

ANALISIS KENYAMANAN AEROLIQUE PADA RUANG KELAS DI DAERAH IKLIM TROPIS DENGAN METODE STUDI PUSTAKA

Salma Hafni Zafira¹, Eddy Prianto²

¹Departemen Arsitektur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, email: salmahafni@students.undip.ac.id

²Departemen Arsitektur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, email: eddyprianto@arsitektur.undip.ac.id

ABSTRAK

Publikasi hasil penelitian dalam bentuk artikel yang terpublikasi pada beberapa jurnal di periode 2016-2023 terkait kenyamanan aerolique (gerakan udara alami) pada ruang kelas di daerah iklim tropis, masih saja menjadikan tema yang menarik untuk diulas. Dan tujuan dari Studi Pustaka terkait hal tersebut diatas adalah seberapa Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pilihan metode peneltaitaan apa saja yang digunakan, apalagi direntang periode tersebut terdapat era pandemi COVID-19. Dan seberapa jauh hasil tingkat kenyamanan aerolique yang didapatkan diakhir kajian-kajiannya. Hasil dari pemetaan ini menyatakan bahwa pilihan dalam melakukan studi terkait kenyamamanan aerolique diantara era COVID masih didominasi dengan metode studi lapangan (50%) di lanjut metode CFD (37%) dan studi empiris 13%. Dan catatan akhir dari studi referensi terhadap obyek kelas, dipetakan 60% pada kondisi tidak nyaman.

Kata kunci: *Kenyamanan Aerolique, Ruang Kelas, Tropis, Studi Pustaka*

Info Artikel:

Dikirim: 6 Juli 2023; Revisi: 25 Agustus 2023; Diterima: 30 Agustus 2023; Diterbitkan: 30 September 2023



©2023 The Author(s). Published by Arsitekno, Architecture Program, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. PENDAHULUAN

Pemahaman kenyamanan Aerolique secara spesifik disampaikan oleh Prianto dalam beberapa materi perkuliahan dan produk desertasinya [1]. Dimana secara umum dikenal secara umum dengan kenyamanan yang disebabkan oleh gerakan udara alami. Dalam periode tujuh tahun (2016-2023) belakangan ini permasalahan kenyamanan aerolique menjadi perhatian bagi masyarakat hingga dapat menghasilkan berbagai studi tentang kenyamanan aerolique dari berbagai jenis bangunan. Penelitian ini juga dilakukan di kota-kota yang berbeda dengan kondisi iklim yang sama yaitu, iklim tropis. Banyak peneliti yang membahas permasalahan ini, karena kondisi iklim tropis yang cenderung panas sehingga masyarakat banyak memerlukan penghawaan yang cenderung adem sebagai standar kenyamanan aerolique antar individu. Objek dari studi ini adalah ruang kelas yang telah dilakukan oleh J. P. Liawan, H. Tanujaya, and S. Darmawan [2], L. H. Sari, E. N. Rauzi, A. Allaily, and A. L. Pertiwi [3], T. W. Setiati, S. E. Febrina, and F. S. Islami [4], S. Latif, B. Hamzah, and I. Ihsan [5], dan A. R. Z. Amin [6].

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6572-2001, kenyamanan aerolique adalah salah satu dari lima faktor kenyamanan yang secara simultan mengatur kondisi udara dengan mengontrol suhu, kelembaban relatif, kebersihan, dan distribusinya guna memberikan kenyamanan kepada pengguna dalam ruangan yang dikondisikan[7]. Standar kenyamanan aerolique sendiri dapat dikendalikan dengan memperhatikan kuantitas gerakan udara melalui skala Beaufort. Skala Beaufor merupakan skala empiris untuk mengetahui kecepatan angin berdasarkan keadaan di darat maupun laut [8].

Standar ASHRAE 55-1992 juga ditetapkan sebagai kriteria fisik untuk menghasilkan lingkungan yang dapat diterima di ruang kelas, termasuk batas minimum dan maksimum suhu, kecepatan udara, dan kelembapan. Secara keseluruhan, tampak bahwa spesifikasi fisik untuk kenyamanan aerolique dalam Standar ASHRAE 55-1992 mungkin tidak sepenuhnya dapat diterapkan di ruang kelas di iklim tropis yang panas dan lembab, di mana spesifikasi fisik mungkin sulit dipenuhi. Ini menyoroti perlunya penelitian lebih lanjut dan pengembangan

Tabel 1. Skala Beaufort

Nomor Beaufort	Kekuatan angin	Kecepatan rata-rata (km/jam)
0	Tenang	<1
1	Sedikit tenang	1-5
2	Sedikit hembusan angin	6-11
3	Hembusan angin pelan	12-19
4	Hembusan angin sedang	20-29
5	Hembusan angin sejuk	30-39
6	Hembusan angin kuat	40-50
7	Mendekati kencang	51-61
8	Kencang	62-74
9	Kencang sekali	75-87
10	Badai	88-101
11	Badai dahsyat	102-117
12	Badai topan	>118

Sumber: Adaptasi dari [10]

standar baru yang lebih dapat diterapkan pada ruang kelas di iklim tropis yang panas dan lembab [9]. Terdapat studi yang menjelaskan tentang kenyamanan aerolique pada ruang kelas apakah sesuai dengan standar kenyamanan penggunaannya atau tidak. Kriteria dan prioritas kenyamanan aerolique pada ruang kelas pastinya berbeda karena berbagai faktor. Faktor-faktor diantaranya adalah kondisi pasca pandemic COVID-19 dan pemilihan sistem ventilasi[3][4][10], dan ukuran ruang dan ukuran bukaan [2][5][6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut tentang variabel-variabel yang mempengaruhi kenyamanan udara di dalam ruang kelas yang terletak di iklim tropis, mengidentifikasi standar kenyamanan aerolique pada ruang kelas di iklim tropis, dan mengidentifikasi solusi dari permasalahan penghawaan pada ruang kelas di daerah iklim tropis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis studi pustaka atau metode pengumpulan data. Metode ini diarahkan pada pencarian data melalui makalah akademik yang terpublikasi yang sesuai dengan kriteria tertentu. Selain itu, data yang diulas juga berdasarkan tujuan penelitian yang terkait dengan tematik penelitian, yaitu kenyamanan aerolique.

