

Kinerja Sistem Ventilasi Alami Ruang Kuliah

Baharuddin Hamzah¹, M. Ramli Rahim², Muhammad taufik Ishak³, Sahabuddin⁴

^{1,2,3} Lab Sains dan Teknologi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

⁴ Mahasiswa Program Doktor, Lab Sains dan Teknologi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi performa ventilasi (kondisi *existing*) ruang kuliah yang ada di tiga kampus yaitu Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (FT-Unhas), Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia (FT-UMI), dan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar (FT-Unismuh). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dan survei, analisis menggunakan metode simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Parameter input dalam simulasi diperoleh melalui pengukuran di lapangan berupa dimensi ruang kuliah, luas bukaan ventilasi, dan parameter iklim mikro. Simulasi dilakukan pada kondisi bukaan maksimum pada sistem ventilasi existing dengan perlakuan pintu kelas terbuka dan tertutup. Perlakuan terhadap kecepatan angin untuk input (*v*) adalah 0,25m/det, 0,5m/det, 0,75m/det dan 1,00m/det. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ventilasi eksisting ruang-ruang kuliah dari tiga kampus yang diteliti, hasil terbaik diperoleh di ruang kuliah FT-Unhas Gowa. Dengan rasio bukaan 16,59-22,76% dari luas lantai, sistem ventilasi ruang kelas ini cukup baik untuk mengalirkan dan mendistribusikan pergerakan udara yang nyaman di dalam ruang terutama pada kecepatan angin di atas 0,5m/det.

Kata-kunci : aliran udara, kenyamanan termal, ruang kuliah, simulasi CFD, sistem ventilasi alami

Abstract

This research aims to identifies the existing ventilation performance of three classrooms in Faculty of Engineering, Hasanuddin University (Unhas), Indonesia Muslim University (UMI), and Muhammadiyah University Makassar (Unismuh). CFD simulation is used in modeling the air movement in the classrooms, whereas the data for input parameters are obtained by direct measurement. The simulation is done for optimum opening conditions when all the opening is open. Inlet velocity are set to 0,25 m/s, 0,5 m/s, 0,75m/s, and 1 m/s. The results reveal that classroom in Faculty of Engineering of Unhas has the best ventilation performance. It has opening to floor ratio of 16,59-22,76% which presumably distribute air more effective than other classrooms, especially for inlet wind speed of 0,5 m/s.

Keywords : air movement, thermal comfort, classroom, CFD simulation, natural ventilation system

Kontak Penulis

Baharuddin Hamzah

Lab Sains dan Teknologi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, 90245. Tel : 0852 5563 7065

E-mail : baharsyah@yahoo.com

Informasi Artikel

Diterima editor 5 Desember 2016. Disetujui untuk diterbitkan 3 April 2017

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pendahuluan

Krisis energi listrik menyebabkan pemerintah menggalakkan program penghematan energi listrik sejak tahun 1982. Hal ini ditandai dengan dikeluarkannya Inpres No. 9 tentang konservasi energi yang terutama ditujukan untuk pencahayaan dan pendinginan udara pada bangunan milik negara. Kemudian disusul dengan Keppres No. 4 tahun 1991 tentang konservasi energi secara umum yang meliputi juga konservasi energi pada bangunan. Terakhir pemerintah mengeluarkan Inpres No. 10 tahun 2005 tentang penghematan energi khususnya bahan bakar minyak (BBM) dan energi listrik.

Iklim merupakan salah satu faktor yang memengaruhi rancangan bangunan. Salah satu pengaruh iklim yang dianggap merugikan pada daerah yang beriklim tropis lembab seperti di Indonesia adalah panas yang masuk melalui dinding luar bangunan. Besarnya perambatan panas dan tingginya kelembaban serta rendah-nya pergerakan angin menyebabkan meningkat-nya temperatur di dalam bangunan.

Untuk mencapai kondisi kenyamanan termal dalam bangunan khususnya ruang kuliah, penggunaan sistem ventilasi yang tepat sangat dibutuhkan. Guna efisiensi energi, maka penggunaan sistem ventilasi alami sangat dianjurkan. Namun jika sistem alami ini tidak dapat lagi memenuhi kenyamanan pengguna, maka sistem ventilasi mekanis yang hemat energi adapat digunakan sebagai gantinya. Oleh karena itu perancangan sistem ventilasi, baik alami mau-pun mekanis merupakan suatu hal yang sangat penting guna mewujudkan bangunan gedung hemat energi yang nyaman bagi penggunanya.

