

## PENGARUH KECEPATAN ALIRAN UDARA TERHADAP TINGKAT KENYAMANAN TERMAL DI RUANG KULIAH

*Baharuddin, Muhammad Taufik Ishak, Asniawaty*

Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

E-mail: baharsyah@yahoo.com

### **Abstract**

*The aim of this research was to investigate the effect of air velocity on the thermal comfort of occupants (students) in the naturally ventilated classroom. The research was carried out using experimental method. The data were collected from survey and field measurements. A survey collected the thermal sensation votes, thermal comfort votes, thermal preference, air velocity vote and preference of 20 students which was involved in 78 questionnaires. At the same time, field measurements were carried out to collect the four thermal environmental index performances i.e. air temperature, relative humidity, air velocity, and mean radiant temperature (MRT). The results of the research show that eventhough the indoor air temperature fluctuated from 27°C to 32°C, most of respondents (67%) felt comfortable (vote -1 to +1 of ASHRAE scale). The reason for respondents feel comfortable was the existence of air velocity between 0.25 m/s and 1.0 m/s. If the air velocity exceed 1.0 m/s, respondents have started to feel uncomfortable. Therefore, it can be concluded that air velocity play important role in determining the thermal comfort of respondents (students).*

**Keywords:** *thermal comfort, air temperature, air velocity, relative humidity, MRT*

### **PENDAHULUAN**

Kenyamanan termal didefinisikan sebagai kondisi pikiran yang menyatakan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Hal ini berarti kenyamanan termal sangat dipengaruhi oleh kondisi orang dan lingkungan sekitarnya. Kondisi orang berhubungan dengan kondisi psikologi dan fisiknya, dalam hal ini dipengaruhi oleh aktifitas yang dilakukan dan pakaian yang digunakan. Sedangkan lingkungan termalnya dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang meliputi: temperatur udara, kelembaban udara relatif, kecepatan aliran udara dan temperatur permukaan (Fanger, 1970).

Standar kenyamanan termal seperti ASHRAE standard 55 (ASHRAE, 2004) dan ISO7730 (ISO, 1995) telah banyak digunakan sebagai standar kenyamanan termal di berbagai negara. ASHRAE standard 55 menggunakan skala 7-poin guna mengukur sensasi termal yang dirasakan (*thermal sensation vote* (TSV)). Ke 7-poin menurut skala ASHRAE ini diberi nilai +3 (*hot*=panas), +2 (*warm*=hangat), +1 (*slightly warm*=agak hangat), 0 (*neutral*=netral), -1 (*slightly cool*=agak sejuk), -2 (*cool*=sejuk), dan -3 (*cold*=dingin). Standar ini lebih banyak digunakan untuk ruangan dengan pengkondisian buatan (*air conditioning* (AC)).

Guna memperediksi kenyamanan termal yang dirasakan oleh penghuni dalam ruangan, Fanger (1970) mengusulkan metode *Predicted Mean Vote* (PMV). PMV dihitung berdasarkan parameter lingkungan berupa: temperatur udara dan temperatur permukaan (*radiant temperature*), kelembaban relatif, dan kecepatan aliran udara; dan parameter personal yang meliputi aktifitas (*metabolic rate*) dan pakaian yang digunakan (*clo*). Nilai PMV yang dihitung akan menghasilkan nilai seperti pada ASHRAE yaitu: nilai +3 (panas), +2 (hangat), +1 (agak hangat), 0 (netral), -1 (agak sejuk), -2 (sejuk), dan -3 (dingin).

Begitu banyak penelitian telah dilakukan, baik di dalam ruangan yang melibatkan berbagai fungsi bangunan, maupun di luar ruangan (Buratti & Ricciardi, 2009; Corgnati, Ansaldi, & Filippi, 2009; Corgnati, Filippi, & Viazzo, 2007; Hwang, Lin, & Kuo, 2006; Kwok & Chun, 2003; Mors, Hensen, Loomans, & Boerstra, 2011; Teli, Jentsch, & James, 2012), termasuk di daerah tropis, yaitu di Singapura (Wong & Khoo, 2003), di Jakarta (Karyono, 1993; 2000), dan di Jogjakarta (Feriadi dan Wong, 2004).

