



Analisis Kenyamanan dan Lingkungan Termal pada Ruang Kuliah dengan Ventilasi Alami (Studi Kasus: Kampus II Fakultas Teknik Unhas Gowa)

Baharuddin¹, Muh. Taufik Ishak¹, Syarif Beddu¹, & Moh. Yoenus Osman²

¹Dosen Prodi Arsitektur, Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

²Dosen Prodi PWK, Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

*baharsyah@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil survei lapangan kenyamanan dan lingkungan termal di dalam ruang kelas pada Gedung Ruang Kelas Bersama yang berlokasi di Kampus Baru Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa dalam rangka mengembangkan indeks kenyamanan termal baru untuk ruang kuliah. Pada tahap penelitian ini, survei lapangan dilakukan untuk mengukur parameter lingkungan termal yaitu, suhu udara, mean radiant temperature (MRT), kelembaban relatif, dan kecepatan udara dan juga mengumpulkan data aktivitas pribadi (tingkat metabolisme) dan sifat pakaian (clo). Pada saat yang sama, responden diminta untuk mengisi kuesioner untuk mendapatkan nilai sensasi termal (TSV) dengan menggunakan skala ASHRAE dan Bedford dan preferensi termal responden. Sebanyak 118 responden yang merupakan mahasiswa dan dosen/asisten Program Studi Arsitektur telah dikutsertakan pada survei ini. Sebelum survei dilakukan, penjelasan singkat kepada responden telah dilakukan untuk memastikan mereka memahami tujuan penelitian ini dan juga bagaimana mengisi kuesioner dengan benar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi termal ruangan pada ruangan dengan ventilasi alami berada di luar zona kenyamanan termal. Namun demikian kebanyakan responden tidak mempermasalahakan hal ini terbukti bahwa mereka memilih nilai yang berada pada zona nyaman (+1, 0, -1) yang berarti *slightly warm*, *neutral*, dan *slightly cool* pada skala ASHRAE atau *comfortably warm*, *comfortable*, dan *comfortably cool* pada skala Bedford.

Kata kunci: kenyamanan termal, ruang kuliah bersama, temperatur udara, kelembaban relatif.

PENDAHULUAN

Pembangunan Kampus Baru Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin merupakan investasi jangka panjang yang sedapat mungkin memberikan kenyamanan termal bagi setiap civitas akademika dalam pelaksanaan aktivitasnya. Kenyamanan termal dalam ruangan akan meningkatkan produktivitas kerja. Sebuah studi lama menyebutkan bahwa ada pengaruh dari kualitas termal suatu ruangan kelas dengan prestasi belajar siswa atau mahasiswa (Pepler & Warner, 1968).

Beberapa studi belakangan ini juga menunjukkan adanya hubungan positif antara kualitas ruangan (termasuk di dalamnya kondisi 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). Hasil dari penelitian tahap I yang telah dipresentasikan pada Seminar SAN 1 di Universitas Brawijaya, memperlihatkan bahwa ada ketidaknyamanan mahasiswa baik di ruang lobby maupun di ruang kelas (Baharuddin, Ishak, Beddu, & Yahya, 2012).

Kenyamanan termal didefinisikan oleh ISO 7730 standard sebagai "*That condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment*" (ISO, 1995). Yaitu suatu kondisi pikiran yang mengungkapkan kepuasan akan kondisi termal lingkungan. Penelitian kenyamanan termal dalam bangunan tropis lembab telah dilakukan di Indonesia pertama kali antara tahun 1936–1940 oleh Mom dan Wiesebron (Soegijanto, 1999). Beberapa penelitian tentang kenyamanan termal telah dilakukan di Jakarta (Karyono, 1993, 2000). Penelitian ini difokuskan pada gedung perkantoran. Selain itu, penelitian yang melibatkan pengukuran obyektif dan survey kenyamanan termal dalam skala yang lebih luas telah dilakukan di Yogyakarta (Feriadi & Wong, 2004). Penelitian ini difokuskan pada perumahan yang menggunakan ventilasi alami.

Penelitian tentang kenyamanan termal di ruang kelas telah dilakukan di berbagai tempat di dunia (Buratti & Ricciardi, 2009; Corgnati, Ansaldo, & 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).