Studi ini membahas tentang kenyamanan aerolique pada ruang kelas yang dipublikasikan dalam makalah akademik dari tahun 2016 hingga 2023. Makalah yang akan diulas memiliki kriteria di antaranya : (1) Lokasi penelitian berada di daerah beriklim tropis, (2) Tematik yang berhubungan dengan ruang kelas, (3) Artikel yang dipublikasikan dalam jurnal terakreditasi dan non-terakreditasi nasional. Ulasan artikel-artikel ini diharapkan dapat berkontribusi pada ilmu pengetahuan masyarakat secara umum.

Jurnal artikel yang diulas berdasarkan tujuan penelitian yang terkait dengan kenyamanan aerolique ruang kelas dan variabel yang mendekati ialah : kecepatan angin, kualitas Gerakan udara, dan penghawaan dalam ruang kelas. Temuan-temuan dari jurnal-jurnal tersebut dijabarkan secara ringkas guna memetakan kontribusi orisinal mereka berdasarkan beberapa faktor, antara lain jenis perangkat yang dipergunakan untuk mengukur kecepatan angin yang terkait dengan kenyamanan aerolik, lokasi penelitian, dan hasil akhir dari penelitian tersebut. Selanjutnya akan dievaluasi dari tujuan ulasan ini.

Dari kriteria-kriteria tersebut, pemetaan artikel yang dapat digunakan untuk membantu proses penelitian ini adalah :

ANALISIS KENYAMANAN AEROLIQUE PADA RUANG KELAS
DI DAERAH IKLIM TROPIS DENGAN METODE STUDI PUSTAKA

Tabel 2. Tabulasi Pengumpulan Data Tentang Tematik Kenyamanan Aerolique
Dengan Objek Ruang Kelas

No	SINTA *)	Tahun	Judul	Nama Penulis	Nama Jurnal	Metode yang Digunakan	Objek yang Diamati	Lokasi Objek
1	SINTA 5	2023	Investigasi Kualitas Udara Ruang Kelas dengan Perubahan Ventilasi Aktif Menjadi Alami Pasca Pandemi di Daerah Tropis Lembab	Tri Woro Setiati, Sandra Eka Febrina, Fajar Sadik Islami	Arsir Vol 6, No 2 (2022)	Pengumpulan data secara empiris	Ruang Kelas Sekolah Dasar	Palembang
2	SINTA 4	2016	Pengaliran Udatra untuk Kenyamanan Termal Ruang kelas dengan metode Simulasi Computational Fluid Dynamics	Sahabuddin, Baharuddin Hamzah, Ihsan	Sinektika : Jurnal Arsitektur	metode simulasi CFD (Computational Fluid Dynamics) dengan perangkat lunak SolidWorks 2013 sebagai alat bantu	Ruang Kelas Gedung Kampus Baru Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin	Makassar
3	SINTA 5	2017	Studi Penghawaan Alami pada bangunan Sekolah dasar di Pinggiran Sungai Musi Palembang	Abdul Rachmad Zahrial Amin Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknologi, Unive	Jurnal Arsir Vol 1, No 2	Survey lapangan dan menggunakan CFD	sekolah dasar di pinggiran Sungai Musi	Palembang
4	SINTA 3	2023	Analisis Aliran Udara dan Kenyamanan Termal di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD):	Jason Prathana Liawan, Harto Tanujaya dan Steven Darmawan	Jurnal Asimetri k: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi	simulasi CFD	Ruang kelas gedung J Universitas Tarumanagara	Jakarta
5	Tidak akreditasi	2022	Evaluasi Kualitas Udara dan Kenyamanan	Laina Hilma Sari, Era Nopera	Arsitekno	Survey langsung dengan menggunakan	ruang kelas SDIT Nurul Ishlah	Aceh

			Udara dan Kenyamanan termal pada Ruang kelas pada masa Pandemi COVID-19	Rauzi, Allaily, Aisyah L Pertiwi		n alat ukur kualitas udara dan alat ukur kecepatan udara		
--	--	--	---	----------------------------------	--	--	--	--

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, ulasan artikel penelitian tentang kualitas kenyamanan aerolique di daerah iklim tropis adalah tentang kecepatan aliran angin dan kualitas udara pada ruang kelas. Kecepatan aliran angin dan kualitas udara yang dimiliki objek secara umum ada yang memenuhi standar kenyamanan aerolique dan ada juga yang tidak memenuhi standar kenyamanan aerolique, karena suhu yang dihasilkan pada obyek adalah kurang dari 20.5°C atau lebih dari 27.2°C yang secara termal dikategorikan tidak nyaman [7].

Selain itu, sebagian penelitian ini direkomendasikan untuk mengaplikasikan prinsip-prinsip konsep ASHARE. Prinsip-prinsip konsep tersebut meliputi: (1) mengikuti standar ASHARE yang berlaku saat ini atau pedoman ventilasi lokal yang menetapkan kebutuhan udara luar minimum, (2) mempertimbangkan kendala-kendala yang timbul ketika melakukan penggantian sistem udara ruangan khusus, (3) menonaktifkan seluruh Demand Control Ventilation dan menerapkan desain aliran udara luar ke ruangan yang dihuni (DOAS) selama masa Pandemi Covid-19, dan (4) menerapkan serta menggunakan sensor kualitas udara luar ruangan yang andal atau pemantauan berbasis web sebagai bagian dari operasi ventilasi baru untuk mendapatkan informasi mengenai polusi udara luar ruangan [11].

3.1 ANALISA STUDI REFERENSI

Dalam penelitian yang dilakukan oleh J. P. Liawan, H. Tanujaya, dan S. Darmawan [2], mereka menjalankan sebuah studi mengenai kenyamanan aerolique di ruang kelas dan laboratorium di Jakarta. Penelitian ini dilakukan oleh J. P. Liawan dkk [2]. Selama periode pandemi COVID-19, aspek yang perlu diperhatikan secara lebih intens dalam ruang tertutup adalah sirkulasi udara. Namun, pemeliharaan sirkulasi udara yang optimal dalam ruangan seringkali diabaikan, disebabkan oleh batasan konfigurasi fisik ruangan dan kompleksitas perangkat teknologi yang dibutuhkan. Contoh konkretnya dapat dijumpai di dalam ruang kelas L 609 dan Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa Universitas Tarumanagara, yang berfungsi sebagai tempat eksperimen. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah menjalankan analisis yang mendalam terhadap pola aliran udara di lokasi eksperimen tersebut serta memberikan rekomendasi terkait parameter seperti pengaturan kecepatan kipas AC, serta konfigurasi pintu dan jendela.

