

Analysis of Airflow in Corridors, Staircases, and Voids using Exhaust Fans

Sahabuddin Latif ^{1*}

¹ Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Jalan Sultan Alauddin No. 259 Makassar, Indonesia

*Penulis Korespondensi: sahabuddin.latief@unismuh.ac.id

Abstract: *The existence of corridors, stairs and void spaces is often overlooked in terms of thermal comfort, especially in buildings that are large and have many floors. This study aims to investigate the performance of exhaust fans in ventilating air out of the building to address heat issues in corridors, staircases, and void spaces, using a case study of the Classroom Building in the Engineering Faculty of Unhas Gowa Campus. The method employed in this study involved computer simulations using Solid Work Flow Simulation software. The simulation scenarios consisted of four types, with variations in volume flow, opening types, and fan placement. The results of the study indicate that the exhaust fan system is considered less effective in ventilating air out of the building due to the presence of long corridors, large void spaces, and environmental opening systems, resulting in only the areas near the exhaust fan having significant airflows. Furthermore, the air stacking effect that occurs in the void, directing air upwards towards the roof ventilation, also leads to a less effective performance of the exhaust fan.*

Keywords: *CFD simulation; exhaust fan; thermal comfort; corridor; staircase; void*

Analisis Aliran Udara pada Koridor, Tangga, dan Void dengan Exhaust Fan

Abstrak: Keberadaan koridor, tangga, dan ruang void sering kurang diperhatikan terkait kenyamanan termalnya terutama pada bangunan yang luas dan berlantai banyak. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kinerja *exhaust fan* dalam mengalirkan udara keluar bangunan untuk mengatasi permasalahan panas pada ruang koridor, tangga, dan void, menggunakan studi kasus gedung Ruang Kelas kampus Fakultas Teknik Unhas Gowa. Metode yang digunakan menggunakan simulasi komputer menggunakan *software Solid Work Flow Simulation*. Skenario simulasi terdiri dari empat tipe, didalamnya diberi perlakuan terhadap volume flow, tipe bukaan dan penempatan letak *fan*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *exhaust fan* dianggap kurang efektif dalam mengalirkan udara keluar bangunan karena adanya koridor panjang, void yang luas, dan sistem bukaan lingkungan yang menyebabkan hanya ruang yang berdekatan dengan *exhaust fan* yang memiliki aliran udara yang besar. Selain itu, efek tumpukan udara yang terjadi pada void yang mengalirkan udara ke atas menuju ke ventilasi atap, juga menyebabkan kinerja *exhaust fan* menjadi kurang efektif.

Kata kunci: simulasi CFD; kipas sedot; kenyamanan termal; koridor; tangga; void

Artikel diterima : 17 Mei 2023

Artikel diperiksa : 23 Mei 2023

Artikel disetujui : 31 Juli 2023

Artikel dipublikasikan : 31 Juli 2023

1. Latar Belakang

Kenyamanan termal di dalam bangunan menjadi aspek penting dalam memastikan kondisi yang optimal bagi penghuninya. Banyak penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk menganalisis kenyamanan termal di dalam ruangan seperti kamar tidur, ruang kerja, ruang belajar dan ruang tamu (Fahmy, Mahmoud, Olwy, & Abdelalim, 2020; Gou, Gamage, Lau, & Lau, 2018; Sahabuddin Latif, Idrus, & Ahmad, 2019a). Namun, perhatian terhadap kenyamanan termal pada Koridor, Tangga, dan Void (KTV) masih terbatas.

Koridor, tangga, dan ruang void (KTV) memiliki peran yang penting dalam desain bangunan, baik sebagai jalur akses maupun elemen arsitektural. Namun, karena posisinya yang sering kali tersembunyi di antara ruang-ruang utama, kenyamanan termal pada KTV sering diabaikan. Hal ini dapat berdampak negatif pada penghuni bangunan dan mengurangi kualitas keseluruhan dari lingkungan yang diciptakan.

Sejauh ini, penelitian tentang kenyamanan termal di dalam bangunan telah banyak dilakukan (de Oliveira, Rupp, & Ghisi, 2021; Ortega Del Rosario et al., 2021). Beberapa penelitian mengkaji aliran udara dan distribusi suhu di dalam ruangan tertentu, sementara yang lain berfokus pada pengaruh variabel-variabel seperti suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin terhadap kenyamanan termal penghuni (Hamzah, Kusno, & Mulyadi, 2018; Sahabuddin Latif, 2020). Namun, hanya sedikit penelitian yang secara khusus mengeksplorasi kenyamanan termal pada KTV. Penelitian yang telah dilakukan pada area ini cenderung terbatas, dan masih ada kekurangan dalam pemahaman tentang mekanisme aliran udara, pola sirkulasi udara, dan distribusi suhu di dalam KTV.

Penelitian sebelumnya telah mengusulkan beberapa strategi pengaliran udara untuk mengatasi masalah kenyamanan termal pada ruang void yang luas dan tinggi. Berikut adalah beberapa strategi yang umumnya digunakan :

- a. Salah satu strategi yang umum digunakan adalah memanfaatkan sirkulasi udara alami. Ruang void yang luas dan tinggi sering kali memiliki kemampuan untuk mengalirkan udara secara alami karena *stack effect* atau efek tumpukan. Udara panas cenderung naik ke atas puncak ruang void dan dapat dikeluarkan melalui ventilasi atap atau jendela di bagian atas. Udara segar kemudian akan mengalir masuk melalui ventilasi di bagian bawah ruang void. Strategi ini memanfaatkan perbedaan kepadatan udara yang dihasilkan oleh perbedaan suhu untuk menciptakan aliran udara (Sahabuddin Latif, Hamzah, Rahim, Mulyadi, & Putra, 2019d; Moosavi, Zandi, Bidi, Behroozizade, & Kazemi, 2020).
- b. Penggunaan sistem ventilasi mekanis seperti *exhaust fan* atau blower telah diusulkan dalam beberapa penelitian untuk meningkatkan sirkulasi udara di ruang KTV. *Exhaust fan* ditempatkan secara strategis untuk menghilangkan udara panas dan meningkatkan aliran udara di dalam ruang KTV. Sistem ventilasi mekanis ini membantu mengurangi penumpukan udara panas di bagian atas ruang void dan memperbarui udara dengan udara segar. Penting untuk membangun sistem asupan udara dan desain pembuangan yang

sesuai, dan ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) menyediakan panduan komprehensif dalam hal ini (Palmiste, Kurnitski, & Voll, 2020).

