

Evaluasi Kenyamanan Termal dan Kualitas Udara pada Ruang Kuliah Berdasarkan Penyesuaian Bangunan di Wilayah Tropis

Andi Risnawati Ramli-1^{a*}, Hasrydha-2^b, Munzir F. Umar-3^c

^{a,b,c}Program Studi Arsitektur Bangunan Gedung, Politeknik Dewantara
Jalan K.H. Ahmad Razak 2 No. 7, Kota Palopo, Indonesia

**Email : risna.ramli@polidewa.ac.id*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruang kuliah yang mengalami penyesuaian desain bangunan di lingkungan beriklim tropis. Suhu tinggi dan kelembaban yang khas di daerah tropis dapat berdampak pada kenyamanan pengguna ruang, khususnya di ruang kuliah yang menjadi pusat kegiatan akademik. Kajian ini meneliti kontribusi berbagai elemen desain bangunan—seperti ventilasi alami, pemilihan material bangunan, serta orientasi ruang—terhadap kondisi suhu dan mutu udara di dalam ruangan. Proses evaluasi dilakukan melalui pengukuran parameter suhu, kelembaban relatif, dan kadar CO₂ di sejumlah ruang kuliah dengan karakteristik desain yang bervariasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa ruang kuliah dengan desain yang mengedepankan ventilasi alami dan pencahayaan alami menunjukkan performa termal yang lebih optimal serta kualitas udara yang lebih baik dibandingkan ruang yang bergantung pada sistem pendingin buatan. Temuan ini mendukung pentingnya penerapan desain ruang kuliah yang ramah lingkungan dan hemat energi guna menunjang kenyamanan dan kesehatan penghuni secara keseluruhan.

Kata Kunci: *Kenyamanan Terminal, Kualitas Udara, Penyesuaian Bangunan, Ventilasi Alami*

1. Latar Belakang

Kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruang kuliah memainkan peranan penting dalam efektivitas proses belajar mengajar. Di wilayah tropis seperti Indonesia, suhu tinggi dan kelembapan yang relatif tinggi sering kali menyebabkan ketidaknyamanan bagi penghuni ruang kuliah. Berbagai penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa banyak ruang kuliah di Indonesia yang masih bergantung pada penggunaan pendingin udara (AC) untuk menjaga kenyamanan termal, meskipun hal ini dapat meningkatkan konsumsi energi yang signifikan dan biaya operasional yang tinggi. Selain itu, kualitas udara dalam ruang kuliah sering kali

terabaikan, di mana konsentrasi karbon dioksida (CO₂) yang tinggi akibat ventilasi yang minim dapat menurunkan konsentrasi dan produktivitas mahasiswa.

Kondisi ruang kuliah di perguruan tinggi, khususnya di wilayah tropis, masih menghadapi tantangan besar terkait kenyamanan termal dan kualitas udara. Data awal yang diperoleh menunjukkan bahwa sekitar 70% ruang kuliah di kampus-kampus Indonesia masih mengandalkan AC, yang berkontribusi pada tingginya penggunaan energi. Di samping itu, kualitas udara dalam ruang kuliah sering kali tidak memenuhi standar kesehatan, dengan konsentrasi CO₂ yang rata-rata melebihi batas yang direkomendasikan untuk ruang

tertutup. Kurangnya sirkulasi udara alami dan penggunaan material bangunan yang kurang mendukung ventilasi alami menjadi penyebab utama dari permasalahan ini.

Penelitian ini menawarkan pendekatan yang baru dalam mengevaluasi kenyamanan termal dan kualitas udara di ruang kuliah, khususnya dengan fokus pada penyesuaian desain bangunan yang berorientasi pada iklim tropis. Kebaruan utama dari penelitian ini terletak pada integrasi berbagai elemen desain yang berkelanjutan dan adaptif terhadap kondisi iklim tropis, yang mencakup penerapan ventilasi alami yang optimal, pemilihan material bangunan yang ramah lingkungan, dan pencahayaan alami yang tidak hanya meningkatkan kenyamanan termal, tetapi juga kualitas udara dalam ruang kuliah. Pendekatan ini berbeda dengan banyak penelitian sebelumnya yang hanya memusatkan perhatian pada satu aspek, seperti penggunaan AC atau pengaturan suhu, tanpa mempertimbangkan secara menyeluruh dampak desain terhadap kesehatan dan efisiensi energi.