Strategi pendinginan ruang dan bangunan dengan pengaliran udara di daerah beriklim tropis lembab sebagai upaya memanfaatkan potensi positif dari iklim sangat menguntungkan dalam penghematan energi sudah dilakukan oleh (Busato, 2003; Huda & Pandiangan, 2012; Indrani, 2010; Karyono, 2010; Latif dkk., 2016)

Liping dan Hien (2007) berpendapat bahwa menambah kecepatan aliran angin dalam ruang-an dapat meningkatkan jangkauan dari zona kenyamanan termal terutama bagi sistem ventilasi alami. Menurut Gratia dkk., (2004), memasukkan udara dengan ventilasi alami dapat diandalkan untuk meningkatkan ke-nyamanan termal pada interior bangunan.

Baharuddin dkk., (2012) menyimpulkan bahwa ruang-ruang kuliah pada gedung *Classroom* FT-Unhas Gowa, belum memenuhi standar ke-nyamanan termal akibat tingginya temperatur udara dan tidak adanya aliran udara yang cukup dalam ruang.

Latif dkk. (2016) telah melakukan studi untuk mengkaji performa aliran udara pada ruang kuliah Bersama FT-

Unhas di Gowa, agar di-temukan strategi pengaliran udara yang dapat mempercepat terjadinya proses pengeluaran panas. Penelitian eksperimental ini meng-gunakan metode simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Disimpulkan bahwa dengan penambahan rasio luas bukaan menjadi 21,60%, dengan rincian luas bukaan inlet (14,50%) dan luas bukaan outlet (7,10%), serta penempatan bukaan yang tepat dapat mengoptimalkan sirkulasi udara.

Sebagai tindak lanjut dari penelitian terhadap obyek ruang kuliah, penulis merasa perlu melakukan investigasi terhadap kinerja sistem ventilasi alami ruang-ruang kuliah yang berada pada kampus FT-Unhas Gowa, dan ruang-ruang kuliah di kampus FT-UMI dan FT-Unismuh.

Kajian Pustaka

Sistem ventilasi ruangan memiliki tiga fungsi utama yaitu: (1) menjamin adanya pergantian udara dalam ruangan, (2) memberi kenyamanan bagi pengguna ruangan, dan (3) mendinginkan material dan perabot yang ada dalam ruangan.

Ventilasi alami adalah teknik pendinginan pasif untuk mempertahankan tingkat kualitas udara yang baik yang dicapai dengan cara alami. Dalam beberapa kasus, bangunan memerlukan sirkulasi udara yang lebih besar untuk meng-kompensasi temperatur dan kelembaban udara tinggi dalam ruangan agar memenuhi kebutuh-an kesegaran yang berasal dari udara luar (Geetha & Velraj, 2012).

Liping dan Hien (2007) menganalisis peng-gunaan ventilasi alami pada bangunan yang berlokasi di Singapura yang beriklim panas dan lembab. Penelitian ini menganalisis strategi ventilasi alami dan telah membuktikan bahwa sehari penuh ventilasi alami dapat meningkatkan kenyamanan termal pada iklim tropis lembab. Para peneliti melakukan pengamatan terhadap empat strategi ventilasi dan bahan yang ber-beda dalam selubung bangunan, dengan menggunakan program TAS (*Thermal Analysis Software*). Strategi ventilasi malam hari, stra-tegi ventilasi siang hari, strategi ventilasi penuh bukaan dan sama sekali tidak ada ventilasi. Para penulis menyimpulkan bahwa rasio bukaan jendela pada dinding 24% sangat ideal untuk mencapai kondisi kenyamanan termal terbaik pada bangunan. Perangkat shading horizontal direkomendasikan untuk semua fasade dalam rangka meningkatkan kenyamanan termal.

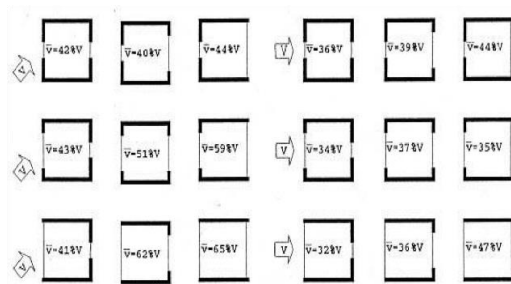
Raja dkk. (2001) dan Gratia dkk. (2004), ber-kesimpulan bahwa infiltrasi udara dengan sistem ventilasi alami dapat digunakan untuk mening-katkan kenyamanan termal pada ruang-ruang dalam bangunan, tetapi efisiensi sistem ini tergantung pada kondisi iklim, sehingga be-berapa strategi untuk mengurangi panas internal mungkin diperlukan pada kondisi ter-tentu.