Dari penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada ruangan dengan ventilasi alami hubungan antara nilai-nilai PMV yang dihitung dari parameter lingkungan dan parameter personal, sebagaimana diusulkan oleh Fanger (1970) berbeda dengan nilai TSV yang dipilih oleh responden. Sehingga PMV ini tidak cocok dijadikan

metode untuk memprediksi kenyamanan termal yang dirasakan pengguna pada ruangan dengan ventilasi alami, seperti yang telah diteliti oleh Feriadi dan Wong (2004).

Selain penelitian tersebut di atas, beberapa studi belakangan ini menunjukkan adanya hubungan positif antara kualitas ruangan (termasuk di dalamnya kondisi lingkungan termal) dengan prestasi siswa (Mendell & Heath, 2005; Sensharma, Woods, & Goodwin, 1998). Karena itu kenyamanan termal menjadi suatu hal yang sangat penting diperhatikan pada ruang kuliah, demi tercapainya proses belajar yang kondusif dan memberi hasil yang memuaskan bagi peserta didik (mahasiswa).

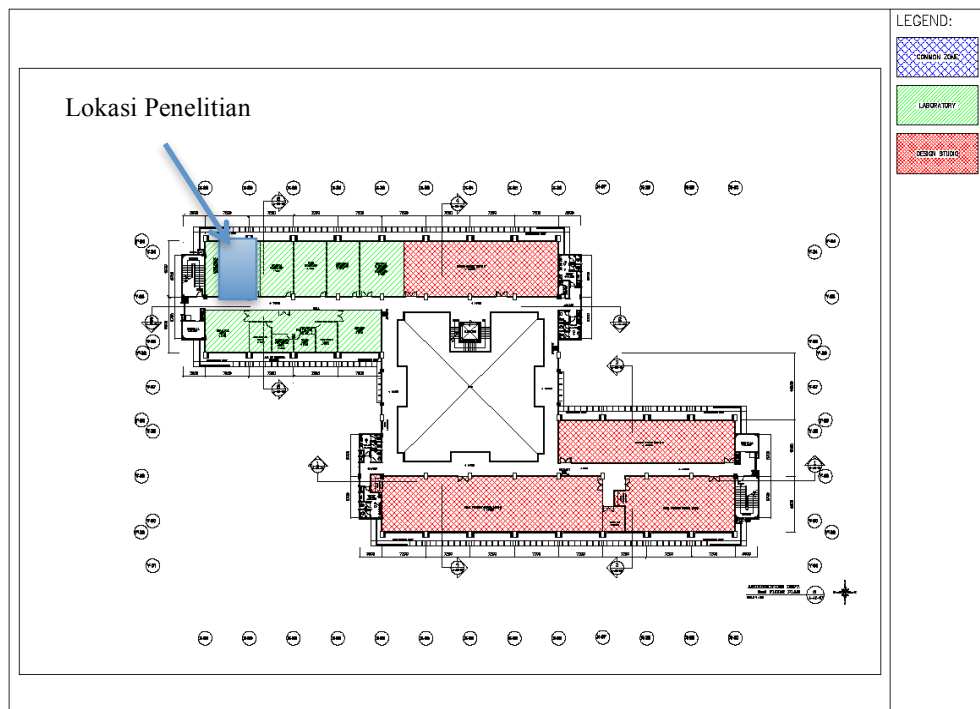
Selama dua tahun (2012-2013), penulis telah melakukan penelitian tentang pemetaan kenyamanan termal di gedung kuliah Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (FT-UH) Kampus Gowa. Hasil tahun pertama (2012) menunjukkan bahwa terdapat ketidaknyamanan termal mahasiswa baik yang berada di ruang lobby maupun di ruang kelas (Baharuddin, dkk, 2012). Hasil penelitian tahun kedua (2013), memperlihatkan tingkat temperatur udara yang tinggi (mencapai 32°C), baik pada ruangan yang menggunakan penghawaan alami, maupun yang menggunakan pengkondisian buatan. Namun demikian, kebanyakan responden masih memilih tingkat kenyamanan di zona +1, 0 dan -1 (Baharuddin, dkk, 2013). Hal ini menimbulkan pertanyaan, mengapa pada temperatur udara yang tinggi, mahasiswa masih merasa nyaman? Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kenyamanan termal ini? Karena itu mulai tahun 2014, dilakukan penelitian dengan metode eksperimen guna mengkaji fenomena ini. Sebagian hasil penelitian ini akan dipaparkan dalam artikel ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kecepatan aliran udara dalam ruangan terhadap tingkat kenyamanan termal pengguna (responden). Analisis data difokuskan pada hasil pengukuran dan survei yang dilakukan di ruangan dengan ventilasi alami.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan obyek penelitian

