/s
B (Utara)	2,98 m/s	4,07 m/s	2,82 m/s
C (Timur)	4,39 m/s	4,01 m/s	0,72 m/s
D (Selatan)	1,37 m/s	1,48 m/s	2,98 m/s

Tabel 2. Data kecepatan angin pada lantai 6

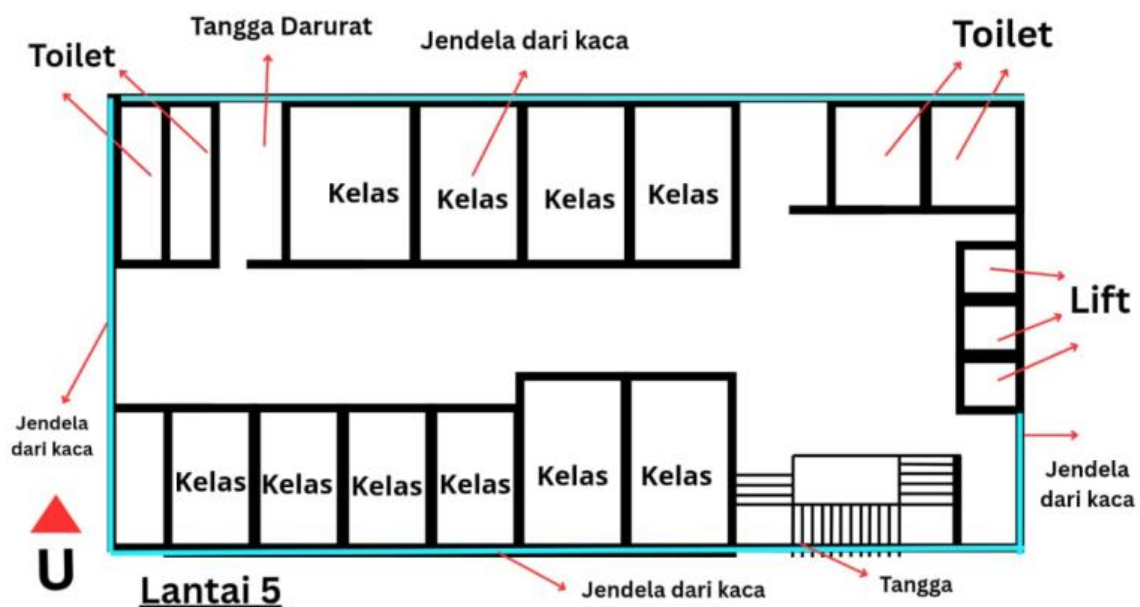
Sisi Ruangan	Rentang Waktu		
	08.00-11.00	11.00-13.00	13.00-15.00
A (Barat)	1,29 m/s	1,42 m/s	1,06 m/s
B (Utara)	1,35 m/s	3,03 m/s	1,27 m/s
C (Timur)	4,19 m/s	4,9 m/s	4,9 m/s
D (Selatan)	0,98 m/s	1,37 m/s	1,01 m/s