- c. Penggunaan ventilasi silang, yaitu penempatan ventilasi di sisi yang berlawanan di ruang KTV, seperti jendela atau lubang udara, dapat meningkatkan sirkulasi udara dan menciptakan aliran udara melintasi ruang KTV. Dengan menggunakan strategi ini, udara segar masuk melalui satu sisi ventilasi, sedangkan udara panas keluar melalui sisi ventilasi lainnya. Tujuan dari ventilasi silang ini adalah untuk mengurangi suhu di dalam ruangan dengan menciptakan aliran udara lintas. Penting untuk menganalisis aliran udara di KTV menggunakan *exhaust fan* guna menjaga ventilasi yang baik dan kualitas udara dalam gedung. Ventilasi yang memadai memiliki peran penting dalam menciptakan lingkungan dalam ruangan yang sehat dengan menghilangkan polutan, mengontrol kelembapan, dan meminimalkan risiko penularan penyakit melalui udara (Mata et al., 2022).
- d. Beberapa penelitian juga telah mengusulkan penggunaan alat bantu ventilasi, seperti kipas angin atau jet udara, untuk meningkatkan sirkulasi udara di ruang KTV. Alat-alat ini dapat ditempatkan di lokasi yang strategis untuk mengarahkan aliran udara dan mengatasi masalah stagnasi udara panas di dalam ruang KTV. Penggunaan alat bantu ventilasi ini dapat membantu mengurangi suhu yang tidak nyaman dan meningkatkan kenyamanan termal (Tabibian, Najafabadi, & Shahizare, 2019).

Penyelesaian masalah yang diusulkan dalam penelitian ini adalah menggunakan *exhaust fan* untuk menyedot udara keluar dari koridor. *Exhaust fan* adalah perangkat yang dirancang khusus untuk mengeluarkan udara dari suatu ruangan atau area tertentu. Dalam konteks penelitian ini, *exhaust fan* akan dipasang di koridor dengan tujuan menghasilkan aliran udara yang lebih lancar dan mengarahkan udara panas keluar dari area tersebut. Tingkat pasokan udara luar ruangan tertentu dapat bervariasi tergantung pada pedoman tata udara bangunan setempat (Zakaria et al., 2022).

Dengan menggunakan *exhaust fan*, udara panas yang terkumpul di koridor dapat dikeluarkan dengan lebih efisien. Udara panas yang terperangkap di koridor dapat menyebabkan kenaikan suhu dan ketidaknyamanan termal di area tersebut dan ruang kelas sekitarnya. Dengan mengaktifkan *exhaust fan*, udara panas tersebut akan disedot keluar melalui saluran *exhaust* yang terhubung dengan ventilasi eksternal. Proses penghisapan udara oleh *exhaust fan* menciptakan aliran udara yang mengalir dari koridor menuju *exhaust fan*. Hal ini akan menghasilkan sirkulasi udara yang lebih baik di koridor dan memfasilitasi penggantian udara yang lebih cepat. Udara segar dari luar dapat menggantikan udara panas yang dikeluarkan, menciptakan kondisi termal yang lebih nyaman bagi penghuni bangunan. Penempatan *exhaust fan* juga akan menjadi faktor penting dalam mencapai penyelesaian masalah ini. Dengan menggunakan *exhaust fan* untuk menyedot udara keluar dari koridor, diharapkan dapat menciptakan kondisi termal yang lebih sejuk dan nyaman di area tersebut. Udara panas yang terperangkap akan dieliminasi, meningkatkan kualitas udara dan mengurangi suhu yang tidak nyaman di koridor. Dengan

menempatkan *exhaust fan* secara strategis dan merancang koridor dan lubang untuk memfasilitasi pergerakan udara yang lancar, ventilasi yang efisien dapat dicapai (Kummitha, Kumar, & Krishna, 2021). Dalam penelitian ini, kami akan menguji efektivitas penggunaan *exhaust fan* dalam mengatasi permasalahan kenyamanan termal di KTV dan mengukur dampaknya terhadap aliran udara dan distribusi suhu.