Metode yang digunakan dari penelitian J. P. Liawan dkk [2] adalah metode simulasi software Computational Fluid Dynamics (CFD) pengambilan data mengenai kecepatan udara di lokasi uji coba dilakukan melalui penggunaan akrilik berbentuk corong serta Anemometer, dengan bantuan inlet. Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) dilaksanakan dalam tiga dimensi, memanfaatkan mesh jenis tetrahedral yang terdiri dari 44344 nodal, dalam dua konfigurasi ruangan yang berbeda. Konfigurasi ini didasarkan pada variasi aliran udara dari sistem pengkondisian udara (AC), serta posisi celah pintu dan jendela yang dapat berada dalam keadaan terbuka atau tertutup.

Konfigurasi awal di laboratorium direpresentasikan melalui parameter kecepatan udara dan suhu. Kecepatan udara maksimum berkisar antara 2,614 hingga 3,485 meter per detik, sementara Frekuensi integral dari laju aerodinamik di sebuah kompartemen tidak melampaui 0,8 meter per detik. Selanjutnya, suhu memiliki rentang antara 296,1 hingga 299,2 Kelvin. Oleh karena itu, konfigurasi awal dapat dianggap mematuhi standar ANSI/ASHRAE 55 karena kecepatan udara yang kurang dari 0,8 meter per detik dan suhu yang berada dalam kisaran 295 hingga 300 Kelvin [2].

Lalu, Konfigurasi kedua adalah pada ruang kelas yang juga direpresentasikan melalui kecepatan udara, dan temperatur. Kisaran kecepatan udara yang dihasilkan adalah 3,948 m/s. Pada temperatur menghasilkan renthan suhu 295,8 - 302,1 K. Maknanya, konfigurasi kedua menunjukkan tingkat aliran udara yang marginally lebih tinggi daripada norma ANSI/ASHRAE 55, serta suhu yang sedikit melampaui ketentuan ANSI/ASHRAE 55[2].

Tersebutlah bahwa pengaturan permulaan dalam lingkungan laboratorium memenuhi syarat-syarat simulasi yang sejajar dengan norma ANSI/ASHRAE 55 [11]. Laju pergerakan udara di dalam ruangan tetap berada di bawah 0,8 m/s, dengan suhu ruangan berkisar di antara 296,1 hingga 299,2 K, dan juga 295,5 K. Namun, dalam situasi pandemi dan penyebaran virus COVID-19, Opsi konfigurasi kedua di dalam lingkungan ruang kelas muncul sebagai alternatif yang lebih ideal karena menyajikan peredaran udara yang efisien, dengan laju udara dan temperatur yang mendekati norma ANSI/ASHRAE 55. Ini juga didukung oleh distribusi kecepatan udara yang lebih merata dan suhu udara yang lebih sesuai dalam situasi pandemi COVID-19.

Kemudian, dalam penelitian yang dilakukan oleh L. H. Sari, E. N. Rauzi, A. Allaily, dan A. L. Pertiwi[3], Evaluasi terhadap kualitas atmosfer dan situasi lingkungan kelas di Sekolah Dasar Islam Terpadu (SD IT) Nurul Ishlah telah dilakukan melalui ekspedisi pengamatan lapangan. Rationale di balik penelitian ini muncul sebagai hasil dari dampak Pandemi COVID-19 terhadap pandangan yang diterapkan dalam upaya meningkatkan mutu atmosfer dalam ruangan. Peningkatan kualitas atmosfer yang efektif memiliki potensi untuk mengurangi tingkat konsentrasi karbon dioksida (CO₂), agen infeksius, dan aroma yang terdeteksi.

Apabila kondisi kualitas udara dalam ruang kelas tidak baik atau kandungan karbon dioksida atau CO₂ yang berlebihan, maka dapat berdampak pada kesehatan dan performa pengguna. Hal ini, Akibat dari tingginya jumlah penghuni dalam ruang yang terbatas atau karena adanya permasalahan ventilasi yang kurang memadai, penelitian ini difokuskan pada penilaian kualitas udara di dalam lingkungan kelas. Selain itu, penelitian ini juga mengamati model bukaan jendela karena terdapat hubungan antara orientasi dan volume aliran udara yang memasuki ruangan tersebut [3].

Pendekatan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah melalui pelaksanaan survei lapangan di dua kelas di SDIT Nurul Ishlah, yakni di kelas IV di lantai pertama serta kelas VI di lantai tiga. Pengamatan dilakukan selama periode dua hari dengan memanfaatkan perangkat pengukur kualitas udara (Air Quality Meter) dan alat pengukur kecepatan udara (*Air speed meter*) [3].

Penyusunan lokasi mula ventilasi pada lingkungan Ruang Kelas SDIT Nurul Ishlah mengikuti prinsip perancangan sistem ventilasi silang, di mana posisi lokasi mula (berupa jendela dan jalusi) terletak pada sisi yang berlawanan dengan perbedaan elevasi, pengaturan posisi mula dalam bentuk seperti ini mampu mengakibatkan pola pergerakan massa udara yang mengalir mulai dari titik masuk hingga titik keluar [3].

Dengan mengacu pada pedoman yang menetapkan bahwa luas jendela seharusnya mencapai 10-25%, dapat disimpulkan bahwa ruang kelas di SD IT Nurul Ishlah telah melebihi batas minimum yang ditetapkan (terlihat dalam Tabel 3). Oleh karena itu, kondisi pencahayaan alami di dalam ruang kelas dianggap sangat optimal[3].