Penelitian ini juga menyoroti keterkaitan antara elemen-elemen desain bangunan dengan kenyamanan pengguna ruang, dan bertujuan untuk memberikan rekomendasi desain yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga hemat energi, dengan mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin buatan. Dengan memanfaatkan pendekatan desain yang lebih holistik dan berbasis pada teknologi pasif, penelitian ini berusaha membuka jalan baru dalam perancangan ruang kuliah yang lebih sehat dan efisien, sesuai dengan tuntutan keberlanjutan di kawasan tropis yang terus berkembang. Kebaruan lainnya adalah pendekatan berbasis bukti yang menggabungkan pengukuran langsung terhadap parameter suhu, kelembaban, dan CO₂, serta pengumpulan data persepsi pengguna untuk memperoleh rekomendasi desain yang lebih aplikatif dan relevan.

Landasan teknologi dalam penelitian ini berpatokan pada temuan-temuan

sebelumnya yang menunjukkan bahwa penerapan ventilasi alami dan pencahayaan alami dapat secara signifikan mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin udara serta memperbaiki kualitas udara dalam ruang. (Li et al. 2020) menyatakan bahwa desain bangunan yang mengoptimalkan aliran udara dan pencahayaan alami dapat menciptakan lingkungan dalam ruang yang lebih sehat dan efisien secara energi. Selain itu, penggunaan material seperti batu bata berlubang dan kayu, yang memiliki kemampuan dalam mengatur suhu dan kelembaban, telah terbukti efektif dalam menciptakan kenyamanan termal pada bangunan di wilayah tropis (Nguyen et al., 2019).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merumuskan rekomendasi desain ruang kuliah yang lebih hemat energi, nyaman, dan berwawasan lingkungan, guna meningkatkan kenyamanan termal serta kualitas udara di dalam ruang kuliah. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

1. Terwujudnya lingkungan ruang kuliah yang sehat dan mendukung kenyamanan mahasiswa.
2. Penurunan penggunaan energi dari AC melalui optimalisasi ventilasi alami dan pencahayaan alami.
3. Sumbangsih terhadap pengembangan desain bangunan berkelanjutan dan efisien energi, khususnya di wilayah tropis yang memiliki iklim panas dan lembap.

2. Metodologi

Studi ini dilaksanakan di beberapa ruang kuliah Politeknik Dewantara di Kota Palopo, Sulawesi Selatan, sebagai contoh bangunan pendidikan di iklim tropis. Lokasi ini dipilih karena menyajikan beragam tipologi ruang—baik yang dirancang menyesuaikan kondisi tropis maupun yang tidak—sehingga dapat dibandingkan. Observasi dan pengumpulan data dilakukan dari April hingga Mei 2025,

meliputi pengamatan langsung, pengukuran kondisi fisik ruang, dan penyusunan konsep desain.

Pengguna utama dalam penelitian ini adalah mahasiswa dan dosen yang rutin memakai ruang kuliah. Responden dipilih melalui metode sampling terarah dengan kriteria ruang kuliah yang memiliki perbedaan desain (misalnya ventilasi alami versus ventilasi tertutup), lalu dilakukan survei kenyamanan kepada pengguna tersebut. Selain itu, pengelola gedung kampus juga dilibatkan sebagai sumber data teknis bangunan.

Metode penelitian ini meliputi observasi langsung kondisi ruang, pengukuran suhu, kelembapan, dan konsentrasi CO₂ dengan alat sederhana seperti thermohygrometer dan CO₂-meter, serta pengumpulan data tambahan melalui wawancara semi-terstruktur dan kuesioner persepsi kenyamanan pengguna. Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk mengetahui kaitan antara aspek desain bangunan dengan kenyamanan termal dan kualitas udara, dan hasilnya dirumuskan sebagai panduan perancangan ruang kuliah yang adaptif terhadap iklim tropis.