Desain yang sukses dari sebuah bangunan yang berventilasi alami memerlukan pemahaman yang baik tentang pola aliran udara dan efek dari bangunan sekitarnya. Tujuannya adalah agar mendapatkan sirkulasi udara bersih yang cukup pada seluruh bagian ruang dalam bangunan. Pemenuhan tujuan ini tergantung pada lokasi jendela, desain interior dan karakteristik angin (Geetha & Velraj, 2012).

Faktor utama yang mempengaruhi pola aliran udara memasuki bangunan adalah ukuran dan bentuk lubang *inlet*, lokasi bukaan, jenis dan konfigurasi dari *inlet* termasuk konfigurasi dari unsur-unsur yang berdekatan lainnya seperti partisi internal, proyeksi dan vegetasi.

Bentuk dan ukuran bukaan

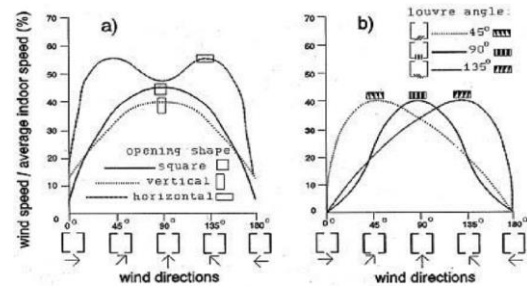
Cherian (2011), telah melakukan investigasi menyeluruh terhadap ventilasi alami bangunan pada iklim hangat-lembap. Rata-rata ekspresi kecepatan udara internal sebagai persentase dari kecepatan angin eksternal.



Gambar 1. Rata-rata persentase kecepatan, internal terhadap luar sebagai fungsi dari arah angin dan rasio *inlet/outlet* (Busato, 2003)

Menurut Chenvidyakarn (2007), ukuran dan bentuk bukaan merupakan faktor penting yang menentukan aliran udara dalam bangunan. Untuk bangunan dengan bukaan dinding yang berlawanan, kecepatan angin dalam ruangan dapat meningkat jika arah angin membentuk sudut ke *inlet*. Tingkat aliran udara yang lebih besar juga bisa dicapai ketika bukaan *outlet* lebih besar dari pada *inlet*. Namun sebaliknya, kecepatan udara yang lebih merata di seluruh ruang ketika *outlet* lebih kecil dari pada *inlet*, hal ini karena energi kinetik angin diubah menjadi tekanan statis di sekitar bagian bawah bukaan (Busato, 2003).

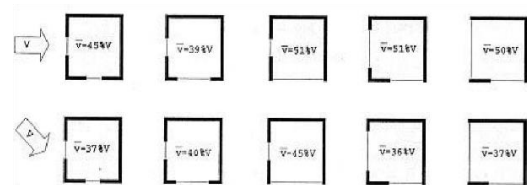
Bentuk dan konfigurasi bukaan juga memiliki efek pada kecepatan angin internal. Bukaan horizontal atau bukaan *inlet* persegi lebih baik dibanding berbentuk vertikal. *Inlet* berbentuk horizontal memberikan kinerja optimal jika sudut kedatangan angin diarahkan pada posisi sekitar 45° (Gambar 1).



Gambar 2. Kinerja bukaan yang berbeda dan arah angin (Busato, 2003)

Lokasi Bukaan

Ventilasi silang optimal dalam ruangan terjadi, jika penerapan bukaan pada tiga fasad berbeda, tetapi konfigurasi tersebut tidak umum. Untuk ruangan dengan bukaan di dua sisi yang berdekatan, kecepatan udara rata-rata lebih tinggi dapat dicapai ketika sudut angin tegak lurus terhadap *inlet*, seperti terlihat pada Gambar 3 (Busato, 2003; Chenvidyakarn, 2007).



Gambar 3. Pengaruh kedekatan lokasi bukaan dan ukuran pada dinding

Dalam bangunan dengan bukaan di tengah seperti lobi dan void, distribusi udara internal sebagian besar ditentukan oleh total luas bukaan di dinding (Lechner, 2007).

Metode

Penelitian ini, menggunakan metode eksperimen dan survei, analisis menggunakan metode simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*), dengan perangkat lunak *SolidWorks* 2016 sebagai alat bantu. Dalam program *SolidWorks* sudah disiapkan fasilitas untuk membuat geometri yaitu *SolidWorks* CAD yang terintegrasi dengan *SolidWorks* Flow Simulation sehingga proses pendefinisian material, *set domain*, *boundary condition*, meshing hingga *output* semuanya dapat dilakukan pada satu *software*, (Kurowski, 2013, 2016; Latif, 2013).