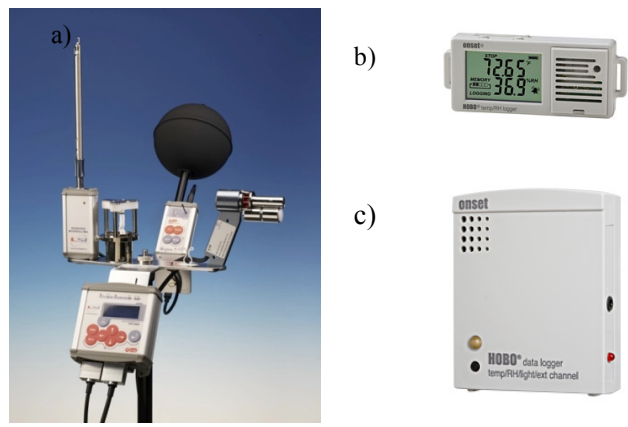
Penelitian ini telah dilaksanakan di Ruang Workshop Termal, Laboratorium Sains dan Teknologi Bangunan, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Ruang workshop ini terletak di lantai 3/F Gedung Jurusan Arsitektur, Kampus FT-Unhas Gowa (Gambar 1). Kampus Gowa terletak di Km. 6 Jalan Poros Sungguminasa – Kota Malino.



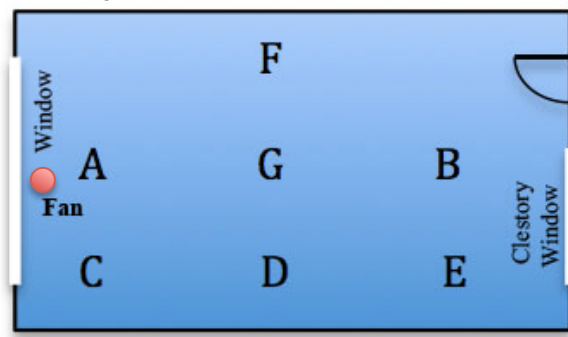
Gambar 1. Lokasi Penelitian di Kampus FT-Unhas Gowa

**Alat ukur yang digunakan dan penempatannya di dalam ruang**

Gambar 2 memperlihatkan alat ukur yang digunakan pada penelitian ini. Alat ukur yang digunakan terdiri atas: (a) 1 set LSI-LASTEM Multi Logger, (b) 4 buah HOBO UX100 datalogger, dan (c) 2 set HOBO U12 datalogger (Gambar 2). Penempatan alat-tersebut sesuai dengan lokasinya di Gambar 3. LSI-LASTEM ditempatkan di lokasi G, alat ini mengukur dan merekam data temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan aliran udara dan temperatur radian permukaan. HOBO UX100 ditempatkan di lokasi C, D, E, dan F, alat-alat ini mengukur dan merekam data temperatur udara dan kelembaban udara. Sedangkan HOBO U12 ditempatkan di lokasi A dan B, alat-alat ini mengukur dan merekam data temperatur udara, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan kecepatan aliran udara. Masing-masing satu orang responden duduk didekat alat ukur di lokasi A, B, C, dan E. Sedangkan di lokasi D, F dan G, ditempatkan masing-masing dua responden. Jadi pada saat yang bersamaan, maksimal 10 orang responden dilibatkan dalam setiap eksperimen.