Tabel 3. Data kecepatan angin pada lantai 7

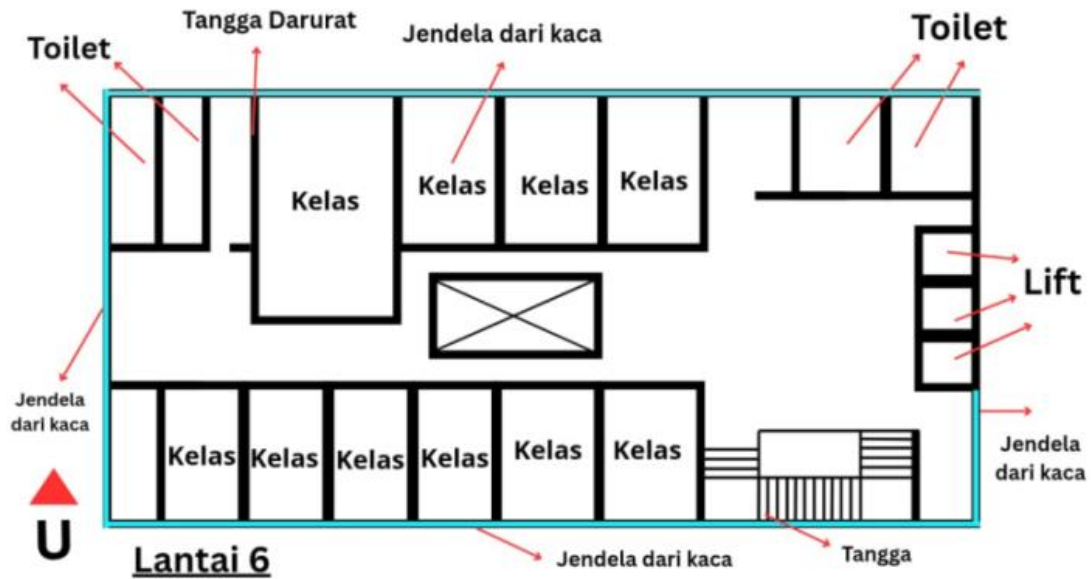
Sisi Ruangan	Rentang Waktu		
	08.00-11.00	11.00-13.00	13.00-15.00
A (Barat)	0,62 m/s	0,34 m/s	1,09 m/s
B (Utara)	2,09 m/s	3,01 m/s	1,19 m/s
C (Timur)	4,13 m/s	4,27 m/s	3,5 m/s

D (Selatan)	0,54 m/s	0,96 m/s	0,93 m/s
-------------	----------	----------	----------

Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan dalam **Tabel 1 hingga Tabel 3**, terlihat bahwa distribusi kecepatan angin berbeda-beda pada setiap lantai dan sisi ruangan. Beberapa sisi yang teridentifikasi mencatat kecepatan angin tertinggi, seperti sisi timur dan utara, sementara sisi barat dan selatan menunjukkan kecepatan angin lebih rendah pada waktu tertentu. Untuk memahami distribusi tersebut, penting untuk melihat **konfigurasi ruang dan posisi bukaan** pada bangunan yang diteliti. Gambar denah di bawah menunjukkan susunan ruang pada **lantai 5, 6, dan 7 Gedung Baru Universitas Katolik Darma Cendika**.