Tabel 2. Luasan dan Peresentasi Luasan Bukaan Terhadap Luasan Ruang

Tipe Bukaan	Luas Bukaan	
	Kelas IVB	Kelas VIB
Jalusi	15 m ²	15 m ²
Horizontal	(16,3 %)	(16,3 %)
Jendela	7,7 m ²	7,7 m ²
Gantung Atas	(1,8%)	(1,8%)
Total Luasan	22,7 (40%)	22,7 (40%)

Sumber: Adaptasi dari [3]

Data pengukuran yang diperoleh mengisyaratkan terdeteksinya pencemaran CO₂ di dalam suatu ruangan kecil, dengan tingkat konsentrasi berada dalam rentang antara 400 hingga 450 ppm. Pada hari pertama eksperimen, tampak variasi yang cukup berarti, mencapai hingga 600 ppm. Selain itu, suhu udara bervariasi dalam rentang 27-32 derajat Celsius, sedangkan kelembaban udara berkisar antara 65-78%, dan kecepatan aliran udara berkisar antara 0-0.3 m/s di ruang kelas IV, serta 0-0.6 m/s di ruang kelas VI. Terakhir, nilai temperatur efektif (ET) yang diperoleh dari kedua ruang kelas sebagian besar berada di luar batas kenyamanan termal yang diharapkan, dikarenakan ketidakseimbangan antara tingkat kelembaban udara dan aliran udara dalam ruangan [3].

Analisis dari data pengukuran CO₂ mengindikasikan tingkat kontaminasi yang rendah, yang masih memenuhi standar yang ditetapkan. Namun, nilai termalnya jelas melebihi parameter kenyamanan yang dijelaskan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). Kondisi ini dapat diterangkan oleh ketinggian suhu dan kelembaban udara yang signifikan, namun kurangnya kecepatan angin yang memadai. Selain itu, Tingginya temperatur udara dalam ruangan juga memengaruhi nilai ET, yang sebagian besar disebabkan oleh penutupan jendela kaca. Sementara pencahayaan di luar ruangan tidak hanya memberikan kondisi mikro yang sejuk, tetapi juga dapat menginduksi aliran udara masuk ke dalam ruangan dengan suhu yang lebih tinggi. Dalam kerangka situasi pandemi Covid-19, yang ditandai oleh atribut penyakit pada saluran pernapasan, amat disarankan untuk menghindarkannya melalui perencanaan yang optimal serta eksistensi dari sistem ventilasi yang unggul. Arus udara yang mencukupi di dalam ruangan mampu mengurangi tingkat kontaminasi gas-gas berbahaya, mengurangi aroma yang tak diharapkan, dan meminimalkan penyebaran agen virus.

Berdasarkan analisis, dapat disetujui bahwa mutu udara dalam lingkungan ruang pelajaran di SDIT Nurul Ishlah, Banda Aceh secara umum berada dalam kategori yang memadai, mengingat tingkat konsentrasi CO₂ yang tercatat berada di bawah ambang batas 1000 ppm. Sementara itu, aspek kenyamanan termal di dalam ruang kelas masih menjadi perhatian, karena nilai Effective Temperature (ET) melebihi standar kenyamanan yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). Oleh karena itu, disarankan bagi seluruh sekolah untuk meningkatkan penggunaan bukaan jendela sebagai upaya untuk memastikan sirkulasi udara yang optimal di dalam ruangan tersebut.

Dilanjutkan dengan penelitian yang dilakukan oleh T. W. Setiati, S. E. Febrina, dan F. S. Islami [4], mereka melakukan perbandingan mengenai kenyamanan aerolique antara dua ruang kelas yang berbeda posisi di Palembang. Sebelum periode Pandemi COVID-19, sebagian besar institusi pendidikan di Palembang menerapkan penggunaan perangkat pendingin udara guna memelihara tingkat kebersihan atmosfer dalam ruang. Namun, setelah fase pandemi COVID-19, situasi mengharuskan seluruh ruangan untuk kembali mengandalkan metode ventilasi alami dengan maksud untuk meningkatkan efisiensi pertukaran udara. Oleh karena itu, studi ini memiliki tujuan untuk merevitalisasi evaluasi kualitas lingkungan ruang kelas yang mengalami transformasi dari pemanfaatan sistem ventilasi buatan menjadi alami.

Metode yang diimplementasikan melibatkan akuisisi data berdasarkan pengamatan empirik mengenai kualitas aerodinamika di interior aula pendidikan SDIT Al-Furqon, Palembang. Aula pendidikan tersebut mempunyai spesifikasi geometri 7mx9m dan dapat mengakomodasi hingga 28 entitas sesuai dengan direktif yang diratifikasi oleh ASHRAE (1999) dan Permendiknas No.24 Tahun 2007. Portal masuk mempunyai area 1.75 m² sedangkan agregat area fenestrasi sebesar 10.6 m². Jenis jendela yang diterapkan adalah jendela geser (sliding window), sehingga luas bidang jendela yang mampu terbuka secara simultan berfungsi sebagai bukaan udara dengan luas 2,72 meter persegi. Proses pengukuran dilaksanakan dalam rentang waktu antara pukul 07.00 hingga 14.00 WIB selama tiga hari menggunakan perangkat ukur kualitas udara yang memainkan peran penting dalam penilaian terhadap konsentrasi partikel dengan dimensi PM 1,0; 2,5; dan 10 (µg/m³), kandungan HCHO (mg/m³), TVOC (mg/m³), suhu (°C), kelembaban relatif (%), serta anemometer hotwire untuk mengukur kecepatan angin (m/s) baik di dalam maupun di luar ruangan[4].

Konsentrasi partikulat yang lebih tinggi mengungkapkan dirinya dalam lingkungan yang diperlengkapi dengan sirkulasi udara alami. Penilaian dilaksanakan dengan mengindahkan Nilai Ambang Batas selama periode 24 jam terhadap tingkat kandungan PM 2,5 dan PM 10.

Berdasarkan acuan ambang batas yang telah ditetapkan, kualitas udara di dalam ruang kelas berhubungan dengan PM 2,5 terletak di atas Nilai Ambang Batas dalam periode tertentu. Gejala ini erat kaitannya dengan pengaruh emisi dari kendaraan bermotor terhadap konsentrasi PM 2,5 di dalam ruangan, dengan kontribusi yang lebih signifikan dari emisi kendaraan teridentifikasi terutama pada institusi pendidikan yang berlokasi di sekitar jalan raya [4].

Evaluasi progresif dilakukan dengan melakukan perbandingan nilai konsentrasi formaldehida (HCHO) dan senyawa organik volatil terlarut dalam udara (TVCO) yang merupakan bahan pencemar kimia yang hadir dalam proses penyelesaian menggunakan campuran pelarut di dalam ruangan tersebut. Keadaan ini dipengaruhi oleh tingkat kecepatan angin yang lebih tinggi di lingkungan kelas A karena adanya jendela terbuka. Kondisi berbeda terdapat di dalam ruangan B dengan aliran udara yang kurang aktif, menghasilkan tingkat konsentrasi HCHO dan TVOC yang lebih tinggi [4].