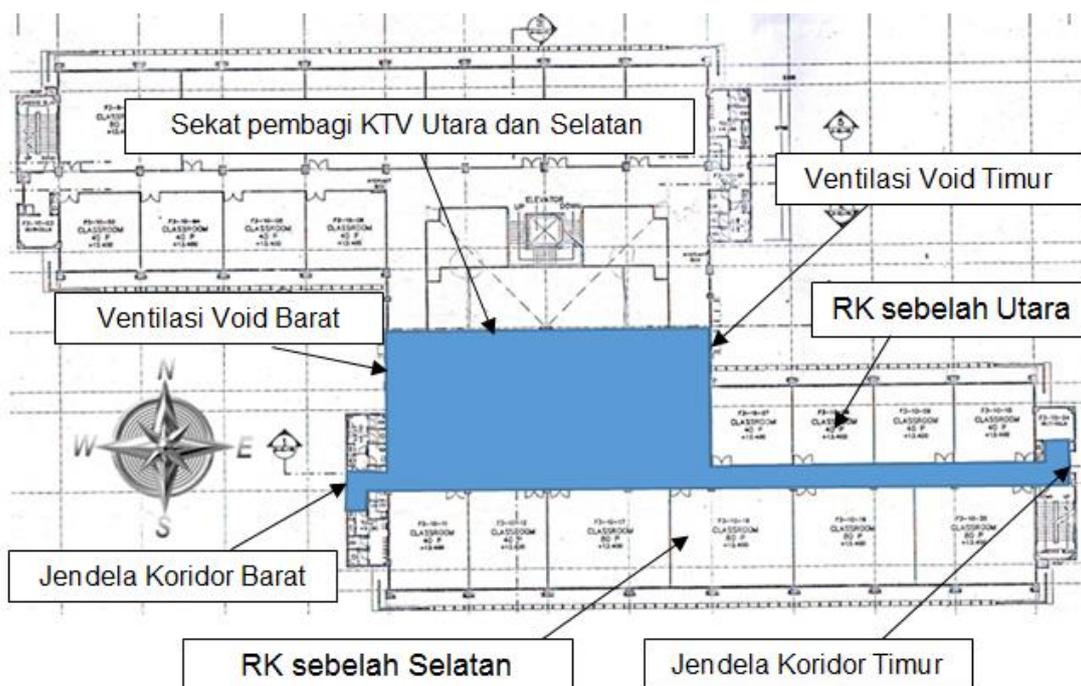
Analisis simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dapat diusulkan untuk mempelajari distribusi aliran udara di gedung, termasuk koridor, tangga dan void. Simulasi CFD membantu menilai keefektifan strategi ventilasi dan mengidentifikasi area potensial yang menjadi perhatian. Analisis ini mempertimbangkan faktor-faktor seperti arah angin, koefisien tekanan, perubahan udara per satuan waktu, dan sifat aliran lainnya (Li et al., 2022). Penelitian ini fokusnya pada analisis aliran udara menggunakan metode simulasi CFD pada koridor, tangga dan ruang void menggunakan *exhaust fan* dengan studi kasus Gedung *Classroom* Fakultas Teknik Unhas Gowa. *Exhaust fan* merupakan perangkat yang digunakan untuk mengatur sirkulasi udara dalam bangunan, dan belum banyak penelitian yang secara spesifik mengeksplorasi penggunaan *exhaust fan* dalam konteks kenyamanan termal pada koridor, tangga dan ruang void.

2. Metode

Lokasi penelitian berada pada wilayah administrasi pemerintahan Kabupaten Gowa mencakup wilayah pada koordinat 119.38° Bujur Barat dan 120.03° Bujur Timur, 5.08° Lintang Utara dan 5.58° Lintang Selatan. Kabupaten Gowa berada di bagian Selatan dari Provinsi Sulawesi Selatan, di sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Sinjai, Bulukumba dan Bantaeng. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Takalar dan Jeneponto sedangkan di bagian Baratnya berbatasan dengan Kota Makassar dan Takalar, **Gambar 1**.

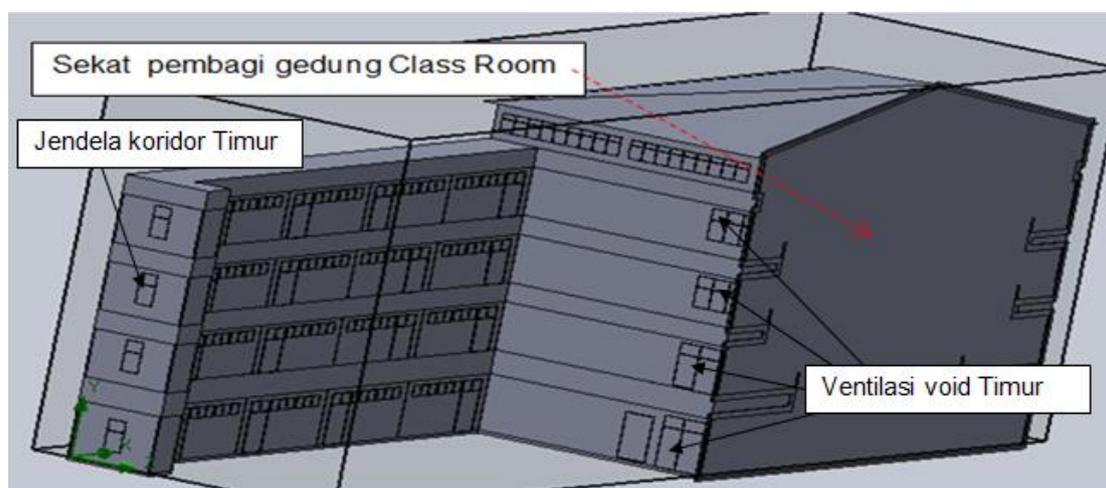


Gambar 1. Lokasi Penelitian Kampus FT Unhas Gowa
Sahabuddin Latif (2013)



Gambar 2. Denah Model Ruang Koridor, Tangga dan Void (KTV)

Gambar 2 menunjukkan denah Gedung *Classroom* kampus fakultas teknik universitas Hasanuddin kabupaten Gowa. Gedung ini terdiri dari empat lantai, terdapat dua blok ruang kelas yang dihubungkan oleh sebuah ruang void yang luas dan tinggi ditengahnya. Untuk kebutuhan analisis simulasi KTV menggunakan skenario penggunaan *exhaust fan*, maka mode 3D *solid regen* hanya menganalisis setengah dari volume ruang KTV keseluruhan **Gambar 3**. Sistem segmentasi pada pemodelan simulasi CFD umum dilakukan untuk kemudahan pada saat proses iterasi yang normalnya membutuhkan waktu lama.



Gambar 3. Model 3-Dimensi *solid regen* KTV

2.1. Metode Pengumpulan Data

Instrumen penelitian yang digunakan adalah *Software CFD-SolidWorks Flow Simulation* yaitu sebuah perangkat lunak untuk keperluan simulasi fluida dalam ruangan maupun luar ruangan, selain itu ada beberapa *software* pendukung lain yang juga digunakan seperti *Auto CAD* dan *SolidWorks*. Fungsi utamanya adalah membangun suatu skenario kenyamanan termal dalam tampilan tiga dimensi (permodelan), memprediksi kenyamanan, dan memberikan perhitungan parameter yang obyektif.