Karyono (2000) juga telah melakukan penelitian mengenai teori adaptasi dan keberlakuannya bagi penentuan suhu nyaman di Indonesia. Menurut Humphreys, Nicol, dan Auliciems yang mencetuskan teori ini (*the Adaptive Model*) didasarkan pada pendekatan model keseimbangan panas (*the heat balance model*) antara tubuh dan lingkungannya, dimana bahwa manusia akan mencapai tingkat kenyamanan suhu apabila terjadi keseimbangan panas (kalor) antara tubuh dan lingkungan sekitarnya. Artinya bahwa panas yang dikeluarkan oleh tubuh sama dengan panas yang diterima dari lingkungan sekitarnya, dimana tubuh tidak perlu melakukan usaha apapun, misalnya berkeringat atau menggigil dalam mencapai kondisi tersebut. Sehingga menurut Humphreys, dan Nicol bahwa faktor adaptasi memegang peranan penting terhadap kenyamanan suhu manusia.

Standar kenyamanan termal seperti ASHRAE standard 55 (ASHRAE, 2004) dan ISO7730 (ISO, 1995) telah banyak digunakan sebagai standar kenyamanan termal di berbagai Negara. Namun standar ini lebih banyak digunakan untuk ruangan dengan pengkondisian buatan (AC). Untuk bangunan dengan pengkondisian alami, standar yang ada tidak cocok digunakan (Feriadi dan Wong, 2004). 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*), +2 (*warm*), +1 (*slightly warm*), 0 (*neutral*), -1 (*slightly cool*), -2 (*cool*), dan -3 (*cold*). Selain itu juga dilakukan survei TSV dengan menggunakan skala Bedford. Skala Bedford lebih dikenal dengan nama respon kenyamanan (*comfort response*). Skala Bedford juga menggunakan 7 poin yaitu nilai +3 (*much too warm*), +2 (*too warm*), +1 (*comfortably warm*), 0 (*comfortable*), -1 (*comfortably cool*), -2 (*too cool*), dan -3 (*much too cool*).

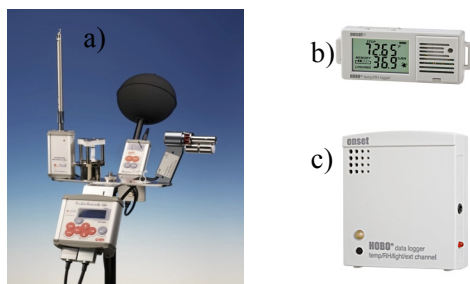
Guna memprediksi kenyamanan termal yang dirasakan oleh penghuni dalam ruangan Fanger (1970) mengusulkan Predicted Mean Vote (PMV). PMV dihitung berdasarkan parameter lingkungan berupa: temperatur udara dan temperatur radiant, kelembaban relatif, dan kecepatan aliran udara; dan parameter personal yang meliputi aktifitas (metabolic rate) dan pakaian yang digunakan (clo).

Hasil penelitian Feriadi & Wong (2004) menunjukkan bahwa prediksi kenyamanan termal menggunakan PMV dari Fanger (1970), menghasilkan nilai yang berbeda dengan nilai TSV yang dirasakan oleh pengguna ruangan (responden). Oleh karena itu, masih dibutuhkan studi-studi sejenis untuk mengungkap kenyamanan termal di Indonesia pada umumnya dan di Makassar pada khususnya.

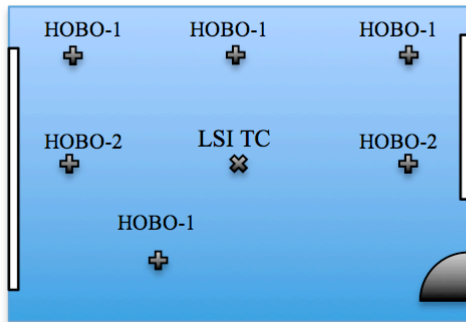
METODE PENELITIAN

Untuk mengetahui kondisi termal dan tingkat kenyamanan termal yang dirasakan oleh penghuni/pemakai bangunan yang telah dihuni lebih dari enam bulan, maka akan dilakukan survei. Survei ini terbagi atas dua bagian, yaitu:

Survei pengukuran obyektif yang meliputi data personal seperti pakaian yang digunakan dan aktifitas yang dilakukan serta pengukuran data parameter lingkungan yang meliputi: temperatur udara, mean radiant temperature (MRT), kelembaban udara relatif, dan kecepatan aliran udara. Peralatan yang digunakan adalah LSI Thermal Comfort Multi Logger (Gambar 2a). Karena terbatasnya alat ini, maka untuk mendapatkan data parameter lingkungan yang cukup, maka digunakan alat HOBO, seperti pada Gambar 2b dan 2c. Alat ukur diletakkan pada posisi seperti Gambar 3 dan diletakkan pada tripod pada ketinggian satu meter di atas permukaan lantai, mengikuti metode yang digunakan oleh Wong dan Khoo (2003).



Gambar 2. Alat ukur: a) LSI thermal comfort, b) Hobo temp/RH logger (HOBO-1), dan c) Hobo temp/RH/Light/External logger (HOBO-2)



Gambar 3. Perletakan alat ukur di ruang kelas

Selain pengukuran obyektif yang mengambil data temperatur, kelembaban dan kecepatan aliran udara, maka dilakukan juga survei pengukuran subyektif, yang mengukur tingkat sensasi termal, respon kenyamanan, preferensi termal, dan tingkat penerimaan kondisi termal yang dirasakan oleh responden. Hal ini dilakukan dengan menggunakan kuisioner survei kenyamanan termal yang diambil dari Wong dan Khoo (2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Responden untuk penelitian ini adalah mahasiswa dan dosen/asisten yang mengikuti perkuliahan di Kampus II Fakultas Teknik Unhas Gowa. Terdiri atas mahasiswa program studi (Prodi) Arsitektur angkatan 2012 dan 2013 serta mahasiswa Program Studi Pertambangan Angkatan 2013. Mahasiswa Prodi Arsitektur mengikuti kuliah di ruangan dengan ventilasi alami, sedangkan mahasiswa Prodi Pertambangan mengikuti kuliah pada ruangan yang ber-AC. Artikel ini hanya memuat hasil dari survei pada ruangan dengan Mahasiswa angkatan 2012, telah menggunakan ruangan ini selama dua semester lebih, sedangkan angkatan 2013, baru sekitar dua bulan. Responden pada umumnya berasal dari berbagai daerah di Sulawesi, khususnya Sulawesi Selatan, namun ada juga beberapa yang berasal dari daerah lain. Responden terdiri dari 79 orang laki-laki dan 39 orang perempuan. Kelompok responden terbesar dari Prodi Arsitektur angkatan 2013 (Tabel 1). Suasana pada saat survei dan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1: Data Responden

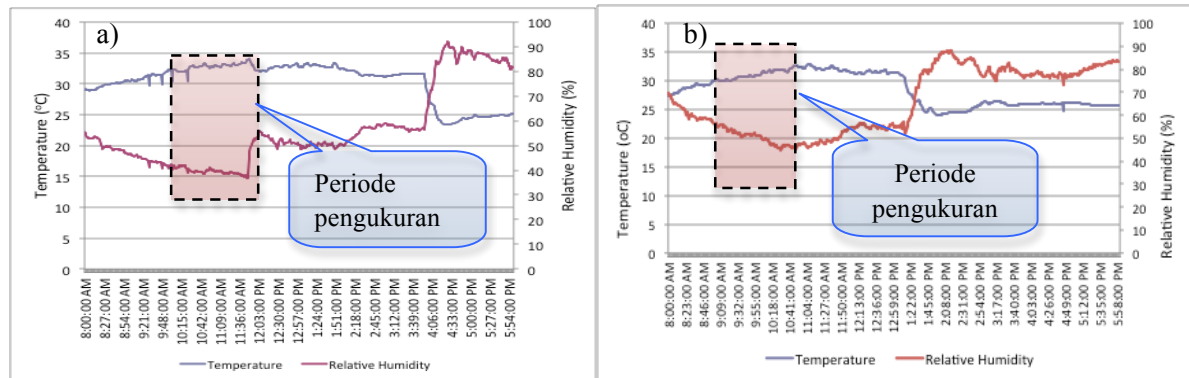
Kelompok	Laki-laki	Perempuan	Jumlah
Prodi Arsitektur Angkatan 2013	50	38	88
Prodi Arsitektur Angkatan 2012	26	1	27
Dosen/Asisten	3	0	3
Total	79	39	118