Metode Pengumpulan Data

Data ruang kelas dari ketiga kampus dikumpulkan dengan metode survei. Survei dilakukan guna mendapatkan model dan ukuran ruang kelas, ukuran detail bukaan jendela dan pintu, serta perletakan pintu dan jendela tersebut. Selain itu juga diadakan pengukuran

parameter termal seperti temperatur udara dan temperatur permukaan dinding. Data-data tersebut kemudian diinput ke program komputer *SolidWorks CAD*.

Langkah kerja pada penelitian ini mula-mula dibuat geometri ruang kelas (RK). Model/ geometri RK dibuat dua tipe, kemudian mendefinisikan material fisik dan sifat material fluida yang akan disimulasi, lalu menentukan kondisi batas (domain), boundary conditions dan *set goals*. Selanjutnya proses *meshing* akan dilakukan oleh *software* secara otomatis pada tahap iterasi.

Parameter input dalam simulasi diperoleh melalui pengukuran di lapangan berupa dimensi ruang kuliah, luas bukaan ventilasi, dan parameter iklim mikro. Parameter input untuk kondisi iklim makro diambil dari data iklim lingkungan pada hari Sabtu tanggal 16 April 2016, diperoleh dari alat Vaisala yang berstasiun di Kampus Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Data pengukuran iklim mikro ini dan data iklim makro yang diambil dari alat Vaisala stasiun FT Unhas Gowa, dipakai sebagai parameter input simulasi aliran udara semua ruang kelas FT-Unhas, FT-UMI dan FT-Unismuh.

Simulasi dilakukan pada kondisi bukaan maksimum pada sistem ventilasi existing dengan perlakuan pintu kelas terbuka dan tertutup. Perlakuan terhadap kecepatan angin pada input (*v*) adalah 0,25m/det, 0,5m/det, 0,75m/det dan 1m/det.

Simulasi CFD dilakukan untuk mengetahui efek sistem ventilasi alami terhadap distribusi aliran udara di dalam ruang kelas. Simulasi dilakukan pada masing-masing tipe ruang kuliah adalah delapan kali dengan rincian empat kali simulasi posisi pintu ruangan tertutup dan empat kali posisi pintu ruangan terbuka, dengan perlakuan kecepatan input angin masing-masing 0,25m/det; 0,5m/det; 0,75m/det dan 1,00m/det. Distribusi suhu udara dan kecepatan aliran udara ditampilkan berupa potongan kontur disesuaikan dengan besar ruangan, dan posisi bukaan.

Metode Analisis Data

Data hasil simulasi selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode komparasi. Hasil simulasi dibandingkan antara satu perlakuan dengan perlakuan yang lain dan juga antara ruang kelas di ketiga kampus.

Hasil dan Pembahasan

Lokasi obyek penelitian adalah ruang kuliah Kampus Baru FT-Unhas di Kabupaten Gowa, ruang kuliah FT-UMI dan ruang kuliah FT-Unismuh yang terletak di Kota Makassar.

Hasil Pengukuran Iklim Makro

Survey pengambilan data iklim dilakukan pada tanggal 16 April 2016. Pada umumnya kondisi cuaca pada hari itu cerah. Data iklim lingkungan pada hari tersebut diperoleh dari alat Vaisala yang berstasiun di Gedung Arsitektur, Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Kondisi cuaca pada saat pengukuran adalah sebagai berikut: temperatur udara luar dari jam 06:00-18:00 WITA, berkisar 26,5°C-32,5°C, dengan rata-rata 30,27°C. Kelembaban relatif berkisar 46,07-76,58%, dengan rata-rata 61,33%. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan pada hari yang cukup panas.

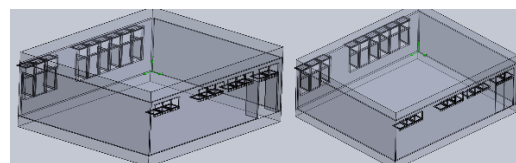
Hasil Pengukuran Iklim Mikro

Pengukuran iklim mikro pada ruang kelas FT-Unhas, Kampus Gowa dilakukan pada hari Sabtu 16 April 2016. Pengukuran dilakukan pada 2 tipe kelas yang ventilasi sisi luar berorientasi ke arah Utara. Luas kelas tipe-1 (96,75m²), luas kelas tipe-2 (63,0m²), dengan tinggi plafond (3,0m).

Kondisi iklim mikro pada Ruang Kuliah FT-Unhas pada pukul 08:30 WITA Temperatur 28°C, kecepatan angin 0,38m/det, Kelembaban relatif udara 70,03%, dengan besar radiasi permukaan dinding dan plafond diasumsikan 12,86 watt/m².

Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas FT-Unhas

Gambar 4, memperlihatkan bukaan pada ruang kuliah FT-Unhas tipe-1 dengan pintu tertutup dan terbuka. Bukaan jendela ada enam buah dan jendela kaca mati tiga buah. Semua *bovenlich* terbuka maksimal.

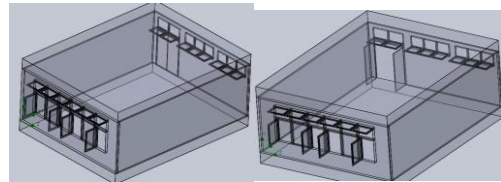


Gambar 4. Ruang Kuliah FT-Unhas tipe-1

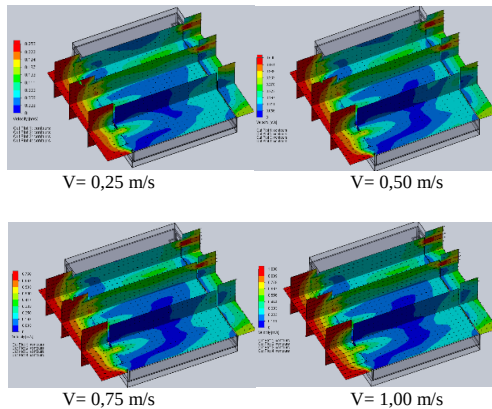
Gambar 5 dan 6 memperlihatkan hasil simulasi eksisting dengan pintu tertutup dan terbuka pada ruang kuliah FT-Unhas tipe-1. Distribusi kecepatan udara dan temperatur dalam ruangan berupa potongan kontur tampak vertikal (*Z*=1,2 m), (*Z*=3,9 m), (*Z*=7,3 m), dan tampak atas/horizontal (*Y*=1,1 m).

Terlihat kecepatan udara ruangan cukup baik pada area atas ruangan untuk mengalirkan udara panas yang biasa bertumpuk di sekitar *plafond*, namun untuk area efektif yang dipakai beraktifitas belajar dalam kondisi duduk, aliran udara masih belum memenuhi standar nyaman. Aliran yang baik terjadi pada potongan *Z*=3,9m kecepatan

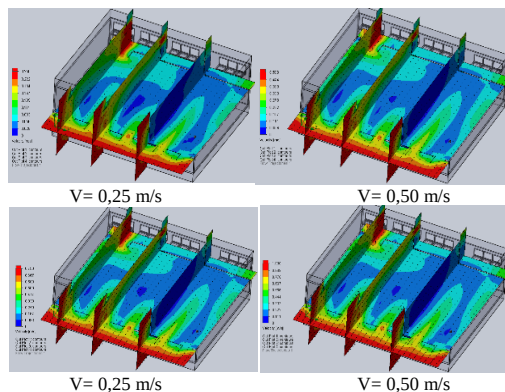
udara rata-rata diatas 0,5m/det, ini disebabkan posisi *inlet* dan *outlet* sejajar. Distribusi temperatur dalam ruangan masih terlihat panas dalam ruangan yang terperang-kap terutama pada bagian *plafond*, sekitar lantai dan sisi dinding depan dan belakang kelas terutama pada *velocity inlet* rendah 0-0,50m/det.



Gambar 7. Ruang Kuliah FT-Unhas tipe-2



Gambar 5. Distribusi kecepatan udara existing RK FT-Unhas Tipe-1, pintu tertutup



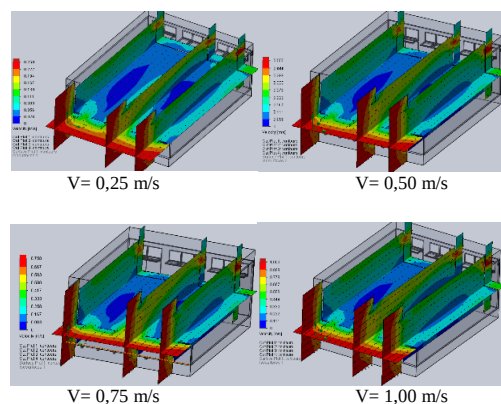
Gambar 6 Distribusi kecepatan udara *existing* RK FT-Unhas

Ukuran ruang kuliah FT-Unhas tipe-1 adalah 10.75m'x9m', Luas bukaan ventilasi dibanding luas lantai untuk pintu tertutup adalah 16,59%, pintu terbuka 19,99%.

Terlihat bahwa jika pintu terbuka distribusi aliran udara lebih baik untuk mendinginkan ruangan.