Langkah kerja pada riset ini dimulai dengan membuat geometri model ruang koridor, tangga, dan void (KTV) Gedung *Classroom* kampus fakultas teknik Unhas Gowa. Geometri model dibuat hanya setengah dari volume ruang KTV keseluruhan **Gambar 2 dan 3**, dengan pertimbangan untuk meringankan perangkat komputer saat iterasi. Model/geometri dibuat delapan tipe sistem ventilasi berdasarkan letak, perlakuan dan rasio bukaan **Tabel 2**. Langkah selanjutnya, mendefinisikan material fisik dan sifat material fluida yang akan disimulasi, lalu menentukan kondisi batas (*domain*), *boundary conditions* dan *set goals* **Tabel 1**. Selanjutnya proses *meshing* akan dilakukan oleh *software* secara otomatis pada tahap iterasi.

2.2. Metode Analisis Data

Tujuan rekayasa ini untuk mengalirkan udara yang terperangkap pada Koridor, Tangga dan Void (KTV), sehingga mendapatkan aliran yang cukup dengan bantuan alat mekanis berupa *Fan*. Untuk menjalankan simulasi ini, mula-mula di hitung volume ruangan KTV untuk menentukan kapasitas *fan*. Volume udara dikalikan dengan kebutuhan sirkulasi ruang sesuai fungsi ruang menurut standar SNI 03-6572 (2001) yaitu 4 (empat) kali pergantian dalam satu jam. Hasil perhitungan didapatkan volume udara ruang KTV 8.097 m³. Setelah dikalikan dengan kebutuhan sirkulasi maka volume udara minimum yang harus di keluarkan dalam satu jam adalah 32.388 m³, dengan demikian bisa ditemukan kapasitas *fan*, dan jumlah *fan* yang dipakai.

Adapun standar variabel iklim kenyamanan termal yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: temperatur nyaman berkisar antara 20.5 °C-27.2 °C; Kelembapan udara relatif antara 40%-60%; dan kecepatan udara berkisar antara 0.1-1.5 m/det SNI 03-6572 (2001).

Tabel 1. Skenario Bukaannya Ventilasi Koridor, Tangga dan Void (KTV)

Bukaan ventilasi tipe-1	Bukaan ventilasi tipe-2	Bukaan ventilasi tipe-3
Semua <i>bovenlicht</i> kelas terbuka. Jendela sisi Timur dan Barat void terbuka pintu entrance Timur dan Barat dianggap terbuka, semua jendela kaca mati dianggap dapat dilalui udara. <i>Inlet</i> dari ruang kelas sebelah Selatan dan jendela/pintu sebelah Barat <i>Classroom</i> . Penginputan <i>boundary conditions</i> untuk ventilasi lainnya dianggap bertipe <i>environment pressure</i> .	Semua <i>bovenlicht</i> kelas terbuka. Jendela koridor Timur ditambah menjadi 2 bh. Jendela sisi Timur dan Barat void terbuka pintu entrance Timur dan Barat dianggap terbuka, semua jendela kaca mati dianggap dapat dilalui udara. <i>Inlet</i> dari ruang kelas sebelah Selatan dan jendela/pintu sebelah Barat <i>Classroom</i> . Penginputan <i>boundary conditions</i> untuk ventilasi lainnya dianggap bertipe <i>environment pressure</i> .	Semua <i>bovenlicht</i> kelas terbuka. Dinding Timur dan Barat terbuka maksimal. Jendela sisi Timur dan Barat void terbuka pintu entrance Timur dan Barat dianggap terbuka, semua jendela kaca mati dianggap dapat dilalui udara. <i>Inlet</i> dari ruang kelas sebelah Selatan dan jendela/pintu sebelah Barat <i>Classroom</i> . Penginputan <i>boundary conditions</i> untuk ventilasi lainnya dianggap bertipe <i>environment pressure</i> .

Pada penelitian ini, dianalisa kinerja *exhaust fan* terhadap ruang KTV *Classroom* untuk mengetahui kinerja *fan* dalam mengalirkan udara keluar bangunan dengan skenario simulasi pada **Tabel 1 dan 2**.

Tabel 2. Skenario simulasi ruang Koridor, Tangga dan Void (KTV)

Kode simulasi	Volume <i>flow</i>	Tipe bukaan ventilasi	Keterangan
KTV Sim-01	1.45 m ³ /det x 8	<i>Environment Pressure</i> bukaan ventilasi tipe-2 Tabel 1.	<i>Fan</i> di ujung Koridor Timur dan Barat

KTV Sim-02	14.5 m ³ /det x 8	<i>Environment Pressure</i> bukaan ventilasi tipe-2 Tabel 1.	<i>Fan</i> di ujung Koridor Timur dan Barat
KTV Sim-03	1.45 m ³ /det x 28	<i>Environment Pressure</i> bukaan ventilasi tipe-2 Tabel 1.	<i>Fan</i> di ujung Koridor Timur dan Barat + 20 bh <i>ceiling fan</i>
KTV Sim-04	14.5 m ³ /det x 28	<i>Environment Pressure</i> bukaan ventilasi tipe-2 Tabel 1.	<i>Fan</i> di ujung Koridor Timur dan Barat + 20 bh <i>ceiling fan</i>