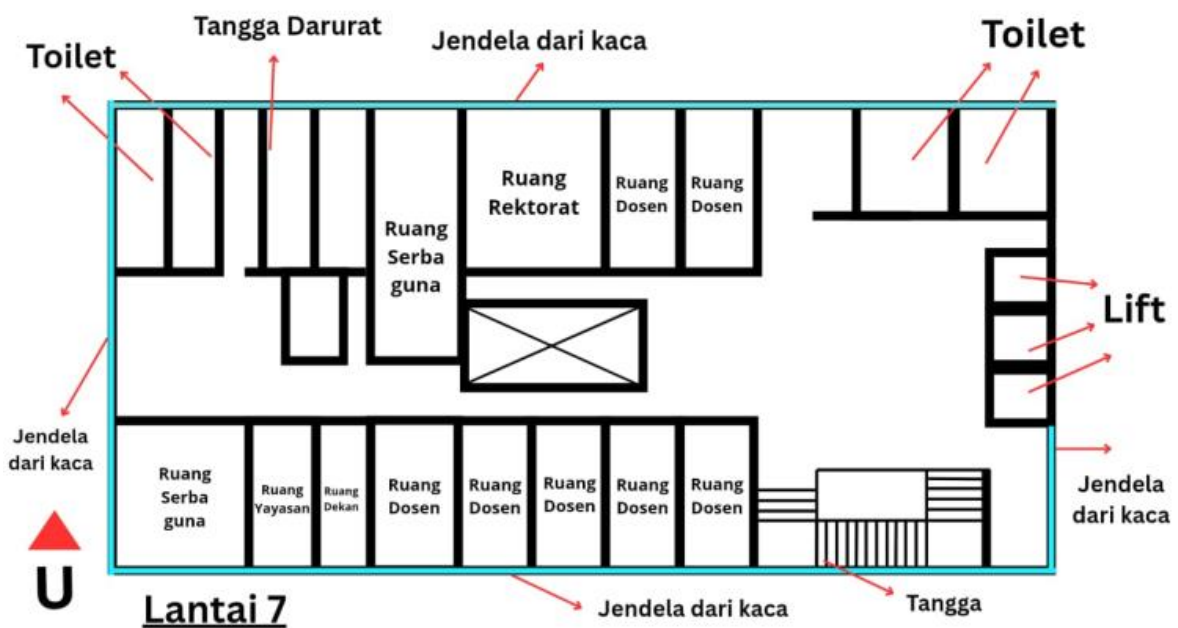


Gambar 1. Denah lantai 5
Sumber: Peneliti 2025



Gambar 2. Denah lantai 6

Sumber: Peneliti 2025



Gambar 3. Denah lantai 7

Sumber: Peneliti 2025

A. Sisi Timur (C) – Kecepatan Angin Tertinggi

Sisi timur bangunan memiliki jumlah jendela kaca yang cukup banyak, terutama di lantai 6 dan 7. Letak lift juga berada di sisi timur, namun tidak menghalangi aliran udara karena ruang di sekitarnya bersifat terbuka seperti yang dinyatakan oleh (Amin, 2017) bahwa udara dapat mengalir dengan baik jika terdapat jarak bebas atau ruang kosong di sekitar bangunan.. Jendela pada sisi timur ini memungkinkan angin dari luar masuk secara langsung, sehingga

mendukung temuan bahwa kecepatan angin tertinggi terjadi pada sisi ini. Kecepatan angin tertinggi di lantai 6 (4,90 m/s) dan lantai 7 (4,27 m/s) menunjukkan bahwa semakin tinggi lantai, semakin besar potensi masuknya angin dari timur yang tidak terhalang oleh bangunan sekitar.

B. Sisi Utara (B) – Bukaan Minimal, Kecepatan Angin Sedang–Tinggi

Sisi utara juga memiliki toilet dan tangga darurat, namun jumlah bukaan jendela relatif lebih sedikit dibanding sisi timur. Meskipun begitu, kecepatan angin pada sisi ini tetap cukup tinggi (hingga 4,07 m/s di lantai 5). Hal ini menunjukkan bahwa sisi utara kemungkinan menerima aliran angin sekunder dari arah timur laut atau utara, meskipun dengan hambatan dari bangunan permukiman. Keberadaan toilet dan tangga darurat yang menutup sebagian jalur sirkulasi udara bisa menjadi alasan kecepatan angin tidak sekuat sisi timur.