Gambar 2. a) LSI-LASTEM Multi Logger, b) Hobo UX100 datalogger, dan c) Hobo U12 datalogger



Gambar 3. Denah ruangan, dan perletakan alat ukur

**Metode pengambilan dan analisis data**

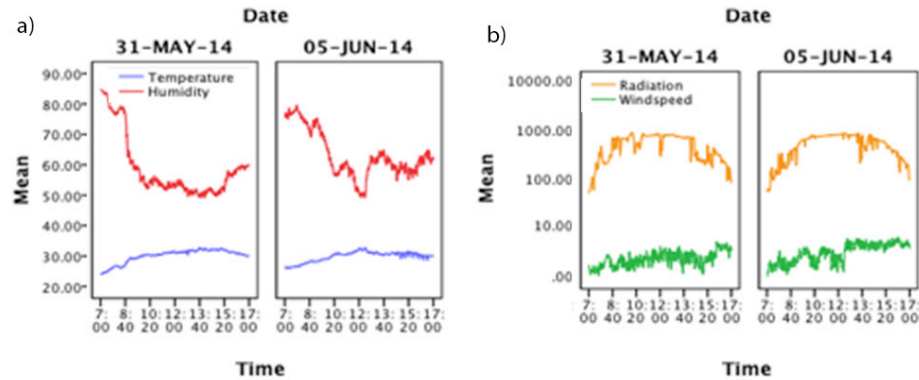
Jenis penelitian adalah penelitian kuantitatif yang menganalisis data hubungan antara pilihan kenyamanan termal, preferensi termal dan preferensi kecepatan aliran udara terhadap kondisi terhadap kondisi termal lingkungan di dalam ruangan. Data kenyamanan termal pengguna diukur dengan menggunakan kuesioner yang diadaptasi dari Wong dan Khoo (2003). Kuesioner Wong dan Khoo (2003) memuat enam pertanyaan sebagai berikut: (1) Bagaimana perasaan anda mengenai kondisi temperatur udara di dalam ruangan ini? (2) Apakah anda merasa nyaman sekarang? (3) Apa yang anda inginkan mengenai temperatur udara? (4) Apakah anda menerima kondisi temperatur saat ini? (5) Bagaimana anda merasakan kecepatan aliran udara saat ini?; dan (6) Bagaimana anda merasakan kelembaban udara saat ini? Peneliti menambah satu variabel dengan pertanyaan: Apa yang anda inginkan dengan aliran udara saat ini? Dengan pilihan jawaban: (a) kecepatan aliran udara ditambah, (b) tidak ada perubahan, atau (c) kecepatan aliran udara dikurangi.

Data yang diperoleh dari survei dan pengukuran lapangan, dikelompokkan dan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak pengolah angka Microsoft Excel dan pengolah data SPSS versi 22.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kondisi Cuaca Luar**

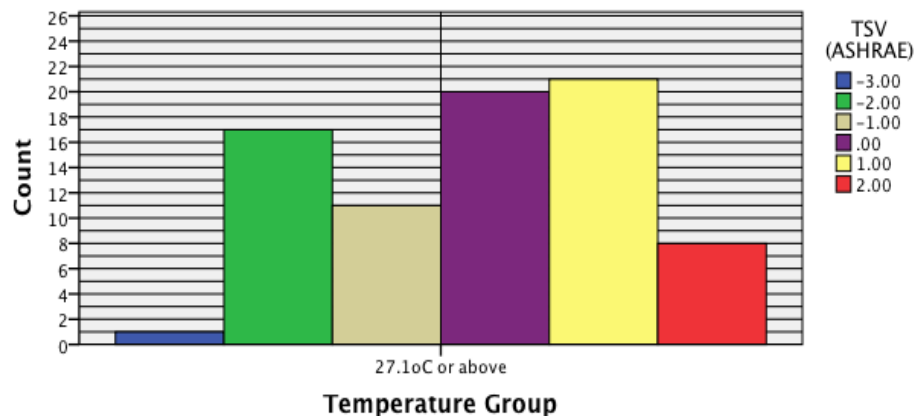
Pada saat eksperimen dilakukan kondisi cuaca di luar ruangan adalah cerah dengan rata-rata temperatur udara berkisar 27-32°C, kelembaban udara relatif 50-80%, tingkat radiasi matahari mencapai 1000w, dan kecepatan angin hingga 8m/s, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pengukuran cuaca luar: a) Temperatur dan kelembaban udara relatif, dan b) Radiasi matahari dan kecepatan angin