Gambar 4. Foto-foto saat survei dan pengukuran berlangsung di dalam ruang kelas

Data Cuaca pada Waktu Pengukuran

Kondisi cuaca pada saat pengukuran pada hari Selasa tanggal 22 Oktober 2013 adalah cerah dengan temperatur udara luar lebih 30°C bahkan sempat mencapai 34°C, dengan kelembaban relatif berkisar 40-58%. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan pada hari yang sangat panas. Data radiasi matahari yang mencapai 1000w/m² juga menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan pada kondisi cuaca panas (Gambar 5a).



Gambar 5. Kondisi temperatur dan kelembaban relatif pada 22 dan 29 Oktober 2013.

Gambar 5b memperlihatkan bahwa pada saat pengukuran, temperatur udara luar sudah mencapai 30°C, dengan kelembaban relatif berkisar 50-58%. Pada hari tersebut temperatur tertinggi terjadi pada sekitar jam 11:30, dengan kelembaban relatif kurang dari 50%. Radiasi matahari pada saat pengukuran telah mencapai 800w/m² dan pada waktu puncak, radiasi telah berkisar 1000w/m². Semua parameter ini menunjukkan bahwa pada saat pengukuran dilakukan, kondisi cuaca panas. Hal ini tentunya akan mempengaruhi temperatur udara dalam ruangan.

Kondisi cuaca dalam ruang kelas

Pada penelitian ini telah diukur empat parameter lingkungan yang berhubungan langsung dengan perhitungan PMV (*predicted mean vote*) menggunakan rumus dari Fanger (1970), yaitu temperatur, kelembaban relatif, mean radiant temperature (MRT) dan kecepatan aliran udara. Karena keterbatasan alat ukur, maka tidak semua lokasi dapat diukur MRT dan kecepatan udaranya. MRT hanya diukur pada lokasi G dan dijadikan nilai untuk semua lokasi (lihat Gambar 3). Rata-rata hasil pengukuran parameter lingkungan untuk setiap periode survei dapat dilihat pada Tabel 2.

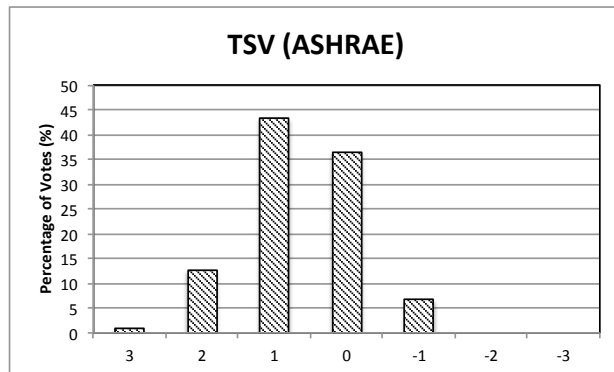
Tabel 2. Rata-rata nilai parameter lingkungan pada ruangan dengan ventilasi alami

Date	Hour	Temp. (°C)	MRT (°C)	Air Velocity (m/s)	Relative Humidity (%)
22/10/2013	10:00-11:00	31.63	25.27	0.05	56.55
22/10/2013	11:15-11:45	31.96	27.10	0.09	52.57
29/10/2013	08:45-09:30	30.75	29.79	0.08	65.21

Thermal Sensation Votes

Thermal sensation vote (TSV) diukur dengan menggunakan tujuh skala ASHRAE, yaitu *hot* (panas, nilai 3), *warm* (hangat, nilai 2), *slightly warm* (agak hangat, nilai 1), *neutral* (netral, nilai 0), *slightly cool* (agak sejuk, nilai -1), *cool* (sejuk, nilai -2) dan *cold* (dingin, nilai -3). Nilai TSV untuk ruang dengan ventilasi alami dapat dilihat pada Gambar 6. Sebagaimana terlihat pada Gambar 6, lebih dari 60% responden memilih nilai 1 (*slightly warm*) sampai 3 (*hot*). Hal ini berarti bahwa, lebih 60% responden merasakan panas dalam ruangan, sementara hanya sekitar 15% penghuni yang memilih -1 (*slightly cool*) dan lebih 20% menyatakan netral. Kalau responden yang memilih nilai +1, 0 dan -1 dianggap memilih kondisi nyaman, maka terdapat lebih dari 80% responden menyatakan kondisi termal ruang berada pada zona

nyaman. Hal ini tentunya sangat berbeda dengan kondisi pengukuran termal yang dilakukan. Kenyataan ini membuktikan bahwa responden lebih toleran terhadap temperatur panas.