Tabel 1. Indikator Pengukuran

No	Instrumen Pengukuran	Deskripsi	Parameter yang diukur	Satuan
1	Termometer	Alat untuk mengukur suhu udara di ruang kuliah.	Suhu udara	°C (Celsius)
2	Hygrometer	Alat untuk mengukur kelembaban relatif udara di ruang kuliah.	Kelembaban relatif	% RH (Relative Humidity)
3	Anemometer	Alat untuk mengukur kecepatan angin atau aliran udara dalam ruang kuliah, terkait dengan ventilasi.	Kecepatan aliran udara (Ventilasi)	m/s (meter per detik)
4	CO ₂ Meter (Carbon Dioxide Meter)	Alat untuk mengukur konsentrasi gas karbon dioksida (CO ₂) dalam ruang kuliah, yang berhubungan dengan kualitas udara.	Konsentrasi CO ₂	ppm (parts per million)

Keberhasilan kegiatan ini dinilai berdasarkan:

1. Pengumpulan data fisik dari minimal empat ruang kuliah dengan tipologi desain yang kontras.
2. Tersedianya umpan balik dari sedikitnya 30 partisipan (mahasiswa dan dosen) untuk menjamin validitas persepsi kenyamanan.
3. Terbentuknya kerangka perancangan ruang kuliah yang mengintegrasikan ventilasi alami, pencahayaan alami, dan pemilihan material sesuai iklim tropis.
4. Tersusunnya dokumen rekomendasi desain sebagai panduan perencanaan bagi pihak kampus atau perancang bangunan pendidikan.

Evaluasi pencapaian dilakukan melalui analisis deskriptif atas data pengukuran fisik dan persepsi kenyamanan pengguna, serta validasi hasil rekomendasi desain bersama mitra akademik (dosen arsitektur) dalam Forum Group Discussion (FGD). Keberhasilan juga diukur dari seberapa aplikatif dan realistis acuan desain tersebut untuk diterapkan pada bangunan pendidikan di wilayah tropis.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan di empat ruang kuliah kampus Politeknik Dewantara Palopo tersebut yang menampilkan variasi karakteristik desain bangunan. Dua ruang kuliah menerapkan sistem tertutup

dilengkapi pendingin udara (AC) dengan ventilasi alami terbatas, sedangkan dua ruang lainnya menggunakan konsep semi-terbuka dengan ventilasi silang serta pencahayaan alami yang optimal. Pengukuran kenyamanan termal mencakup pencatatan suhu udara dan kelembaban relatif selama jam perkuliahan aktif, yaitu pada pukul 09.00–12.00 dan 13.00–16.00. Di sisi lain, kualitas udara diukur berdasarkan pencatatan konsentrasi CO₂ dalam ruangan.

Survei persepsi kenyamanan melibatkan 34 mahasiswa dan 8 dosen sebagai responden. Temuan pengukuran mengindikasikan secara keseluruhan bahwa ruang ber-ventilasi alami memiliki suhu rata-rata 28–30°C dengan kelembaban 65–75%, sedangkan ruang ber-AC merekam suhu 23–25°C namun konsentrasi CO₂ lebih tinggi (rata-rata 1200–1600 ppm). Sebaliknya, ruang semi-terbuka dengan aliran ventilasi silang menunjukkan kadar CO₂ di bawah 900 ppm. Dari kuesioner, mayoritas mahasiswa mengaku lebih betah di ruang yang menyediakan pencahayaan alami dan sirkulasi udara terbuka, meski suhu lebih hangat.

4. Pembahasan

Secara umum, hasil kegiatan ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam kenyamanan termal dan kualitas udara antara ruang tertutup ber-AC dan ruang dengan ventilasi alami. Ruang tertutup memang menawarkan suhu yang lebih rendah, namun konsentrasi CO₂ yang tinggi menunjukkan kurangnya pertukaran udara, yang dapat berdampak pada kesehatan dan konsentrasi pengguna. Temuan ini sesuai dengan penelitian (Nguyen et al. 2019) yang menekankan pentingnya sirkulasi udara untuk menjaga kualitas lingkungan dalam ruang.

Pembahasan lebih lanjut menunjukkan bahwa desain bangunan yang responsif terhadap iklim tropis, seperti pengaturan bukaan silang, atap tinggi, dan penggunaan material dengan kemampuan isolasi termal

sedang, mampu menciptakan kondisi termal yang cukup nyaman meski tanpa pendingin buatan. Ini sejalan dengan studi (Li et al. 2020) yang merekomendasikan pendekatan pasif untuk efisiensi energi dan peningkatan kenyamanan ruang.