**Analisis Kenyamanan Termal pada Ruangan dengan Ventilasi Alami**

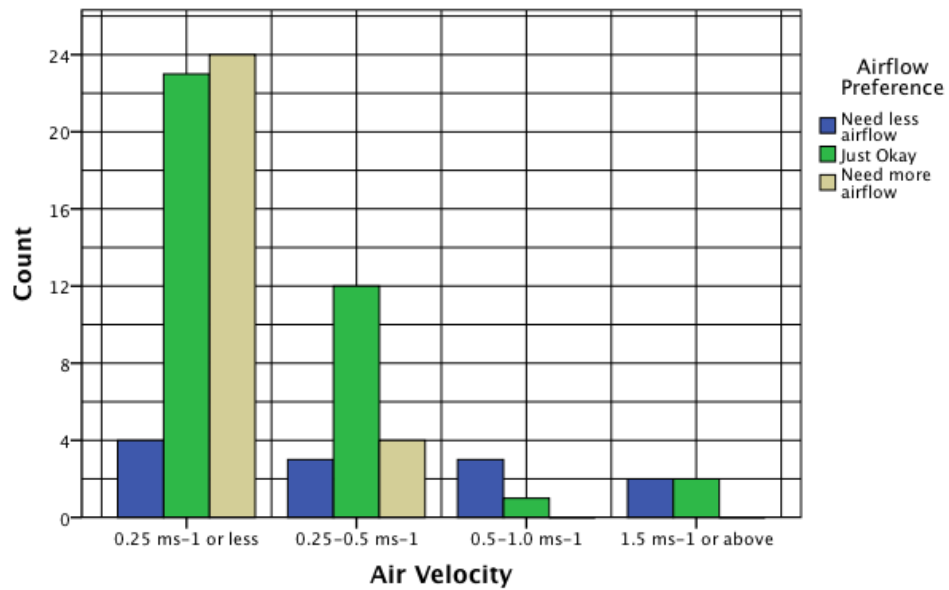
Hasil analisis pengaruh kecepatan aliran udara terhadap kenyamanan termal responden di dalam ruang kelas dapat dilihat pada Gambar 5 sampai dengan 9. Gambar 5 memperlihatkan pilihan sensasi termal (*thermal sensation votes*) dari responden sudah merasakan pada ruangan dengan ventilasi alami. Seperti terlihat pada gambar, sebagian besar (67%) responden sudah merasakan ruangan nyaman, yang ditandai dengan pilihan mereka dari nilai -1 sampai +1. Hanya sekitar 10% responden merasa agak panas (+2). Menariknya pada suhu yang lebih tinggi 27,1°C, ada 18 (23%) responden merasa sejuk (-2) bahkan dingin (-3). Hal ini tentunya menimbulkan pertanyaan dan untuk sementara diduga adanya pengaruh variabel lain yang menyebabkan responden merasa lebih dingin.