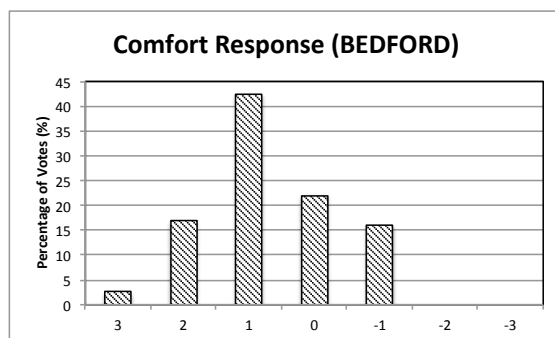


Gambar 6. Persentase sensasi termal (*thermal sensation votes*)

Respon Kenyamanan (*Comfort Response*)

Respon kenyamanan responden sebenarnya mirip dengan pilihan sensasi termal (TSV). Kalau TSV diukur dengan menggunakan skala ASHRAE, maka respon kenyamanan diukur dengan menggunakan skala Bedford. Skala Bedford juga memiliki tujuh poin, yaitu *much too warm* (sangat terlalu hangat, nilai 3), *too warm* (terlalu hangat, nilai 2), *comfortably warm* (nyaman hangat, nilai 1), *comfortable* (nyaman, nilai 0), *comfortably cool* (nyaman sejuk, nilai -1), *too cool* (terlalu sejuk, nilai -2), dan *much too cool* (sangat terlalu sejuk, nilai -3).

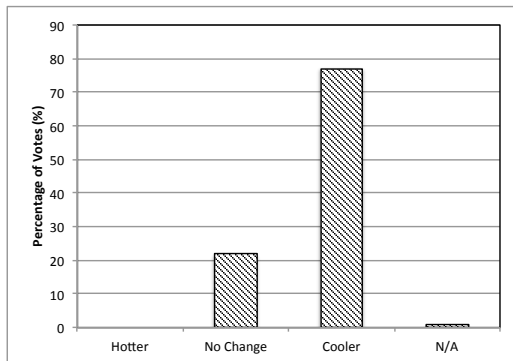
Gambar 7 memperlihatkan respon kenyamanan termal responden pada ruangan dengan ventilasi alami. Dari gambar tersebut terlihat bahwa lebih dari 40% responden memilih *comfortably warm* (1), bahkan ada yang memilih *too warm* (2) dan *much too warm* (3). Yang mengherankan, pada kondisi temperatur jauh di luar zona nyaman, masih ada lebih 20% responden memilih kondisi termal netral (0), bahkan lebih dari 15% responden yang memilih *comfortably cool* (-1). Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara responden memilih nilai 1 di skala Bedford dan ASHRAE. Sebanyak lebih 40% responden pada masing-masing skala memilih nilai 1.



Gambar 7. Persentase respon kenyamanan (*Comfort response*)

Preferensi Termal (*Thermal Preference*)

Pada kuisioner yang menanyakan *thermal preference* (preferensi termal) responden, ditanyakan keinginan responden untuk merubah kondisi termal ruangan. Terdapat tiga pilihan, yaitu *hotter* (lebih panas), *no change* (tidak ada perubahan), dan *cooler* (lebih dingin). Hasil dari kuisioner tersebut disajikan pada Gambar 8.