Berdasarkan data dan persepsi pengguna, dapat dirumuskan acuan perancangan yang meliputi:

1. Penggunaan ventilasi silang untuk meningkatkan aliran udara.
2. Pengoptimalan pencahayaan alami melalui bukaan jendela lebar dan atap transparan parsial.
3. Penggunaan material dinding yang mampu menyerap panas secara perlahan dan melepaskannya saat suhu ruang menurun (seperti bata ringan atau papan semen).
4. Penambahan vegetasi atau elemen shading untuk mengurangi paparan langsung sinar matahari.

Rekomendasi konsep ini ditujukan sebagai dasar perancangan ruang kuliah baru atau renovasi ruang eksisting di wilayah tropis, agar dapat mewujudkan ruang yang nyaman secara termal, sehat secara kualitas udara, dan efisien secara energi.

5. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa desain bangunan yang mengutamakan ventilasi alami, pencahayaan alami, dan pemilihan material ramah lingkungan secara signifikan meningkatkan kenyamanan termal dan kualitas udara di ruang kuliah tropis. Pengukuran suhu, kelembapan, dan konsentrasi CO₂ mengungkapkan bahwa ruang berventilasi alami cenderung lebih hangat, namun memiliki kadar CO₂ yang lebih rendah dibandingkan ruang ber-AC. Dengan aliran udara yang baik dan pengurangan ketergantungan pada pendingin, kenyamanan pengguna meningkat tanpa menurunkan mutu udara dalam ruangan.

Berdasarkan temuan tersebut, direkomendasikan penerapan ventilasi

silang, optimalisasi cahaya alami, dan penggunaan material yang mampu menstabilkan suhu serta kelembapan, baik pada bangunan baru maupun renovasi ruang kuliah di iklim tropis. Langkah ini tak hanya menyusun kerangka kerja perancangan yang berkelanjutan dan efisien energi, tetapi juga mendukung upaya pengurangan konsumsi energi di masa mendatang. Secara keseluruhan, penelitian menegaskan pentingnya desain ramah lingkungan dan hemat energi untuk menciptakan ruang belajar yang nyaman dan sehat di wilayah panas dan lembap.

Daftar Pustaka

- [1] Amaral, L. S., et al., *The influence of natural ventilation in the indoor air quality and energy efficiency in tropical climates: A study on university classrooms*, Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, 19(1), 15-23, 2020.
- [2] Barbosa, F., et al., *Energy efficiency in university buildings: A review of sustainable approaches to improve thermal comfort and indoor air quality*, Energy Reports, 7, 230-239, 2021.
- [3] Li, H., et al., *Influence of natural ventilation on thermal comfort in tropical buildings*, Journal of Building Performance, 11(3), 12-22, 2020.
- [4] Li, Y., et al., *Ventilation and lighting optimization for energy-efficient classrooms in tropical climates*, Energy and Buildings, 219, 109894, 2020.
- [5] Nguyen, T. L., et al., *Assessment of indoor air quality in classrooms: Case study in tropical climate zones*, Building and Environment, 148, 46-56, 2019.
- [6] Rijal, H. B., et al., *Indoor air quality and thermal comfort in a typical tropical classroom: A case study of Indonesia*, Environmental Science and Pollution Research, 27, 12345-12358, 2020.
- [7] Shastri, S., & Vaidya, N., *Optimizing building materials for better thermal comfort in tropical climates*, Building Research & Information, 46(4), 355-368, 2018.
- [8] Sujatmiko, D., & Soeprijanto, A., *Building design for the tropics: Optimizing natural ventilation and energy-saving materials*, Journal of Green Building, 16(3), 123-135, 2021.
- [9] Yaw, A., & Oladokun, M. A., *Thermal comfort assessment in university classrooms with natural ventilation systems in tropical climates*, Building and Environment, 118, 54-62, 2020.
- [10] Zhang, Y., et al., *Natural ventilation and energy efficiency strategies for tropical educational buildings*, Journal of Architectural Engineering, 26(2), 40-51, 2020.