Gambar 5. Pilihan sensasi termal (*thermal sensation votes*) responden

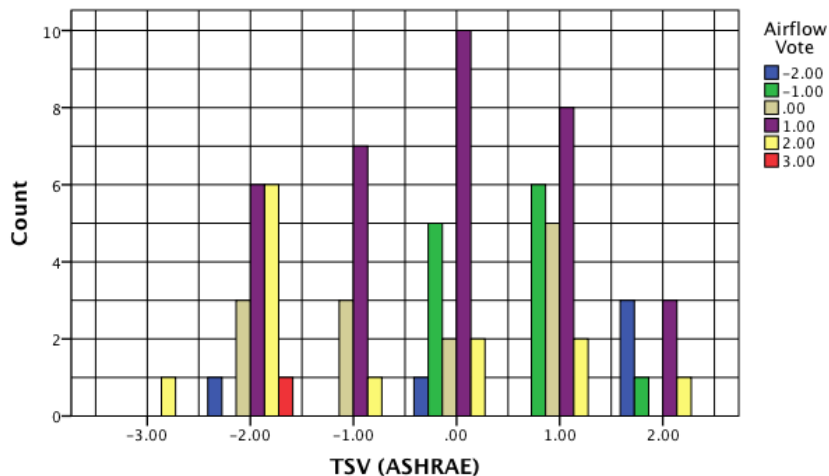
**Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Udara terhadap Kenyamanan Termal**

Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara tingkat aliran udara yang diinginkan (preferensi) terhadap kecepatan aliran udara yang ada dalam ruangan. Seperti terlihat pada gambar, pada kecepatan antara 0 – 0,25 m/det, kebanyakan responden menginginkan adanya tambahan aliran udara. Tapi setelah aliran udara melewati kecepatan 0,5 m/det, maka tinggal sedikit responden yang menginginkan adanya tambahan aliran udara.



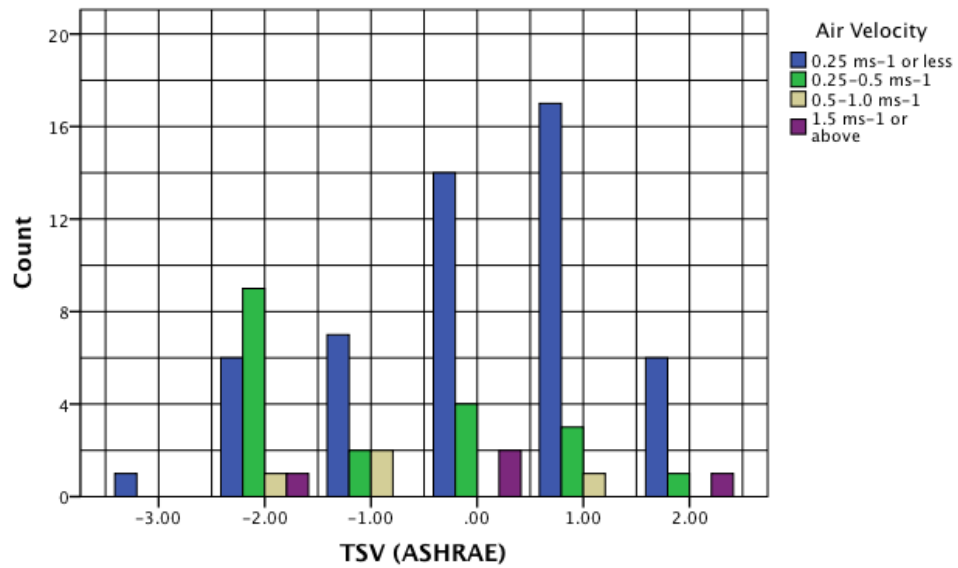
Gambar 6. Hubungan antara tingkat kecepatan aliran udara yang diinginkan (*airflow preference*) dengan kecepatan aliran udara (*air velocity*) dalam ruangan

Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara pilihan aliran udara yang dirasakan dengan TSV (*thermal sensation votes*). Seperti terlihat pada gambar, responden yang memilih TSV netral (0), kebanyakan sudah merasakan adanya aliran udara (nilai *airflow vote* ±1). Bagi mereka yang telah merasakan angin yang lebih kencang (nilai *airflow vote* +2 dan +3) lebih memilih sejuk (-2) bahkan dingin (-3) pada TSV.



