

ABSTRACT

Humans spend 80%-93% of the time indoors. Indoor quality is required to maintain the thermal comfort based on function and activity. The comfort influenced by the number of occupants, air conditioning, and heat transfer. Current research focuses on measuring environmental parameters in the occupant activity area according to ASHRAE 55-2013 and SNI 16-7061-2004 standards. It raises another problem if the measurement location is varied far from the activity area because the thermal distribution at a height will show a significant different. The data obtained is not able to represent the thermal data felt by the occupant.

This study aims to analyze the effect of elevation on thermal distribution and predict the sensor placement. The case study in this research is a classroom with AC system (R15), natural ventilation (R40), and room dimension $324 \text{ m}^2 \leq \text{area} \leq 540 \text{ m}^2$. Stages of research are school area modeling, room characterization, device calibration, insitu measurement, CFD simulation and validation, sensor placement modeling, sensor installation and modeling evaluation. Data analysis method consists of a t-test, sleuths statistics and Gaussian process, and root mean square error.

The sensor calibration results showed that an average error of 3.93% (temperature) 4.49% (RH) and 0.82% (air velocity). R40 measurement data shows that the elevation affects the thermal distribution with a difference of $0.726 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperature), 9.948% (RH) and 0.370 m/s (air velocity). While the difference between R15 is $1.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperature), 1.71% (RH) and 0 m/s (air velocity). The t-test results show the p-value of temperature, RH, and wind speed that is 0.362; 0.102 and 0.584 respectively. It can be concluded that the mean temperature, RH and wind speed show differences but are not significant. The representative sensor placement is in the back wall for both rooms. The PDF (probability density function) value in the R40 is 0.727 (temperature); 0.535 (RH) and 1,000 (air velocity). PDF values in the R15 are 0.739 (temperature) and 0.919 (RH). The difference in temperature and air velocity that occurs for the two PDF values is equal to $0.565 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and 0.015 m/s . RMSE (root mean square error) values for each parameter reached 0.602 (temperature), 1.774 (RH) and 0.122 (air velocity).

Keywords: Thermal comfort, CFD, sensor, Gaussian process, RMSE.

INTISARI

Manusia menghabiskan 80%-93% waktu di dalam ruangan. Kualitas dalam ruangan dibutuhkan untuk mempertahankan kenyamanan termal berdasarkan fungsi dan aktivitas. Kenyamanan dipengaruhi jumlah penghuni, tata udara, dan transfer panas. Penelitian saat ini berkonsentrasi pada pengukuran parameter lingkungan di area aktivitas sesuai standar baku ASHRAE 55-2013 dan SNI 16-7061-2004. Pengukuran tersebut memunculkan masalah lain jika lokasi pengukuran divariasikan jauh dari area aktivitas karena distribusi termal pada ketinggian tertentu menunjukkan perbedaan yang signifikan. Data yang diperoleh tidak mampu mewakili data termal yang dirasakan oleh penghuni.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi fungsi ruang dan menganalisis pengaruh elevasi terhadap distribusi termal dan memprediksi peletakan sensor. Studi kasus pada penelitian ini adalah ruang kelas AC (R15), ventilasi alami (R40), dan dimensi ruang $324 \text{ m}^2 \leq \text{luas} \leq 540 \text{ m}^2$. Tahapan penelitian meliputi pemodelan kawasans sekolah, karakterisasi ruang, kalibrasi alat, pengukuran aktual, pemodelan dan validasi CFD, pemodelan peletakan sensor, instalasi sensor, dan evaluasi simulasi. Metode analisis terdiri atas uji *t-test*, statistik sleuth dan proses Gaussian, dan *root mean square error*.

Hasil kalibrasi sensor menunjukkan bahwa kesalahan rerata 3.93 % (suhu) 4,490% (RH/*relative humidity*), dan 0,820% (angin). Data pengukuran R40 menunjukkan bahwa elevasi mempengaruhi distribusi termal dengan selisih 0,726 °C (suhu); 9,948% (RH); dan 0,370 m/s (angin). Selisih nilai pada R15 mencapai 1,1 °C (suhu), 1,71% (RH), dan 0 m/s (angin). Hasil uji *t-test* menunjukkan *p-value* setiap parameter suhu, RH, dan kecepatan angin yaitu 0,362; 0,102; dan 0,584. Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai rerata suhu, RH, dan kecepatan angin menunjukkan perbedaan tetapi tidak signifikan. Posisi sensor yang representatif berada di area dinding belakang untuk kedua ruangan. Nilai PDF (*probability density function*) pada ruang R40 adalah 0,727 (suhu); 0,535 (RH), dan 1,000 (angin). Nilai PDF pada ruang R15 yaitu 0,739 (suhu) dan 0,919 (angin). Selisih suhu dan kecepatan angin yang terjadi pada kedua nilai PDF tersebut yaitu sebesar 0,565 OC dan 0,015 m/s. Nilai RMSE setiap parameter mencapai 0,602 (suhu); 1,774 (RH); dan 0,122(angin).

Kata kunci – Kenyamanan termal, CFD, sensor, proses Gaussian, RMSE.