Pada penelitian ini, terdapat tiga set data yang dievaluasi, yaitu temperatur dan kelembapan udara dalam tiga konteks berbeda: lingkungan luar, ruang kelas A, dan ruang kelas B. Hasil pengukuran mengindikasikan adanya perbedaan suhu antara lingkungan luar dan dalam sebesar 3,7 hingga 3,9 derajat Celsius. Terbukanya jendela menyebabkan peningkatan probabilitas masuknya panas melalui proses radiasi dan konveksi. Sebagai contoh, temperatur udara di ruang kelas B juga menunjukkan tingkat stabilitas kelembapan yang sama karena telah diatur oleh perangkat mekanis. Evaluasi terhadap temperatur dan kelembapan udara di ruang kelas mengungkapkan bahwa Kelas A memiliki kondisi yang lebih fluktuatif karena secara langsung dipengaruhi oleh kondisi lingkungan luar [4].

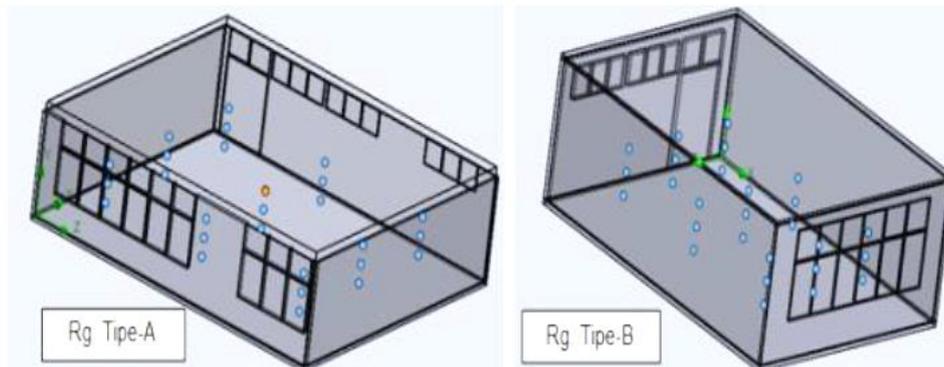
Analisis dan evaluasi terhadap pola aliran udara serta tingkat kecepatan angin adalah aspek kunci dalam menentukan bagaimana distribusi aliran udara yang lebih optimal antara dua kategori yang tengah diamati. Terdapat pergerakan udara yang termanifestasikan di dalam dua lingkungan, yaitu kelas A dan kelas B. Pergerakan udara yang hadir di dalam kelas A menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, dengan kecepatan yang mengungguli kelas B. Menurut hasil pengukuran kecepatan angin di daerah masukan kelas, kecepatan rata-rata yang tercatat berkisar sekitar 0,225 meter per detik. Di sisi lain, situasi yang berbeda dapat diamati di dalam kelas B, dengan rata-rata kecepatan udara mencapai 0,02 meter per detik. Dalam situasi di mana jendela dan pintu tertutup, hal ini berpotensi mengakibatkan penurunan aliran udara segar yang masuk ke dalam ruangan tersebut [4].

Dari data pengukuran, proses analisis, dan evaluasi, dapat disarikan bahwa peralihan dari penggunaan sistem ventilasi aktif ke sistem ventilasi alami dalam ruang kelas memiliki efek positif terhadap kualitas udara di dalamnya. Walaupun demikian, strategi pengendalian masih diperlukan untuk mengatasi masalah masuknya polutan PM_{2,5} dengan konsentrasi sedikit di atas ambang batas normal yang telah ditetapkan. Langkah ini diperlukan guna meningkatkan kemungkinan adanya pertukaran udara yang lebih baik dalam ruang kelas.

Kemudian, dalam suatu penelitian yang dilaksanakan oleh S. Latif, B. Hamzah, dan I. Ihsan [5], dilakukan eksplorasi di dalam suatu ruangan pengajaran di sebuah lembaga pendidikan tinggi di Makassar. Penelitian ini dijalankan sebagai respons terhadap fakta bahwa bangunan yang terdapat di dalam Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin tidak sesuai dengan standar kenyamanan termal yang diharapkan. Kondisi ini muncul akibat suhu udara yang tinggi dan kurangnya sirkulasi udara di dalam ruangan, terutama pada periode siang hari. Maka, maksud primer dari investigasi ini ialah mengungkapkan alternatif solusi berbentuk metode peningkatan desain struktur pembukaan masuk dan keluar pada Ruang Kelas Gedung Kuliah Bersama (Class Room) di Kampus Baru Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa, dengan demikian mampu mempercepat proses disipasi panas dan menghasilkan lingkungan yang memenuhi parameter kenyamanan termal yang diinginkan.

Metode yang diterapkan dalam studi ini adalah pendekatan simulasi CFD dengan dukungan perangkat lunak SolidWorks 2013. Data yang diperlukan sebelum melakukan simulasi diperoleh melalui proses pengukuran selama periode tiga hari, yang mencakup parameter geometri ruangan dan variabel yang menjadi fokus pengukuran. Kemudian, area belajar yang menjadi fokus penelitian dipilah menjadi dua klasifikasi berdasarkan ukurannya, yakni Area Kelas tipe-A (96.75 m²) dan Area Kelas tipe-B (63.00 m²) [5].

Gambar 1. Letak titik ukur pada RK Tipe-A dan RK Tipe-B



Sumber: Adaptasi dari [4]

Dalam penelitian ini, disimpulkan bahwa kondisi eksisting di dalam Ruang Kelas hanya mampu menghasilkan aliran udara yang nyaman dalam kisaran 51.85% hingga 85.19% dari volume total ruangan. Keadaan ini terjadi karena kurangnya luas bukaan masuk dan keluar udara, di mana RK tipe-A hanya memiliki bukaan masuk yang terbatas, sedangkan RK tipe-B hanya memiliki luas lantai sebagai sarana keluar masuk udara. Jika dibandingkan dengan temuan yang diungkap oleh Indrani, Apabila diwahyukan bahwa luas ventilasi minimal yang diperlukan adalah 20% dari total luas lantai ruangan, maka terlihat bahwa dimensi bukaan udara dalam Rencana Konstruksi (RK) masih belum mencapai pemanfaatan yang optimal. Demikianlah, dalam usaha meningkatkan peredaran udara secara lebih efisien, tindakan-tindakan rekayasa diupayakan. Langkah ini dilakukan melalui perluasan area bukaan udara masuk dengan memanfaatkan jendela-jendela kaca sebagai saluran bagi aliran udara segar dari luar bangunan. Selain itu, peningkatan dimensi bukaan juga diterapkan pada dinding yang berperan sebagai jalur bagi aliran udara yang mengalir keluar menuju koridor [5].