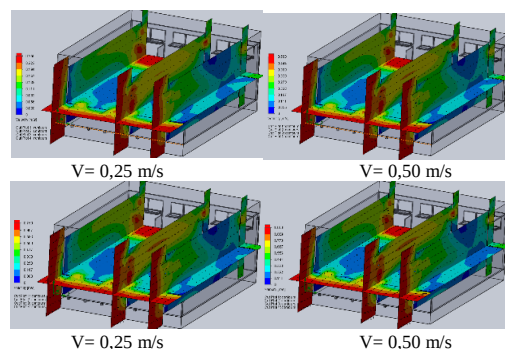
Gambar 7, memperlihatkan bukaan pada ruang kuliah FT-Unhas tipe-2 dengan pintu tertutup dan terbuka. Bukaan jendela ada empat buah dan jendela kaca mati dua buah. Semua bovenlich terbuka maksimal.

Gambar 8 dan 9 memperlihatkan hasil simulasi eksisting dengan pintu tertutup dan terbuka pada ruang kuliah FT-Unhas tipe-2. Terlihat kecepatan udara ruangan cukup baik di hampir semua ruangan. Area yang panas yang tidak dialiri angin yang cukup masih terlihat di ruang dekat lantai terutama pada area dekat sudut jika kecepatan *inlet* 0,25-0,5m/det.



Gambar 8. Distribusi kecepatan udara *existing* RK FT-Unhas Tipe-2, pintu tertutup

Dapat dilihat ruang kuliah FT-Unhas tipe-2, kondisi pintu tertutup lebih bagus dalam dis-tribusi aliran udara untuk mengangkut udara panas dibanding pintu terbuka. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Cherian, 2011; Latif dkk., 2016) bahwa kecepatan udara yang lebih merata di seluruh ruang ketika *outlet* lebih kecil dari pada *inlet*.



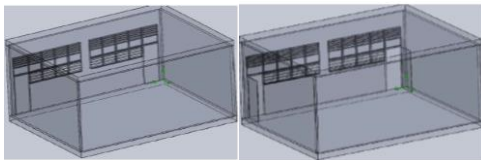
Gambar 9. Distribusi kecepatan udara *existing* RK FT-Unhas Tipe-2, pintu terbuka

Ukuran ruang kuliah FT-Unhas tipe-2 adalah 7,2m x 9m, Luas bukaan untuk pintu tertutup dari luas lantai adalah 17,52%, pintu terbuka 22,76%.

Bila dibandingkan antara ruang kuliah FT-Unhas tipe-1 dan tipe-2, terlihat bahwa sistem ventilasi ruang kuliah tipe-2 dengan luas bukaan 17,52%-22,76% lebih baik untuk pendinginan ruang dibanding dari tipe-1 yang luas bukaannya 16,59%-19,99%. Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya yang merekomendasikan luas bukaan minimal 20% dari luas lantai ruangan seperti yang dilakukan oleh Indrani (2010) dan (Latif dkk., 2014).

Hasil Simulasi Eksisting RK FT-UMI

Gambar 10, memperlihatkan bukaan pada ruang kuliah FT-UMI dengan pintu tertutup dan terbuka. Bukaan ventilasi terdiri dari 8 buah jendela kaca nako dan ventilasi kisi-kisi miring di atas jendela dan pintu.