C. Sisi Selatan (D) – Bukaan Banyak, Tapi Kecepatan Angin Bervariasi

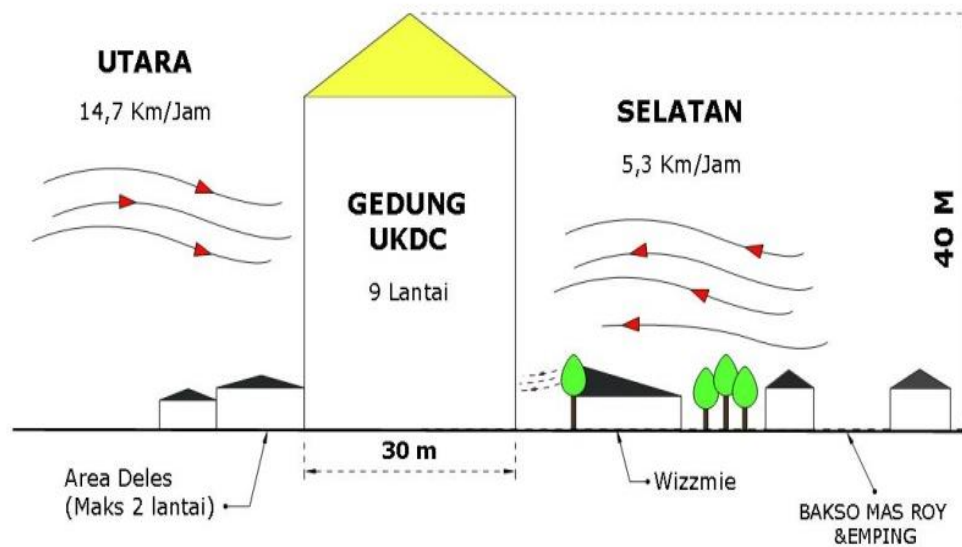
Sisi selatan memiliki sejumlah besar jendela kaca yang menghadap lapangan terbuka, terutama di lantai 6 dan 7. Namun data menunjukkan bahwa kecepatan angin pada sisi ini tidak selalu tinggi, bahkan di beberapa waktu (misalnya pukul 08.00–11.00), angin cukup rendah (0,54–0,98 m/s). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada bukaan besar, arah datang angin tidak dominan dari selatan. Namun, saat sore hari (13.00–15.00), sisi selatan mengalami peningkatan kecepatan angin, kemungkinan akibat perubahan arah angin lokal atau efek tekanan balik dari sisi timur.

D. Sisi Barat (A) – Bukaan Sedikit, Kecepatan Angin Terendah

Sisi barat memiliki bukaan paling sedikit, serta berbatasan langsung dengan Jalan Dr. Ir. H. Soekarno dan pepohonan besar. Faktor-faktor ini kemungkinan menciptakan turbulensi atau penghalang angin, yang menjelaskan mengapa kecepatan angin di sisi barat paling rendah, terutama di lantai 7 pada pukul 11.00–13.00 (0,34 m/s).

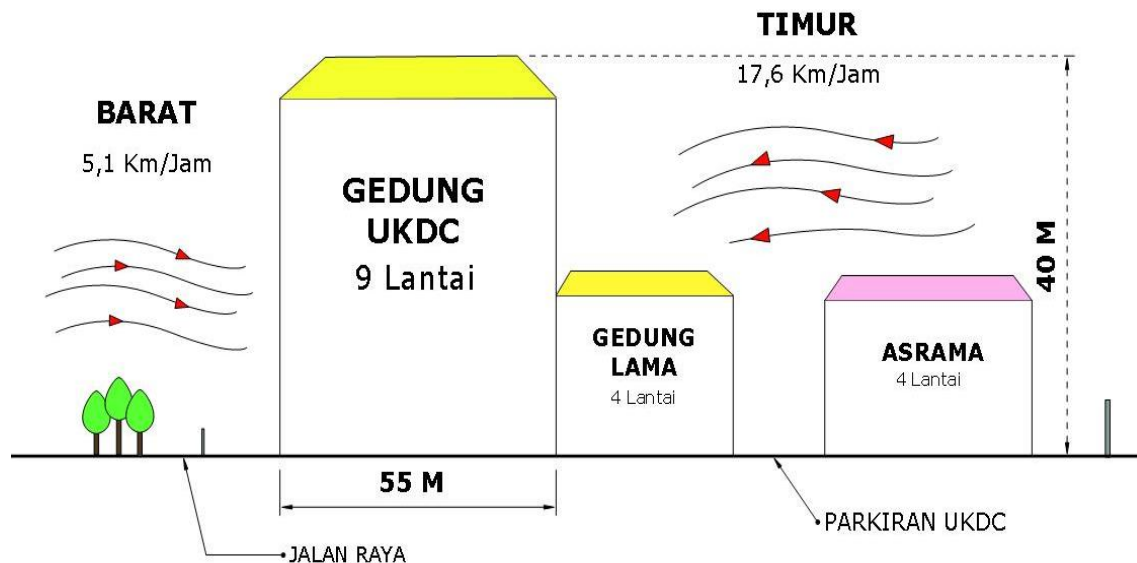
Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan angin menunjukkan adanya perbedaan distribusi angin yang cukup signifikan antar sisi ruangan, waktu pengamatan, dan ketinggian lantai. Beberapa poin penting dapat dijelaskan sebagai berikut:

A. Pengaruh Orientasi Bangunan terhadap Arah dan Intensitas Angin



Gambar 4. Tampak depan
Sumber: Peneliti 2025

Sisi Utara (B) juga menunjukkan kecepatan angin yang relatif tinggi, khususnya pada lantai 5 (hingga 4,07 m/s) dan 7 (hingga 3,01 m/s) yang jika dirata-ratakan memiliki kecepatan angin sebesar 14,7 km/jam. Hal ini dapat dikaitkan dengan lokasi utara gedung yang mengarah ke Pantai Kenjeran. Jarak yang tidak terlalu jauh dari pantai memungkinkan terjadinya pergerakan angin laut (sea breeze), terutama pada siang hari saat suhu daratan meningkat. Sebaliknya, sisi Selatan (D) cenderung mencatat kecepatan angin yang lebih rendah dengan rata-rata kecepatan anginnya adalah 5,3 km/jam.



Gambar 5. Tampak samping
Sumber: Peneliti 2025

Menurut (Simbolon & dkk, 2022) Aliran angin yang berhembus dari arah Barat sampai ke Timur memiliki kecepatan rata-rata 2,93 m/s. Namun ternyata kecepatan aliran angin berhembus sebaliknya, di sisi Timur (C) secara konsisten mencatat kecepatan angin tertinggi hampir di semua waktu dan lantai, dengan nilai tertinggi yaitu 4,90 m/s pada lantai 6 dan 7 dengan kecepatan rata-rata yang didapat adalah 17,6 km/jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa arah timur merupakan jalur dominan aliran angin di lokasi ini. Berdasarkan peta situasi lokasi, sisi timur mengarah ke kawasan pemukiman yang cukup padat, namun kemungkinan terdapat koridor angin akibat tata letak bangunan dan celah antar rumah yang mempercepat aliran udara ke arah gedung. Sebaliknya, sisi Barat (A) cenderung mencatat kecepatan angin yang lebih rendah. Pada sisi barat, terutama lantai 7 pukul 11.00–13.00, tercatat nilai paling rendah yaitu 0,34 m/s dengan kecepatan rata-rata yang didapat adalah 5,1 km/jam. Hal ini dapat disebabkan oleh keberadaan Jalan Dr. Ir. H. Soekarno dan vegetasi di sisi barat yang kemungkinan menyebabkan turbulensi atau penghalang sebagian aliran angin.

B. Pengaruh Waktu terhadap Kecepatan Angin

Secara umum, kecepatan angin cenderung meningkat pada rentang waktu 11.00–13.00. Hal ini disebabkan oleh naiknya suhu udara permukaan pada siang hari, yang memicu terjadinya perbedaan tekanan dan mempercepat pergerakan angin. Pada waktu pagi (08.00–11.00), kecepatan angin masih tergolong sedang, sedangkan pada sore hari (13.00–15.00) terjadi fluktuasi yang tidak merata di tiap sisi, menandakan peran faktor lokal (topografi, halangan bangunan, dsb) yang lebih dominan.

C. Pengaruh Ketinggian (Lantai)

Data menunjukkan bahwa lantai 6 dan 7 umumnya memiliki kecepatan angin lebih tinggi dibanding lantai 5, terutama pada sisi timur dan utara. Hal ini sejalan dengan teori bahwa

kecepatan angin meningkat seiring bertambahnya ketinggian karena berkurangnya gesekan permukaan (ground friction). Pada lantai 6, sisi timur mencatat nilai tertinggi 4,90 m/s secara berurutan di dua rentang waktu terakhir, memperkuat temuan bahwa arah angin dominan berasal dari timur.