Hasil dari proses rekayasa menunjukkan bahwa peningkatan area bukaan pada outlet bukanlah solusi optimal jika posisinya berjarak 20 cm di atas permukaan lantai dan memiliki ukuran yang setengah dari area bukaan ventilasi yang berada di atasnya. Oleh karena itu, ditemukan bahwa area bukaan ventilasi optimal untuk Ruang Kontrol (RK) adalah sekitar 21.60% dari total luas lantai ruangan, dengan perincian area bukaan Inlet sebesar 14.50% dan area bukaan outlet sebesar 7.10%. Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa peningkatan area bukaan Inlet dibandingkan dengan outlet akan menghasilkan peningkatan kecepatan udara yang lebih merata di dalam ruangan [5].

Dengan demikian, untuk meningkatkan peredaran udara yang sesuai dengan norma kenyamanan dalam lingkungan kelas, langkah restrukturisasi dapat diambil dengan memperluas pintu masuk dan pintu keluar untuk ventilasi. Selain itu, disarankan agar semua jendela yang berperan sebagai saluran udara tetap terbuka tanpa adanya yang tertutup, sementara pintu sebaiknya ditutup saat ruang kelas sedang dalam penggunaan.

Dapat disarikan bahwa Ruang Kelas (RK) dalam keadaan saat ini hanya mampu memberikan tingkat kenyamanan berkisar antara 51.85% hingga 85.19%. Walau demikian, andai dilaksanakan optimalisasi terhadap parameter dimensi kelonggaran pada fasilitas ventilasi, maka tingkat kesejahteraan dalam Ruang Kontrol dapat ditingkatkan mencapai kisaran antara 96.30% hingga mencapai 100%. Proses teknik yang bertujuan untuk memaksimalkan pergerakan udara yang memenuhi standar kenyamanan suhu di dalam Ruang Kontrol dilaksanakan dengan cara melebarkan pembukaan ventilasi masuk dan keluar.

Kemudian, dalam studi yang diselenggarakan oleh A. R. Z. Amin [6], di sebuah institusi pendidikan di sekitar aliran sungai di kota Palembang, riset ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan penghawaan alami dalam konteks derajat kenyamanan termal. Objektif dari penelitian ini adalah untuk memahami kinerja penghawaan alami dalam hubungannya dengan tingkat kenyamanan termal di sekolah dasar yang terletak di tepi Sungai Musi, Palembang.

Studi ini menerapkan dua pendekatan, yakni investigasi lapangan dan simulasi CFD. Pendekatan investigasi lapangan melibatkan interaksi langsung melalui metode wawancara,

dokumentasi visual, pengukuran, dan representasi visual. Sementara itu, simulasi CFD digunakan untuk meraih informasi mengenai pola angin di dalam konteks lingkungan yang menjadi fokus penelitian di kawasan dan struktur bangunan tersebut. Simulasi kawasan dilaksanakan dengan mempertimbangkan perimeter bangunan yang berjarak sekurang-kurangnya 100 meter ke arah belakang dan 100 meter ke arah depan [6].

Bangunan pendidikan termasuk dalam kategori struktur yang memiliki tingkat aktivitas penggunaan yang berkelanjutan. Apabila aspek fisiknya diamati, objek kajian ini menunjukkan tampilan yang hampir tegak lurus terhadap alur Sungai Musi, lengkap dengan pagar pada bagian frontalnya dan dinding belakang yang memiliki ketinggian yang signifikan. Pada sebagian besar periode waktu, angin berhembus berasal dari arah utara struktur bangunan ini dengan magnitudo mencapai 1,5 meter per detik pada periode sore hari, sementara pada pagi dan siang harinya, kecepatan angin hanya berkisar sekitar 0,2 meter per detik [6].

Tabel 4. Tabel Hasil Kecepatan Angin Berdasarkan Simulasi

Obyek	Titik	Depan	Belakang	S. Kanan	S Kiri
Sekolah Daar 81 Palembang	T1	0.42	0.8	1.4	2.8
	T2	0.4	1.04	1.7	2.9
	T3	0.57	3	1.1	1.18
	T4	0.2	1.4	0.8	1.46
	T5	0.49	1.9	1.5	1.6
Rata-rata		0.416	1.628	1.3	1.988

Sumber: Adaptasi dari [6]

Dari tabel hasil simulasi kawasan yang tercantum di atas, informasi yang dapat disimpulkan adalah bahwa laju angin dalam arah depan, beberapa tempat memiliki rerata sekitar 0,416 meter per detik, sedangkan dalam arah belakang mencapai 1,628 meter per detik. Sementara itu, arah samping kanan memiliki rerata sebesar 1,3 meter per detik dan arah samping kiri sekitar 1,988 meter per detik. Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan angin di sekitar struktur bangunan menunjukkan potensi yang memadai untuk pemanfaatan penghawaan alami.

Eksperimen ini memanfaatkan perangkat lunak Kenyamanan Termal Dasar ASHRAE untuk menegaskan tingkat kenyamanan dalam ruangan kelas dan ruang guru selama aktivitas sehari-hari. Hasilnya menunjukkan bahwa dari 100 partisipan, sebanyak 70 individu menyatakan ketidaknyamanan ketika berada dalam ruangan tersebut. Selain itu, analisis menggunakan Metode Prediksi Rata-Rata Suara juga mengindikasikan bahwa kondisi ruangan kelas/guru cenderung tidak nyaman dan memiliki suhu yang hangat [6].