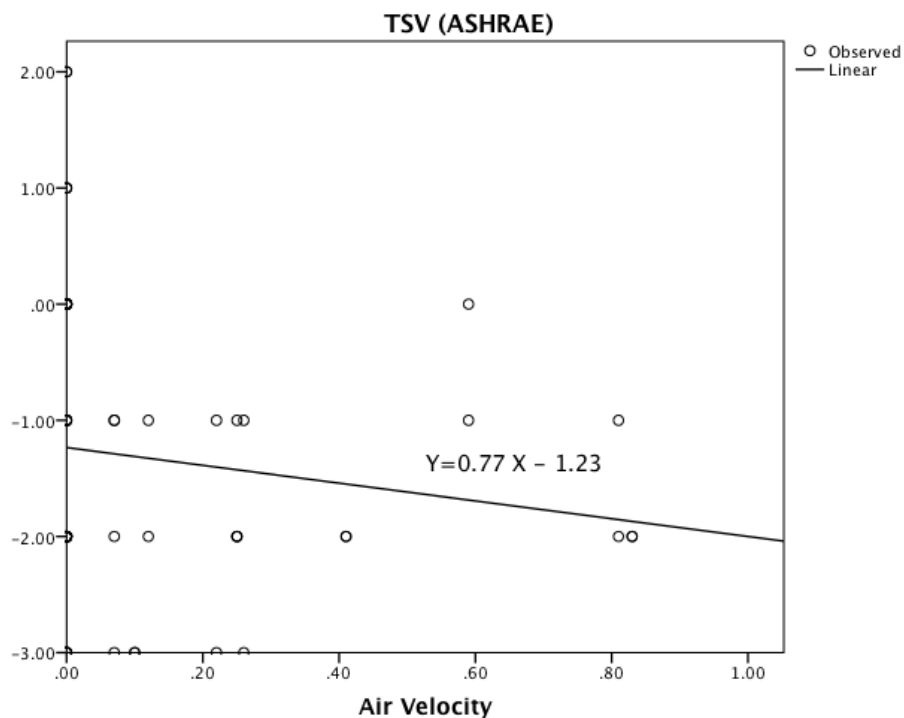
Gambar 7. Hubungan antara *airflow vote* dengan *thermal sensation vote* (TSV)

Gambar 8 memperlihatkan hubungan antara kecepatan aliran udara dan pilihan sensasi termal dari responden. Seperti terlihat pada gambar, kebanyakan responden yang memilih TSV netral (0) dan agak panas (+1), merasakan aliran udara antara 0-0,25 m/det. Namun responden yang merasakan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi cenderung memilih TSV agak dingin (-2).



Gambar 8. Hubungan antara kecepatan aliran udara (*air velocity*) dengan pilihan sensasi termal (*thermal sensation vote*)

Gambar 9 memperlihatkan hubungan regresi linier sederhana antara kecepatan aliran udara dan pilihan sensasi termal (*thermal sensation votes*). Secara umum terlihat bahwa dengan bertambahnya kecepatan aliran udara maka responden merasa lebih dingin. Persamaan regresi liniernya adalah  $Y (TSV) = 0.77 X (\text{kecepatan aliran udara}) - 1.23$ , memberi hubungan negatif (berbanding terbalik).



Gambar 9. Regresi linier antara kecepatan aliran udara (*air velocity*) dengan pilihan sensasi termal (*thermal sensation vote*)

Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan yang erat antara kecepatan aliran udara dan kenyamanan termal pengguna ruangan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan terdahulu dapatlah ditarik kesimpulan bahwa kenyamanan termal responden di dalam ruangan dengan ventilasi alami, sangat ditentukan oleh kecepatan aliran udara. Meskipun temperatur udara melebihi 27°C bahkan mencapai 32°C, sebagian besar responden tetap merasa nyaman. Hal ini terjadi jika di dalam ruangan terdapat aliran udara yang mengenai responden dengan kecepatan tidak melebihi 1m/det. Setelah kecepatan aliran udara melewati 1 m/det, responden mulai merasa tidak nyaman.