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah dilakukan mengenai kecepatan aliran angin, maka dalam konteks penghawaan pasif terutama di iklim tropis seperti di Surabaya. “Kecepatan angin rata – rata menunjukkan pada angka 0,61 m/s, sehingga masih termasuk nyaman.” (Rusmiatmoko et al., 2018) sehingga berdasarkan data yang sudah didapat menunjukkan bahwa Sisi timur dan utara secara umum menunjukkan nilai kecepatan angin yang berada dalam atau melampaui ambang batas kenyamanan termal yang direkomendasikan, sehingga berperan positif dalam mendukung sirkulasi udara alami dan meningkatkan tingkat kenyamanan termal bagi pengguna ruang. “Efektivitas ventilasi alami dipengaruhi oleh orientasi bangunan, posisi bukaan, dan fungsi ruang” (Yong et al., 2022) sehingga kenyamanan termal yang didapat di dalam gedung dikarenakan adanya banyak bukaan lebar seperti yang sudah dibahas. Sedangkan Sisi barat dan sebagian selatan berada di bawah ambang ideal, berisiko menyebabkan ruangan menjadi pengap dan panas, terutama saat siang hari. Hal ini bisa diatasi dengan memberikan bukaan yang lebar atau penggunaan lubang dinding sehingga aliran udara dapat mengalir dengan baik seperti yang dikatakan oleh (Sabtalistia, 2023).

Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa kenyamanan termal dalam bangunan beriklim tropis sangat bergantung pada efektivitas ventilasi alami. Kecepatan aliran udara yang memadai dapat meningkatkan kualitas lingkungan dalam ruang, bahkan ketika suhu udara tinggi. Hasil pengukuran menunjukkan sisi timur memiliki kecepatan angin tertinggi (hingga 4,90 m/s), diikuti sisi utara (hingga 4,07 m/s), sedangkan sisi barat mencatat nilai terendah (0,34 m/s). Efektivitas tersebut sangat dipengaruhi oleh orientasi bangunan, posisi dan jumlah bukaan, serta fungsi ruang di sekitarnya. Ketika bukaan dirancang secara strategis sesuai arah datangnya angin dominan, maka sirkulasi udara dalam ruang dapat tercipta secara optimal, yang pada akhirnya meningkatkan kenyamanan pengguna tanpa ketergantungan pada sistem pendingin buatan.