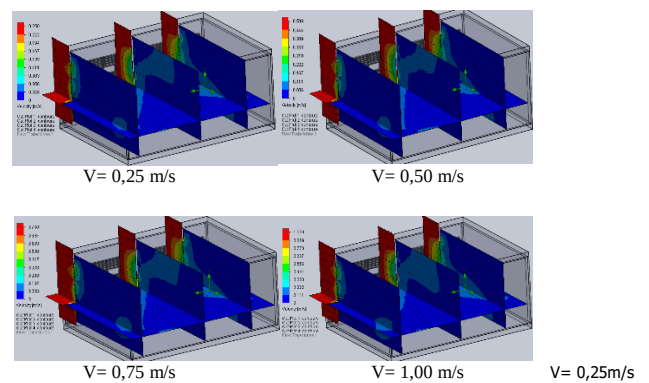


Gambar 10. Ruang Kuliah FT-UMI tipe-1

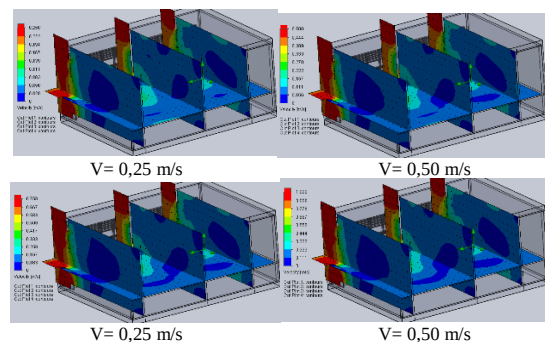
Gambar 11 dan 12 memperlihatkan hasil simulasi eksisting dengan pintu tertutup dan terbuka pada ruang kuliah FT-UMI tipe-1. Distribusi kecepatan udara dan temperatur dalam ruangan berupa potongan kontur tampak vertikal ($Z=1,5$ m), ($Z=4,5$ m), ($Z=8,5$ m), dan tampak atas/horizontal ($Y=1,1$ m). Terlihat kecepatan udara ruangan hampir mendekati nol di hampir semua ruangan, jika *velocity inlet* ditingkatkan menjadi 1m/det, maka ada pergerakan udara sekitar 0,2m/det di sekitar jendela dan pintu.

Simulasi menunjukkan *inlet* terjadi pada kisi-kisi miring ventilasi atas dan *outlet*-nya pada jendela nako. Untuk kondisi pintu terbuka *outlet* terjadi pada pintu bagian bawah.

Kondisi suhu tertinggi pada simulasi ruang kelas tipe-1 sekitar 35°C jika kecepatan *inlet* 0,25m/det dan pintu dalam keadaan tertutup. Kecepatan udara juga sangat minim (mendekati nol). Namun jika kecepatan inlet dinaikkan menjadi 1m/det maka ada penurunan temperatur udara dalam ruangan menjadi 28-29°C.



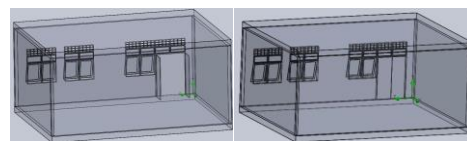
Gambar 11. Distribusi kecepatan udara existing RK FT-UMI Tipe-1, pintu tertutup



Gambar 12. Distribusi kecepatan udara existing RK FT-UMI Tipe-1, pintu terbuka

Hasil Simulasi Eksisting RK FT-Unismuh

Gambar 13 memperlihatkan geometri ruang kuliah FT-Unismuh tipe-1. Bukaan jendela ada enam buah (jendela jungkir terbuka 15°C), dan ventilasi atas. Luas lantai seluruhnya 63m², dengan luas bukaan dengan pintu tertutup 2,88% dan pintu terbuka 7,88%. Bukaan hanya pada satu sisi dinding.

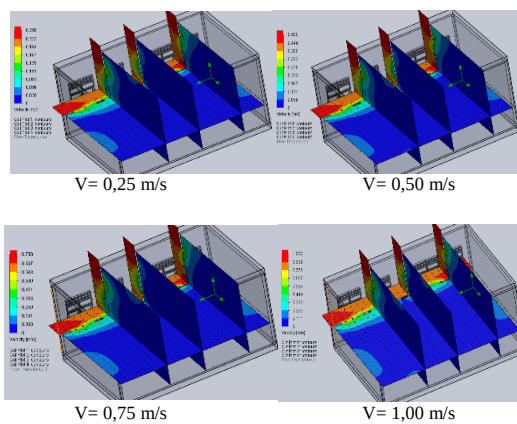


Gambar 13. Ruang Kuliah FT-Unismuh tipe-1

Gambar 14 dan 15 memperlihatkan hasil simulasi distribusi kecepatan udara dalam ruang kuliah FT-Unismuh tipe-1 dengan pintu tertutup dan pintu terbuka. Hasil simulasi menunjukkan kecepatan udara sangat rendah berkisar 0,00-0,33m/det.

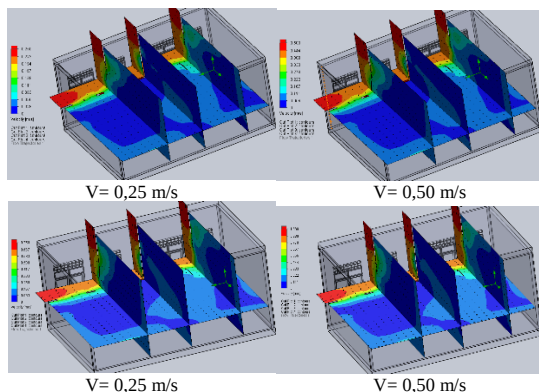
Aliran udara yang berfungsi sebagai *inlet* adalah ventilasi atas bagian tengah dan *output* terjadi pada jendela jungkit dan ventilasi atas bagian pinggir. Temperatur udara dalam

ruang sangat tinggi antara 29,67 dan 33,00°C. Temperatur udara di daerah efektif berkisar 29,67-31,89°C.