Disarankan untuk melakukan penelitian yang melibatkan jumlah responden yang banyak dan dilakukan dalam waktu yang lebih lama untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh dana penelitian yang bersumber dari DIPA Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Tahun 2015. Oleh karena itu sudah sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Dekan beserta seluruh Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas dana yang telah disediakan bagi penelitian ini. Selain itu penulis mengucapkan terima kasih kepada para mahasiswa yang telah terlibat dan membantu pelaksanaan pengambilan data melalui eksperimen dan survei kenyamanan termal, sehingga penelitian ini dapat penulis selesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE (2004) Thermal Environmental Condition for Human Occupancy (ASHRAE Standard 55). ASHRAE: Atlanta US.
- Baharuddin, Ishak, M.T., Beddu, S, & Osman, M.Y. (2013). Analisis Kenyamanan dan Lingkungan Termal pada Ruang Kuliah dengan Ventilasi Alami (Case Study: Kampus II Fakultas Teknik Unhas Gowa). Paper presented at the Semesta Arsitektur Nusantara (SAN) 2 Arsitektur Nusantara Berkelanjutan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Baharuddin, Ishak, M.T., Beddu, S, & Yahya, M. (2012). Kenyamanan Termal Gedung Kuliah Bersama Kampus Baru Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Paper presented at the Semesta Arsitektur Nusantara (SAN) 1, Universitas Brawijaya, Malang.
- Buratti, Cinzia, & Ricciardi, Paola. (2009). Adaptive analysis of thermal comfort in university classrooms: Correlation between experimental data and mathematical models. *Building and Environment*, 44(4), 674-687.
- Corgnati, Stefano Paolo, Ansaldi, Roberta, & Filippi, Marco. (2009). Thermal comfort in Italian classrooms under free running conditions during mid seasons: Assessment through objective and subjective approaches. *Building and Environment*, 44(4), 785-792.
- Corgnati, Stefano Paolo, Filippi, Marco, & Viazzo, Sara. (2007). Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. *Building and Environment*, 42(2), 951-959.
- Fanger, P.O. (1970). *Thermal Comfort—Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Copenhagen.: Danish Technical Press.
- Feriadi, Henry, & Wong, Nyuk Hien. (2004). Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia. *Energy and Buildings*, 36(7), 614-626.
- Hwang, Ruey-Lung, Lin, Tzu-Ping, & Kuo, Nai-Jung. (2006). Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. *Energy and Buildings*, 38(1), 53-62.
- ISO. (1995). *ISO 7730, Moderate Thermal Environments—Determination of the PMV and PPD Indices and Specifications for Thermal Comfort (2nd ed.)*. Geneva, Switzerland.: International Organisation for Standardisation.
- Karyono, Tri Harso. (1993), Higher PMV causes higher energy consumption in air-conditioned buildings: a case study in Jakarta, Indonesia. In F. Nicol, et al. (eds.) *Standard for Thermal Comfort: Indoor Air Temperature Standard for the 21st Century*, Chapman & Hall, London, pp. 2-19-226.

- Karyono, Tri Harso. (2000). Report on thermal comfort and building energy studies in Jakarta—Indonesia. *Building and Environment*, 35(1), 77-90.
- Kwok, Alison G., & Chun, Chungyoon. (2003). Thermal comfort in Japanese schools. *Solar Energy*, 74(3), 245-252.
- Lippsmeier, G. (1994). *Bangunan Tropis*. Alih bahasa Syahmir Nasution. Erlangga. Jakarta.
- Mendell, M.J., & Heath, G.A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, 15, 27-52.
- Sensharma, N.P., Woods, J.E., & Goodwin, A.K. (1998). Relationship between the indoor environment and productivity: a literature review. *ASHRAE Transactions*, 1A, 104.
- Teli, Despoina, Jentsch, Mark F., & James, Patrick A. B. (2012). Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. *Energy and Buildings*, 53(0), 166-182.
- Wong, Nyuk Hien, & Khoo, Shan Shan. (2003). Thermal comfort in classrooms in the tropics. *Energy and Buildings*, 35(4), 337-351.