Referensi

- Amin, A. R. (2017). STUDI PENGHAWAAN ALAMI PADA BANGUNAN SEKOLAH DASAR DI PINGGIRAN SUNGAI MUSI PALEMBANG. *Jurnal Arsir Vol.1 No.2*, 86-99.
- Binarti, F., & Brotas, L. (2017). Adaptive thermal comfort in Southeast Asia: A study in Indonesian classrooms. *Building and Environment*, 122, 232–247.
- Damayanti, R., & Arsandrie, Y. (2020). EVALUASI PURNA HUNI SEKOLAH MASTER (MASJID TERMINAL) INDONESIA DI DEPOK. *SIAR*, 477-491.
- Ekasiwi, S. N., & dkk. (2019). Peningkatan Kenyamanan Termal dan Pencahayaan Alam Gedung Sekolah Dasar di Kawasan Padat Hunian di Surabaya. *Arsitektura Vol. 18 (1)*, 63-73.
- Hadi, Y., & dkk. (2020). Analisis Kenyamanan Termal Ruang Kuliah . *Jurnal Metris 21*, 13-26.
- Ilahi, I. F., & dkk. (2023). KAJIAN PERBANDINGAN ARAH ANGIN PERMUKAAN TERHADAP UNSUR CUACA DAN IKLIM PADA WILAYAH PESISIR DAN DATARAN TINGGI (STUDI KASUS : STASIUN METEOROLOGI SOEKARNO-HATTA DAN STASIUN METEOROLOGI CITEKO). *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF) Jilid 19, No 1*, 109-121.
- Keintjem, R. G., & dkk. (2023). Analisis Arah dan Kecepatan serta Besar Persentase Fase Angin Menggunakan WRPLOT Tahun 2015-2020 di Stasiun Klimatologi Kelas II Paniki Atas Minahasa Utara . *KPJ 7(3)*, 531-537.
- Rijal, H. B., & dkk. (2018). Development of adaptive algorithms for thermal comfort in Japanese houses. *Building Research & Information*, 46(7), 738-751.
- Runtuwene, M., & dkk. (2022). Evaluasi Pasca Huni Rumah Susun Sewa di Sulawesi Utara. *Jurnal Fraktal Vol. 7 No.1*, 1-8.
- Rusmiatmoko, D., Setyowati, E., & Hardiman, G. (2018). KONTRIBUSI LUBANG ANGIN DAN VENTILASI UDARA PADA BANGUNAN SOBOKARTTI SEMARANG DALAM MEWUJUDKAN KENYAMANAN TERMAL. *MODUL vol 18 no 2*, 90-96.
- Sabtalistia, Y. A. (2023). OPTIMALISASI KENYAMANAN TERMAL PADA RUMAH TINGGAL SEDERHANA. *PAWON: Jurnal Arsitektur, Nomor 02 Volume VII, Juli - Desember, ISSN 2597-7636*, 205-220.
- Santos, R. C., & dkk. (2021). Field study of thermal comfort in university classrooms during warm and humid season. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102593.
- Santoso, E. I. (2012). KENYAMANAN TERMAL INDOOR PADA BANGUNAN DI DAERAH BERIKLIM TROPIS LEMBAB. *Indonesian Green Technology Journal.Vol. 1 No. 1*, 13-19.
- Simbolon, C. D., & dkk. (2022). Analisis Arah dan Kecepatan Angin Terhadap Sebaran Curah Hujan Di Wilayah Kabupaten Tangerang. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika Vol. 10, No. 01*, 113-120.
- STANDARD, A. (1992). Thermal environmental conditions for human occupancy. *ANSI/ASHRAE*, 55, 5.
- Syafira, F. H., & dkk. (2022). PENGHAWAAN ALAMI UNTUK KENYAMANAN TERMAL PADA KASUS BANGUNAN GOR BAMBU RUNCING DI TEMANGGUNG. *Sakapari*, 418-429.

-
- Syafira, F. H., & dkk. (2024). Evaluasi Adaptasi Kondisi Termal Gereja Cagar Budaya di Lingkungan Tropis Perkotaan (Studi Kasus: GPIB Immanuel Kota Malang). *Sewagati* 8 (3), 1730-1740.
- Talarosha, B. (2005). MENCIPTAKAN KENYAMANAN THERMAL DALAM BANGUNAN . *Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6, No. 3*, 148-158.
- Toisi, N. H., & John, K. W. (2012). PENGARUH LUAS BUKAAN VENTILASI TERHADAP PENGHAWAAN ALAMI DAN KENYAMANAN THERMAL PADA RUMAH TINGGAL HASIL MODIFIKASI DARI RUMAH TRADISIONAL MINAHASA. *Jurnal Arsitektur DASENG*, 1(1), 66-73.
- Wong, N. H., & Jusuf, S. K. (2017). Urban heat island and urban climate change mitigation. Dalam N. H. Wong, & S. K. Jusuf, *Urban heat island and urban climate change mitigation* (hal. 439-507). Springer: In Handbook of Sustainability Science and Research.
- Yong, N. H., & dkk. (2022). Post occupancy evaluation of thermal comfort and indoor air quality of office spaces in a tropical green campus building. *Journal of Facilities Management* 20 (4), 570-585.
- Zhao, R., & dkk. (2021). Effects of classroom density and ventilation on students' perceived thermal comfort. *Building and Environment*, 187, 107388.