Kenyamanan dapat dicapai melalui modifikasi kecepatan aliran udara menjadi magnitudo yang lebih signifikan atau mencapai 0,70 meter per detik. Kenyamanan secara memadai terwujud pada arah yang mendekati nilai nol, apabila suhu lingkungan mencapai 29 derajat Celsius. Berlandaskan Parameter Model Kenyamanan Termal Dasar, tampak bahwa Persepsi Rata-rata Variabel (PMV) dan Persentase Orang yang Merasa Tidak Nyaman (PPD) telah mengalami penyusutan hingga mencapai 0,92 dan 23 persen. Implikasinya, dengan inkrementasi kecepatan aliran udara sebesar 0,70 meter per detik, kenyamanan sudah tercapai pada taraf yang layak atau berkonvergensi menuju nol. Mencapai status penghawaan alamiah yang optimal dapat diperoleh ketika perhitungan perubahan udara dalam ruangan maksimal [6].

Program CFD adalah sebuah aplikasi yang memiliki kemampuan untuk digunakan dalam melakukan simulasi yang mendekati situasi nyata pada simulasi zona. Dalam simulasi zona ini, hasilnya menunjukkan bahwa area yang memiliki tingkat kepadatan pemukiman yang tinggi mengalami kesulitan dalam mengalirkan aliran udara dengan baik. Terdapat berbagai metode yang bisa diterapkan untuk memastikan aliran udara yang optimal ke dalam struktur bangunan, sehingga penciptaan sirkulasi udara alami dapat terwujud. Contohnya, melalui restrukturisasi pemukiman yang padat atau pembebasan sejumlah meter di sekitar struktur bangunan untuk meningkatkan sirkulasi udara. Dalam konteks penelitian ini, hasil simulasi wilayah dapat digunakan sebagai dasar untuk memodifikasi rancangan gedung sekolah guna meningkatkan efisiensi penghawaan alami. Jarak antara bangunan-bangunan sebaiknya dijaga sesuai dengan peraturan yang menetapkan empat setengah kali lebar bangunan.

3.2 ANALISA PEMETAAN REFERENSI RENTANG 2016-2023

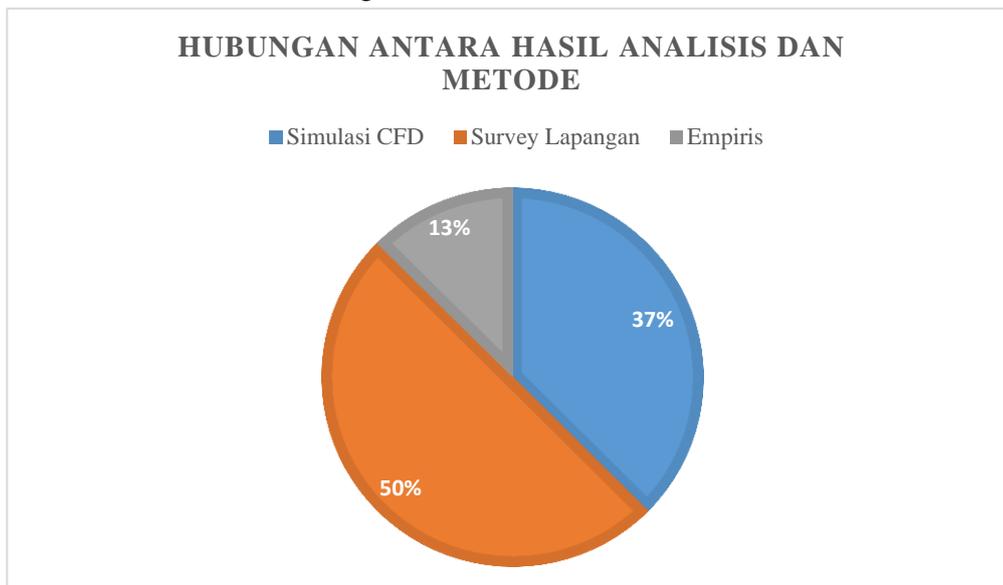
Pada bagian ini, terdapat 3 analisa pemetaan terkait referensi yang digunakan, dimana rentang yang kami gunakan antara tahun 2016-2023, dengan satu artikel yang mewakili periodenya. Pertama, Tematik artikel atau referensi terkait dengan kenyamanan aerolique. Kedua, Tematik metode penelitian yang digunakan terkait kenyamanan aerolique dan Ketiga adalah tematik hasil kajian dari referensi yang digunakan dengan standart kenyamanannya.

Grafik 1. Hubungan Antara Hasil Analisis dan Permasalahan



Mencermati grafik 1, hasil pemetaan dari berbagai referensi yang digunakan ternyata permasalahan utama kenyamanan aerolique disebabkan oleh Pandemi COVID-19 dengan persentase sebesar 60%. Ini disebabkan oleh fokus yang lebih besar dari para arsitek pada