Setelah mendapatkan hasil dari simulasi komputer, langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil tersebut dengan standar SNI 03-6572 (2001) yang mengatur variabel-variabel terkait kenyamanan termal, seperti kecepatan angin, volume udara yang bergerak, temperatur, dan kelembapan udara. Melalui perbandingan ini, dapat diketahui sejauh mana kinerja sistem *exhaust fan* dalam memenuhi standar yang telah ditetapkan. Hasil analisis perbandingan kemudian diolah dan dijelaskan dalam bentuk narasi yang disusun dengan bahasa yang mudah dipahami oleh pembaca. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman mengenai bagaimana sistem *exhaust fan* berfungsi dalam menciptakan kenyamanan termal di KTV, serta sejauh mana sistem tersebut memenuhi atau tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 3 memperlihatkan penyebaran kecepatan udara pada Simulasi KTV menggunakan alat mekanis berupa *exhaust fan*. KTV Sim-01, menggunakan 8 buah *fan* yang di tempatkan pada dinding ujung koridor. Setiap lantai terdapat 2 buah *fan*, satu di sisi Timur dan yang lainnya disisi Barat. Setiap *fan* berkemampuan menghisap udara 1.45 m³/det, yang didapat berdasarkan perhitungan standar SNI 03-6572. Hasil kecepatan udara rata-rata keseluruhan ruang 0.0055 m/det.

Tabel 3. Penyebaran Angin simulasi ruang Koridor, Tangga dan Void (KTV) dengan menggunakan *exhaust fan* Kode Simulasi

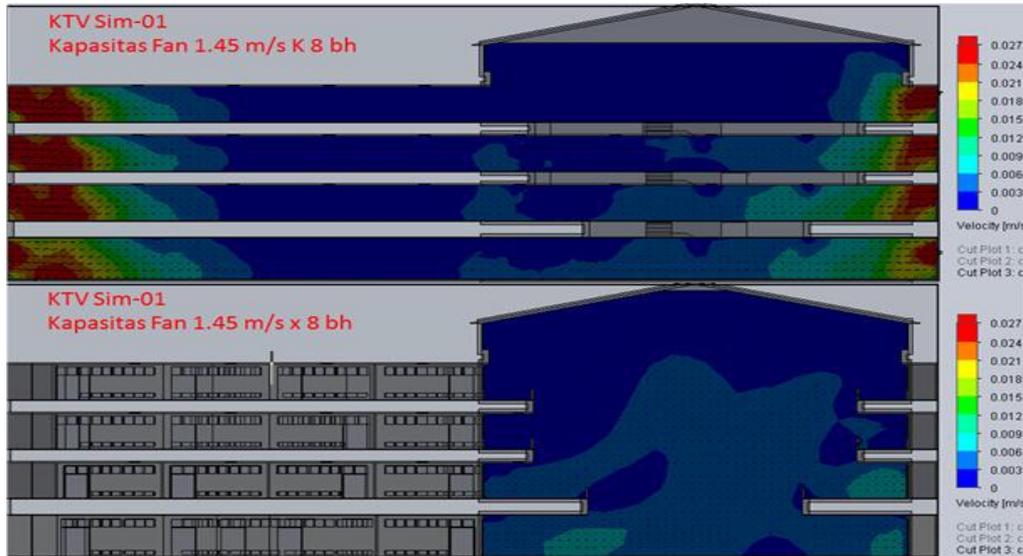
Kode Simulasi	<i>Velocity</i> Rata-rata (m/s)	<i>Veloc ity</i> Maxi mu m (m/s)	<i>Veloc ity</i> Mini mu m	Keterangan

KTV Sim-01	0.005592	0.024 713	9.14 E-05	1.45 m ³ /det, ventilasi tipe- 1 Tabel 1. <i>Fan</i> di ujung Koridor Timur dan Barat
KTV Sim-02	0.065733	0.247 627	0.004 157	14.5 m ³ /det, ventilasi tipe- 1 Tabel 1. <i>Fan</i> di ujung Koridor Timur dan Barat
KTV Sim-03	0.006624 949	0.024 4515 5	0.000 2425 9	1.45 m ³ /det, ventilasi tipe- 1 Tabel 1. <i>Fan</i> di ujung Koridor Timur dan Barat + 20 bh <i>ceiling fan</i>
KTV Sim-04	0.065733	0.247 627	0.004 157	14.5 m ³ /det, ventilasi tipe- 1 Tabel 1. <i>Fan</i> di ujung Koridor Timur dan Barat + 20 bh <i>ceiling fan</i>

Pada Simulasi KTV Sim-02 kapasitas setiap *fan* ditingkatkan 10 kali lipat, hasilnya hanya mencapai kecepatan rata-rata 0.05 m/det. Eksperimen lain dilakukan pada simulasi KTV Sim-03 dengan menambahkan 20 buah *ceiling fan*, sehingga jumlah *fan* yang dipakai 28 buah dengan kapasitas sedot 1.45 m/det. Hasil simulasi menunjukkan penurunan kecepatan udara rata-rata (0.0066 m/det). Percobaan selanjutnya dengan menaikkan kapasitas ke-20 *fan* menjadi 10 kali lipat (14.5 m/det) pada KTV Sim-04, hasilnya hanya mencapai 0.065 m/det.

Gambar 4, memperlihatkan kontur kecepatan angin pada simulasi KTV Sim-01, yaitu simulasi dengan skenario volume *flow* 1.45 m³/det. Setiap lantai terdapat 2 buah *fan*, satu di sisi Timur dan yang lainnya disisi Barat. Warna merah pada kontur hasil simulasi menggambarkan tingkat kecepatan angin yang tinggi di sekitar posisi *exhaust fan*. Warna biru menjelaskan aliran udara yang mendekati nol. Pengaruh dari hisapan *fan* tidak cukup kuat untuk mengalirkan seluruh udara pada ruang koridor. Pergerakan udara sekitar *fan*