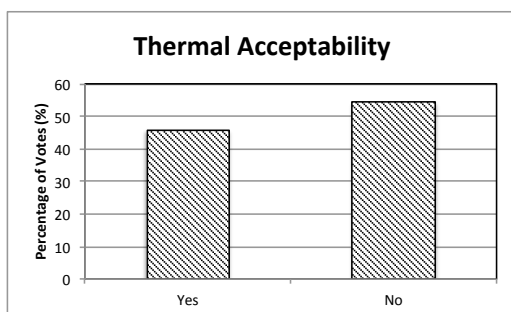


Gambar 8. Persentase respon keinginan (*thermal preference*)

Sebagaimana terlihat pada Gambar 8, lebih dari 70% responden menginginkan kondisi yang lebih dingin dibandingkan dengan temperatur ruangan pada saat survei dilakukan. Yang menarik bahwa ada lebih dari 20% responden menyatakan tidak perlu ada perubahan temperatur, walaupun temperatur udara pada saat pengukuran berkisar dari 30°C – 32°C. Tidak ada satupun responden yang menginginkan ruangnya lebih panas lagi dibandingkan dengan kondisi semula. Hal ini tentunya sesuai dengan kondisi temperatur udara yang tinggi.

Penerimaan Kondisi Termal (*Thermal Acceptability*)

Gambar 9 memperlihatkan perbandingan penerimaan kondisi termal (*thermal acceptability*) pada ruangan. Seperti terlihat pada gambar, terjadi perbedaan antara penerimaan kondisi termal ruangan yang menggunakan ventilasi alami dan yang menggunakan ventilasi buatan. Pada ruang dengan ventilasi alami, 54% responden tidak menerima kondisi termal yang ada. Sebaliknya pada ruangan dengan ventilasi buatan 56% responden tidak menerima kondisi yang ada. Hasil ini agak berbeda dengan kenyamanan termal yang dirasakan oleh responden, dimana lebih 80% memilih pada zona nyaman (+1, 0, -1) pada skala ASHRAE dan Bedford.



Gambar 9. Persentase penerimaan kondisi termal (*thermal acceptability*)

KESIMPULAN

Dari pembahasan terdahulu dapat ditarik kesimpulan bahwa kondisi termal ruang kelas bersama Fakultas Teknik Unhas yang menggunakan penghawaan alami, memperlihatkan adanya temperatur yang tinggi. Pada ruang kelas yang disurvei, sebelum jam 9:00, temperatur sudah mencapai 30°C dan setelah waktu tersebut temperatur bahkan mendekati 32°C. Walaupun hasil pengukuran menunjukkan temperatur yang tinggi, hasil survei kenyamanan pengguna menunjukkan bahwa sebagian responden yang mayoritas mahasiswa baru angkatan 2013, yang baru menggunakan ruangan kuliah ini lebih dari dua bulan tetap merasa nyaman. Lebih dari 80% responden memilih tingkat kenyamanan pada zona nyaman (+1, 0, 1) baik pada sensasi termal (skala ASHRAE) maupun pada respon kenyamanan (Skala Bedford). Untuk mendapatkan nilai hubungan antara *thermal sensation vote* (TSV) dengan *temperature operative*, maka masih dibutuhkan data yang lebih banyak dan bervariasi, sehingga dapat menggambarkan kondisi kenyamanan ruang kelas yang lebih akurat.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Dana BOPTN 2013 alokasi penelitian desentralisasi Universitas Hasanuddin yang dikelola oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) Universitas Hasanuddin, dengan Kontrak No. 110/UN4.42/LK.26/2013 tanggal 4 Juni 2012. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak Universitas Hasanuddin yang telah menyiapkan dana demi pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini, mulai dari tahap proposal, survei, analisis dan pembahasan hasil penelitian, khususnya kepada mahasiswa Sahabuddin, ST. dan Arief.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. 2004. *Thermal Environmental Condition for Human Occupancy (ASHRAE Standard 55)*. ASHRAE: Atlanta US.
- 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.
- BUSCH, J.F. 1990. Thermal responses to the Thai office environment. *ASHRAE Transaction*, 96 (1) pp. 859-872.
- 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. 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.
- 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.
- MORS, SANDER TER, HENSEN, JAN L. M., LOOMANS, MARCEL G. L. C., & BOERSTRA, ATZE C. 2011. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. *Building and Environment*, 46(12), 2454-2461.
- PEPLER, R.D., & WARNER, R.E. 1968. Temperature and learning: an experimental study. *ASHRAE Transactions*, 74(1), 211-224.
- SENSHARMA, N.P., WOODS, J.E., & GOODWIN, A.K. 1998. Relationship between the indoor environment and productivity: a literature review. *ASHRAE Transactions*, 1A, 104.
- SOEGIJANTO. 1999. *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- TELL, 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.