Grafik 2. Hubungan Antara Hasil Analisis dan Metode

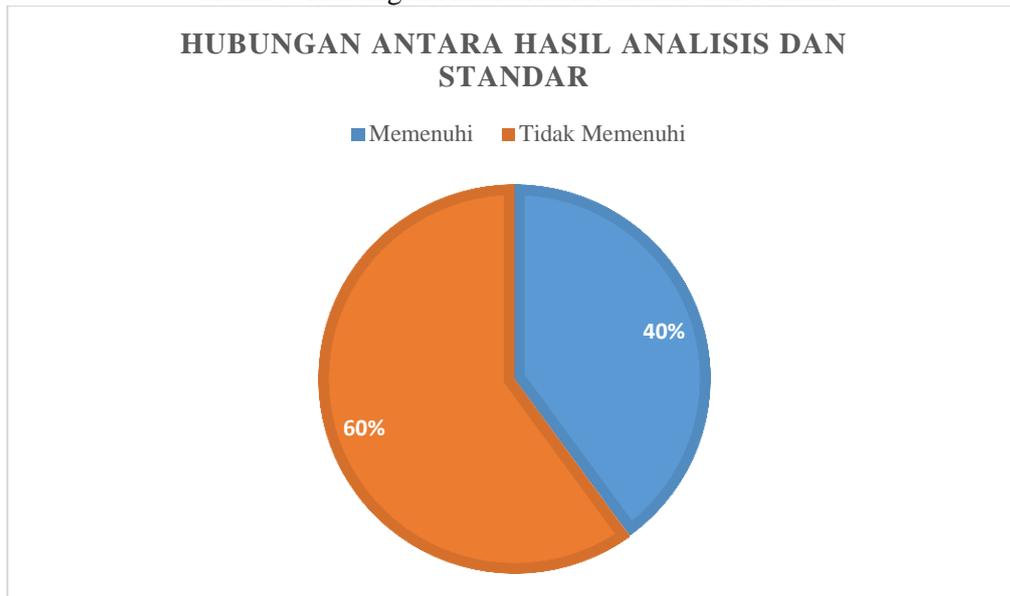


sirkulasi udara alami dan ventilasi selama periode pandemi COVID-19 untuk menghindari potensi paparan terhadap virus COVID-19. Selain itu, artikel-artikel yang terpilih juga telah menjadi objek penelitian pada rentang waktu antara tahun 2022 hingga 2023. Jadi, topik COVID-19 akan menjadi topik yang cenderung banyak diteliti. Dan sebesar 20% adalah permasalahan kenyamanan yang belum sesuai dengan standar dan kinerja penghawaan alami.

Dikarenakan, penelitian ini dilakukan pada tahun 2016 dan 2017, yang berarti belum terjadi pandemi COVID-19.

Pada pemetaan kedua, terkait dengan metode pengamatannya. Mencermati grafik 2, Metode survey lapangan menjadi metode yang mendominasi dengan persentase 50%, karena cara untuk mendapatkan datanya akan sesuai dengan kondisi di lapangan dan dapat menghasilkan data yang lebih akurat. Akan tetapi, dari dua dari lima artikel yang dianalisis menggunakan 2 metode, yaitu metode survey lapangan dan metode simulasi CFD. Simulasi CFD menjadi metode kedua yang banyak digunakan dengan persentase 37%. Karena simulasi CFD dapat memberikan hasil yang mirip dengan simulasi aslinya dengan lebih praktis.

Grafik 3. Hubungan Antara Hasil Analisis dan Standar



Pemetaan ketiga adalah sajian terkait hubungan hasil kajian masing-masing referensi terkait dengan standart acuannya, Hal ini disajikan pada grafik ke 3. Dari grafik ini menghasilkan perbandingan antara artikel yang memenuhi dan tidak memenuhi standar kenyamanan aerolique, yaitu 40% : 60%. Terdapat berbagai faktor artikel tersebut tidak memenuhi standar kenyamanan aerolique, seperti faktor iklim tropis yang cenderung memberikan temperatur suhu yang tinggi, posisi ruangan yang kurang strategis dan kurangnya pengoptimalan bukaan jendela pada ruang tertutup.

4. KESIMPULAN

Dari pemetaan studi pustaka, tematik kenyamanan aerolique pada ruang kelas masih menjadi topik publikasi pada periode 2016 – 2023, apalagi pada periode 2022-2023 merupakan era ‘booming’ terkait pandemi COVID-19. Dan hasil telaan studi referensi terkait di era tersebut patut digarisbawahi terjadi respon penataan ruang secara ‘dadakan’ pertimbangan pemilihan sistem ventilasi, ukuran dan volume ruang dan ukuran bukaan.

Pemetaan studi pustaka terkait metode penelitian yang dilakukan pada rentang 2016-2023, masih didominasi studi lapangan sebesar (50%), dilanjut pilihan metode CFD dan studi empiris..

Dari kelima artikel yang dianalisis, tiga dari lima artikel dengan tempat uji coba ruang kelas beriklim tropis lembab dinyatakan tidak sesuai dengan standar kenyamanan aerolique (60%). Hal ini, disebabkan karena iklim tropis yang cenderung panas, posisi ruangan yang kurang strategis dan kurangnya pengoptimalan bukaan jendela pada ruang tertutup.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Harianja, Bernard; Prianto, Eddy; Setiabudi, “Studi Cfd Dan in-Situ Terhadap Gerakan Udara Interior Dari Efek Pilihan Model Jendela Jungkit,” *J. PPKM III*, pp. 286–299, 2016.
- [2] J. P. Liawan, H. Tanujaya, and S. Darmawan, “Analisis Aliran Udara dan Kenyamanan Termal di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD),” *J. Asimetri J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 5, pp. 123–134, 2023, doi: 10.35814/asimetri.v5i1.3122.
- [3] L. H. Sari, E. N. Rauzi, A. Allaily, and A. L. Pertiwi, “Evaluasi Kualitas Udara Dan Kenyamanan Termal Pada Ruang Kelas Pada Masa Pandemi Covid-19,” *Arsitekno*, vol. 9, no. 1, p. 21, 2022, doi: 10.29103/arj.v9i1.6634.
- [4] T. W. Setiati, S. E. Febrina, and F. S. Islami, “Investigasi Kualitas Udara Ruang Kelas dengan Perubahan Ventilasi Aktif Menjadi Alami Pasca Pandemi di Daerah Tropis Lembab,” *Arsir*, vol. 6, no. 2, p. 126, 2023, doi: 10.32502/arsir.v6i2.5167.
- [5] B. Hamzah *et al.*, “Pengaliran Udara Untuk Kenyamanan Termal Ruang Kelas Dengan Metode Simulasi CFD,” vol. 14, no. 2, pp. 209–216, 2014.
- [6] A. Rachmad and Z. Amin, “Studi Penghawaan Alami Pada Bangunan Sekolah Dasar Di Pinggiran Sungai Musi Palembang,” *J. Arsir Univ. Muhammadiyah Palembang*, vol. 1, no. 2 Desember 2017, pp. 86–99, 2017.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, “Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung,” *Sni 03 - 6572 - 2001*, pp. 1–55, 2001.
- [8] E. Prianto, *Buku Ajar Fisika Bangunan 2*, vol. 4, no. 1. SEMARANG: Fakultas Teknik, 2020.
- [9] E. Ding, D. Zhang, and P. M. Bluyssen, “Ventilation regimes of school classrooms against airborne transmission of infectious respiratory droplets: A review,” *Build. Environ.*, vol. 207, no. PA, p. 108484, 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108484.
- [10] Wikipedia, “Skala Beaufort,” 2023. https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Skala_Beaufort&oldid=22433413 (accessed Jun. 18, 2023).
- [11] ASHRAE, “Standart 55- Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy,” 2023. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy> (accessed Jun. 15, 2023) (accessed Jun. 15, 2023).