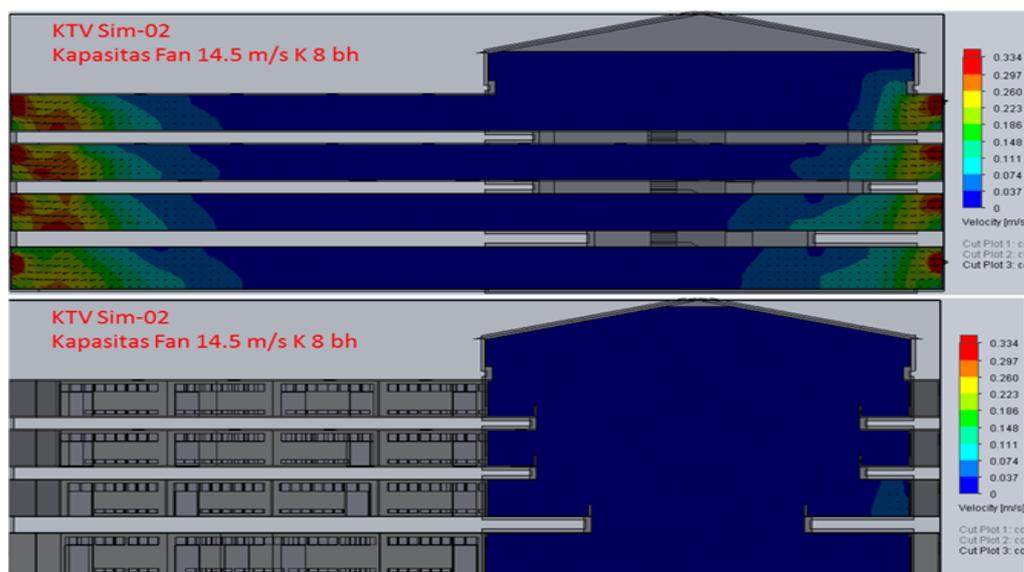
berasal dari bukaan *boveblicht* ruang kelas yang dekat dengan posisi *fan*. Pengaruh *fan* pada ruang void secara keseluruhan tidak berdampak positif mengalirkan udara sepanjang koridor, termasuk juga tidak berefek pada aliran udara sekitar tangga maupun ruang void, terlihat pada kontur berwarna biru yang berarti pergerakan udara stagnan. Hasil kecepatan udara rata-rata keseluruhan ruang pada simulasi KTV Sim-01 adalah 0.0055 m/det.



Gambar 4. Kontur kecepatan angin koridor, tengah void KTV Sim-01

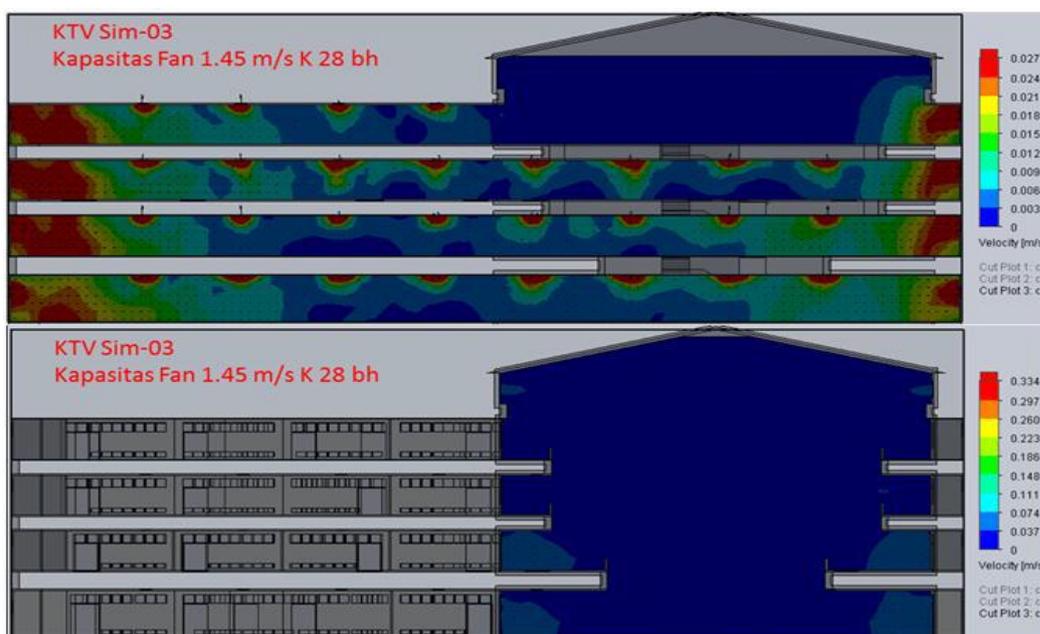
Keterangan **Gambar 4**: kontur warna menggambarkan tingkat *velocity* udara pada KTV, berturut-turut dari tertinggi ke rendah dengan kecepatan 0.024 m/det berwarna merah-oranye-kuning-hijau-biru muda dan biru tua yang mendekati nol.

Gambar 5, memperlihatkan kontur kecepatan angin pada simulasi KTV Sim-02, yaitu simulasi yang sama skenarionya dengan simulasi KTV Sim-01, namun bedanya kapasitas volume flow *exhaust fan* nya ditingkatkan menjadi 10 kali lipat yaitu 14.5 m³/det. Hasil kecepatan udara rata-rata keseluruhan ruang pada simulasi KTV Sim-02 lebih tinggi dari simulasi KTV Sim-01, yaitu 0.05 m/det. Warna merah pada kontur hasil simulasi menggambarkan tingkat kecepatan angin yang tinggi di sekitar posisi *exhaust fan*. Warna biru menjelaskan aliran udara yang mendekati nol. Pengaruh dari hisapan *fan* tidak cukup kuat untuk mengalirkan seluruh udara pada ruang koridor. Pergerakan udara sekitar *fan* berasal dari bukaan *boveblicht* ruang kelas yang dekat dengan posisi *fan*. Pengaruh *fan* pada ruang void secara keseluruhan tidak berdampak positif mengalirkan udara sepanjang koridor, termasuk juga tidak berefek pada aliran udara sekitar tangga maupun ruang void, terlihat pada kontur berwarna biru yang berarti pergerakan udara stagnan.