Gambar 14. Distribusi kecepatan udara existing RK FT-

Pada kondisi pintu terbuka, hasil simulasi menunjukkan kecepatan udara sangat rendah berkisar 0,00-0,22m/det. Aliran udara yang berfungsi sebagai *inlet* adalah ventilasi atas bagian tengah dan *output* terjadi pada pintu kiri dan kanan. Temperatur udara dalam ruang sangat tinggi antar 28,90-32,00°C. temperature udara di daerah efektif berkisar 28,89-30,22°C.



Gambar 15. Distribusi kecepatan udara existing RK FT-Unismuh Tipe-1, pintu terbuka

Kesimpulan

Posisi dan luas bukaan ventilasi alami sangat menentukan pergerakan udara di dalam ruang kelas. Adanya bukaan pada kedua sisi dinding yang bersebelahan di ruang kelas FT-Unhas memberi dampak yang baik terhadap pergerakan udara di dalam ruang kelas. Karena bukaan seperti ini memungkinkan terjadinya ventilasi silang. Masalah pergerakan udara yang rendah yang dialami pada ruang kelas di FT-UMI dan juga FT-Unismuh disebabkan salah satunya karena bukaan ventilasi yang hanya terdapat pada satu sisi saja, sehingga tidak memungkinkan terjadinya ventilasi silang. Pada kondisi seperti ini jendela yang

terbuka dapat mengurangi pergerakan udara dalam ruangan.

Ucapan terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Dana Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (UPT) Ristek Dikti tahun 2016, sesuai dengan Surat No. 0581/E3/2016, tanggal 24 Februari 2016. Karena itu penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana penelitian tersebut, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan survei, simulasi dan analisis data.

Daftar Pustaka

- Ashgriz, N. dan Mostaghimi, J. (2002). *An introduction to computational fluid dynamics*. Fluid flow handbook. McGraw-Hill Professional.
- Baharuddin, Ishak, M.T. Beddu, S. Yahya, M. (2012). Kenyamanan Termal Gedung Kuliah Bersama Kampus Baru Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. *Prosiding Semesta Arsitektur Nusantara SAN 1*, Malang 12 Desember 2012.
- Busato, L. (2003). *Passive cooling and energy efficient strategies for the design of a hotel on the Southern coast of Pernambuco, Brazil*. LEARN, London Metropolitan University.
- Chenvidyakarn, T. (2007). Passive design for thermal comfort in hot humid climates. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 5 (1): 3-27.
- Cherian, R. (2011). Natural ventilation for high-rise buildings in a hot humid clim. Makalah disajikan dalam *Network for Comfort and Energy Use in Buildings (NCEUB)*, London.
- Geetha, N. dan Velraj, R. (2012). Passive Cooling Methods for Energy Efficient Buildings With and Without Thermal Energy Storage—A Review. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*. 29 (2): 913-946.
- Gratia, E. Bruyere, I. dan De Herde, A. (2004). How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. *Building and Environment*, 39 (10): 1157-1170.
- Huda, L.N. dan Pandiangan, K.C. (2012). Kajian Termal Akibat Paparan Panas dan Perbaikan Lingkungan Kerja. *Jurnal Teknik Industri*. 14 (2): 129-136.
- Indrani, H. C. (2010). Kinerja Ventilasi Pada Hunian Rumah Susun Dupak Bangunrejo Surabaya. *Dimensi Interior*, 6 (1): pp. 9-23.
- Karyono, T.H. (2010). *Green Architecture: Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia*. Rajawali Pers.: Jakarta.
- Kurowski, P.M. (2013). *Thermal Analysis with SolidWorks Simulation 2013*. SDC Publications.
- Kurowski, P.M. (2016). *Thermal Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2016 and Flow Simulation 2016*. SDC Publications.
- Latif, S. (2013). *Rekayasa Pengaliran Udara Untuk Kenyamanan Termal Ruang Dengan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Tesis tidak dipublikasikan. Makassar: Program Pascasarjana Jurusan Arsitektur Universitas Hasanuddin.

- Latif, S. Hamzah, B. & Ihsan, I. (2014). Pengaliran Udara untuk Kenyamanan Termal Ruang Kelas dengan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics. *Sinektika*, 14 (2): 209-216.
- Lechner, N. (2007). *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur*. (Penerjemah, S. Sandriana). PT. Raja Grafindo Persada: Jakarta.
- Liping, W. dan Hien, W. N. (2007). The impacts of ventilation strategies and facade on indoor thermal environment for naturally ventilated residential buildings in Singapore. *Building and Environment*. 42 (12): 4006-4015.
- Raja, I.A. Nicol, J.F. McCartney, K.J. dkk. (2001). Thermal comfort: use of controls in naturally ventilated buildings. *Energy and building*. 33 (3): 235-244