Gambar 5. Kontur kecepatan angin koridor, tengah void KTV Sim-02

Keterangan **Gambar 5**: kontur warna menggambarkan tingkat *velocity* udara pada KTV, berturut-turut dari tertinggi dengan kecepatan 0.24 m/det berwarna merah-oranye-kuning-hijau-biru mudah dan biru tua.

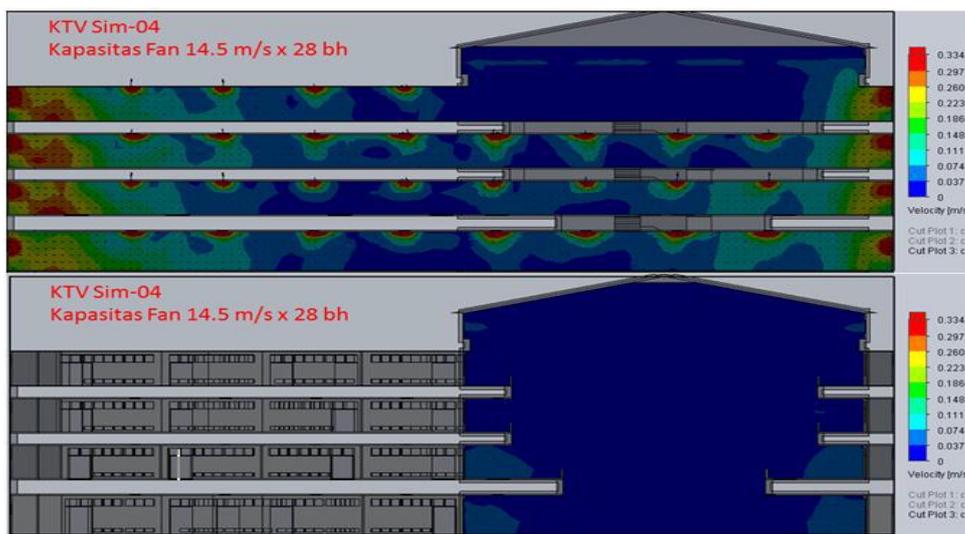


Gambar 6. Kontur kecepatan angin koridor, tengah void KTV Sim-03

Keterangan **Gambar 6**: kontur warna menggambarkan tingkat *velocity* udara pada KTV, berturut-turut dari tertinggi dengan kecepatan 0.024 m/det berwarna merah-oranye-kuning-hijau-biru mudah dan biru tua.

Gambar 6, memperlihatkan kontur kecepatan angin pada simulasi KTV Sim-03, yaitu simulasi dengan skenario volume *flow* 1.45 m³/det. Setiap lantai terdapat 2 buah *exhaust fan*, satu di sisi Timur dan yang lainnya disisi Barat. Berbeda dengan Simulasi KTV Sim-01, pada simulasi ini ditambahkan 20

(masing-masing lantai 5 buah) *exhaust fan* yang ditempatkan pada *ceiling*. Hasil kecepatan udara rata-rata keseluruhan ruang pada simulasi KTV Sim-03 adalah 0.0066 m/det, lebih baik dari Sim-01 0.055 m/det, namun tidak lebih baik dari Sim-02 0.05 m/det. Pada kontur hasil simulasi dapat dilihat bahwa pada *exhaust fan* bidang dinding Timur dan Barat serta permukaan *ceiling*/plafon terlihat kontur aliran udara yang kuat di sekitar *exhaust fan*. Kelebihan dari strategi simulasi KTV Sim-03 adalah lebih efektif mengeliminasi udara panas yang terperangkap di sekitar plafon sepanjang koridor. Walau terkesan berhasil mengatasi aliran udara di sekitar koridor, namun secara keseluruhan strategi ini belum signifikan dapat menyedot udara di ruang tangga dan void. Akibat tidak bertukarnya udara pada ruang void, maka terjadi akumulasi panas pada ruang bagian atas sehingga ruang-ruang kelas pada lantai empat akan mengalami akumulasi panas pada siang hari.



Gambar 7. Kontur kecepatan angin koridor, tengah void KTV Sim-04

Keterangan **Gambar 7**: kontur warna menggambarkan tingkat *velocity* udara pada KTV, berturut-turut dari tertinggi dengan kecepatan 0.24 m/det berwarna merah-oranye-kuning-hijau-biru muda dan biru tua.

Gambar 7, memperlihatkan kontur kecepatan angin pada simulasi KTV Sim-04, yaitu simulasi yang sama skenarionya dengan simulasi KTV Sim-03, namun bedanya kapasitas volume flow *exhaust fan* nya ditingkatkan menjadi 10 kali lipat yaitu 14.5 m³/det. Setiap lantai terdapat 2 buah *exhaust fan*, satu di sisi Timur dan yang lainnya disisi Barat. Sama dengan Simulasi KTV Sim-03, pada simulasi ini ditambahkan 20 (masing-masing lantai 5 buah) *exhaust fan* yang ditempatkan pada *ceiling*. Strategi simulasi Sim-04 lebih baik dari ketiga strategi sebelumnya. Hasil kecepatan udara rata-rata keseluruhan ruang pada simulasi KTV Sim-04 adalah 0.065 m/det, lebih baik dari Sim-03 0.0066 m/det. Pada kontur hasil simulasi dapat dilihat bahwa pada *exhaust* bidang dinding Timur dan Barat serta permukaan *ceiling*/plafon terlihat kontur aliran udara yang kuat di sekitar *exhaust fan*. Kelebihan dari strategi simulasi KTV Sim-04 adalah lebih efektif mengeliminasi udara panas yang terperangkap di

sekitar plafon sepanjang koridor dibanding Sim-03. Pada hasil kontur simulasi ini dapat dilihat bahwa terjadi infiltrasi udara pada ventilasi bagian atas ruang void, walau tidak signifikan terhadap pertukaran udara pada ruang KTV secara keseluruhan.

Setelah melakukan rekayasa aliran udara dengan menggunakan *exhaust fan*, yang bertujuan untuk meningkatkan aliran udara yang keluar dari gedung melalui koridor, tangga, dan void, dengan harapan mencapai standar sirkulasi udara yang direkomendasikan, yaitu 4 kali pergantian udara dalam satu jam sesuai standar SNI 03-6572 (2001), namun ternyata target tersebut tidak tercapai.

Meskipun *fan* telah ditempatkan di ujung koridor dan pada plafon, yang seharusnya meningkatkan aliran udara di koridor, kinerja *exhaust fan* tidak signifikan mencapai ruang tangga dan void yang memiliki luas yang lebih besar walau pun sudah ditambah kapasitasnya dan jumlah *exhaust fan*.

Upaya untuk menyedot udara dari ruang tangga, dan void untuk dikeluarkan melalui *exhaust fan* pada ventilasi koridor ternyata tidak efektif. Fenomena ini disebabkan kinerja gaya apung udara pada ruang void yang secara alamiah akan naik ke puncak void untuk keluar pada ventilasi atap semakin kuat seiring naiknya temperatur lingkungan (Mozaffarian, 2009).

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa, metode penggunaan *exhaust fan* untuk menyedot udara keluar bangunan pada kasus ruang koridor, tangga dan void gedung *classroom* kampus fakultas teknik Unhas di kabupaten Gowa kurang efektif karena ruang tersebut sangat luas. Pada studi ini ditemukan bahwa pengaruh gaya apung udara di ruang void yang luas dan tinggi semakin kuat mengalirkan udara ke atas puncak void untuk keluar pada ventilasi atap seiring bertambahnya temperatur lingkungan.

5. Daftar Pustaka

- de Oliveira, C. C., Rupp, R. F., & Ghisi, E. (2021). Influence of environmental variables on thermal comfort and air quality perception in office buildings in the humid subtropical climate zone of Brazil. *Energy Buildings*, 243, 110982.
- Fahmy, M., Mahmoud, S. A., Olwy, I. M., & Abdelalim, M. (2020). *Comparison of Occupant Thermal Comfort with and without Passive Design for a Naturally Ventilated Educational Building: a case study in Cairo, Egypt*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Gou, Z., Gamage, W., Lau, S. S.-Y., & Lau, S. S.-Y. (2018). An investigation of thermal comfort and adaptive behaviors in naturally ventilated residential buildings in tropical climates: A pilot study. *Buildings*, 8(1), 5.
- Hamzah, B., Kusno, A., & Mulyadi, R. (2018). Design of energy efficient and thermally comfortable air-conditioned university classrooms in the tropics. *International Journal of Sustainable Energy*, 37, 1-16.

doi:10.1080/14786451.2018.1539394

- Kummitha, O. R., Kumar, R. V., & Krishna, V. M. (2021). CFD analysis for airflow distribution of a conventional building plan for different wind directions. *Journal of Computational Design Engineering*, 8(2), 559-569.
- Latif, S. (2013). *Rekayasa Pengaliran Udara Untuk Kenyamanan Termal Ruang Dengan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD)*. (Tesis tidak dipublikasikan), Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Latif, S. (2020). Sistem Ventilasi Alami Satu Sisi pada Kamar Kos dengan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Jurnal Permukiman*, 15(2), 95-106.
- Latif, S., Hamzah, B., Rahim, R., Mulyadi, R., & Putra, A. E. E. (2019d). STUDY OF THE HEAT VENTILATION WITH INCLINED CHIMNEY IN THE ATTIC. *International Journal of GEOMATE*, 17(64), 178-184.
- Latif, S., Idrus, I., & Ahmad, A. (2019a). Kenyamanan Termal pada Rumah Kos (Studi Kasus Pondok Istiqomah di Makassar). *Jurnal Linears*, 2(1), 1-7.
- Li, R., Liu, Z., Zhao, Y., Wu, Y., Niu, J., Wang, L. L., & Gao, N. (2022). Fast fluid dynamics simulation of airflow around a single bluff body under different turbulence models and discretization schemes. *Building Environment*, 219, 109235.
- Mata, T. M., Felgueiras, F., Martins, A. A., Monteiro, H., Ferraz, M. P., Oliveira, G. M., . . . Silva, G. V. (2022). Indoor air quality in elderly centers: Pollutants emission and health effects. *Environments*, 9(7), 86.
- Moosavi, L., Zandi, M., Bidi, M., Behroozizade, E., & Kazemi, I. (2020). New design for solar chimney with integrated windcatcher for space cooling and ventilation. *Building Environment*, 106785.
- Mozaffarian, R. (2009). *Natural Ventilation in Buildings and the Tools for Analysis*. University of Florida,
- Ortega Del Rosario, M. D. L. Á., Chen Austin, M., Bruneau, D., Nadeau, J.-P., Sébastien, P., & Jaupard, D. (2021). Operation assessment of an air-PCM unit for summer thermal comfort in a naturally ventilated building. *Architectural Science Review*, 64(1-2), 37-46.
- Palmiste, Ü., Kurnitski, J., & Voll, H. (2020). *Design criteria for outdoor air intakes and exhaust air outlets located on an external wall*. Paper presented at the E3S Web of Conferences.
- SNI 03-6572. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta
- Tabibian, S. M., Najafabadi, M. K., & Shahizare, B. J. S. A. S. (2019). Review of common fire ventilation methods and Computational Fluid Dynamics simulation of exhaust ventilation during a fire event in Velodrome as case study. 1(7), 685.
- Zakaria, M., Amran, M., Rozmi, S., Yasin, M., Leng, P., & Hanipah, M. (2022). Thermal Comfort Assessment of An Office Room Under High Air Conditioning Setting Temperatures with Fan-Assisted Ventilation. *International Journal of Integrated Engineering*, 14(6), 415-422.