

ANALISIS KENYAMANAN TERMAL SISWA DI DALAM RUANG KELAS (STUDI KASUS SD INPRES TAMALANREA IV MAKASSAR)

Sahabuddin Latif^{1,3}, Ramli Rahim², Baharuddin Hamzah³

¹Mahasiswa Program Doktor Prodi Ilmu Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245 Telp 0411 586015

¹Prodi Arsitektur Universitas Muhammadiyah Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Makassar 90221 Telp 0411 866972

^{2,3}Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245 Telp 0411 586015

Email: sahabuddinlatif@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi tingkat kenyamanan dan preferensi termal pengguna (murid/siswa) di dalam ruang kelas sekolah dasar di Kota Makassar. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang pengambilan datanya melalui survei. Penelitian dilakukan dalam ruang kelas sekolah yang dipilih sebagai studi kasus yaitu SD Inpres Tamalanrea IV Makassar. Adapun data yang diambil meliputi data personal (pakaian dan metabolik rate) serta pengukuran parameter lingkungan: temperatur udara, kelembaban udara, mean radiant temperature (MRT) dan kecepatan aliran udara. Pada saat yang bersamaan murid/siswa diminta mengisi kuisioner yang menanyakan tingkat kenyamanan yang dirasakan penghuni dengan menggunakan thermal sensation vote (TSV) dan thermal comfort vote (TCV). Selain itu responden diminta pula untuk memberi pendapat tentang kondisi termal yang diinginkan (thermal preference), apakah lingkungan termal pada saat itu dapat diterima atau tidak. Pengukuran parameter lingkungan dijadikan referensi untuk menghitung Operative Temperature (OT). Terpilih siswa/murid kelas 4a, 4b, 5a, 5b, 6a dan 6b yang dijadikan sampel penelitian. Hasil pengukuran pada jam 08.00-10.50 WITA menunjukkan temperatur tertinggi 32,52 C dengan kelembaban relatif udara berkisar 60-76%. Walaupun hasil pengukuran menunjukkan temperatur yang tinggi dan lembab, hasil survei kenyamanan pengguna menunjukkan bahwa sebagian responden tetap merasa nyaman. Hal ini barangkali diakibatkan oleh karena responden sudah terbiasa dengan temperatur yang ada. Hasil model TSV dan model TCP dari penelitian ini sangat jauh perbedaannya, maka disarankan untuk melakukan penelitian tambahan dengan data yang lebih banyak lagi dan sebelum pengisian kuisioner, responden sudah harus memahami dengan baik makna dari istilah-istilah yang di pakai.

Kata kunci: Kenyamanan Termal; Preferensi; Sensasi; Sekolah Dasar

Pendahuluan

Kenyamanan termal dalam ruangan akan meningkatkan produktivitas kerja, tidak terkecuali bagi ruang kelas yang digunakan sehari-hari oleh murid-murid/siswa-siswa dalam menuntut ilmu. Sebuah studi lama menyebutkan bahwa ada pengaruh dari kualitas termal suatu ruangan kelas dengan prestasi belajar siswa (Pepler & Warner, 1968). Karena itu kenyamanan termal menjadi suatu hal yang sangat penting diperhatikan pada ruang kelas, demi tercapainya proses belajar yang kondusif dan memberi hasil yang memuaskan bagi peserta didik. 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).

Standar kenyamanan termal seperti ASHRAE standard 55 (ASHRAE, 2004) dan ISO7730 (ISO, 1995) telah banyak digunakan sebagai standar kenyamanan termal diberbagai negara. Namun standar ini lebih banyak digunakan untuk ruangan dengan pengkondisian buatan (AC). Pada bangunan dengan pengkondisian alami, standar yang ada tidak cocok digunakan (Ferjadi dan Wong, 2004).

Guna memperediksi 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, kecepatan aliran udara, dan parameter personal yang meliputi aktifitas (metabolic rate) serta 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.

Sesuai dengan peta jalan penelitian di Laboratorium Sains dan Teknologi Bangunan, Jurusan Arsitektur, Universitas Hasanuddin, dimana pengusul bergabung maka telah dilaksanakan penelitian tentang kenyamanan termal yang dilaksanakan bersama dengan tim dan mahasiswa. Dari tahun 2012, pengusul bersama tim dan mahasiswa telah melakukan penelitian tentang kenyamanan termal, khususnya pada ruang kuliah di Kampus Fakultas Teknik Unhas Gowa. Hasil penelitian tahun 2012 menunjukkan ada ketidaknyamanan mahasiswa baik di ruang lobby maupun di dalam ruang kelas Gedung Kuliah FT-Unhas Gowa. Hasil penelitian ini telah dipresentasikan pada seminar nasional Semesta Arsitektur Nusantara (SAN) 1 dengan judul “Kenyamanan Termal Gedung Kuliah Bersama Kampus Baru Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin” (Baharuddin, dkk, 2012).

Hasil penelitian tahun 2013 memperlihatkan tingkat temperatur udara yang tinggi, baik pada ruangan yang menggunakan penghawaan alami, maupun yang menggunakan pengkondisian buatan (AC). Namun demikian, kebanyakan responden (mahasiswa) tetap memilih tingkat kenyamanan di zona +1, 0 dan -1. Hasil penelitian ini telah dipresentasikan di seminar nasional Semesta Arsitektur Nusantara (SAN) 2 di Universitas Brawijaya, dengan judul “Analisis Kenyamanan dan Lingkungan Termal pada Ruang Kuliah dengan Ventilasi Alami (Studi Kasus: Kampus II Fakultas Teknik Unhas Gowa)” (Baharuddin, dkk, 2013). Sedangkan hasil penelitian tahun 2014 menunjukkan bahwa responden (mahasiswa) cenderung lebih toleran terhadap panas pada ruang kelas dengan ventilasi alami. Mereka akan tetap nyaman walaupun temperatur sekitar 31oC. Pada ruang kelas dengan ventilasi buatan (AC), banyak responden (mahasiswa) yang tidak nyaman dengan suhu yang lebih rendah. Hasil penelitian ini telah dipresentasikan di seminar internasional SENVAR dengan judul makalah “The Effect of Environmental Factors on the Thermal Comfort of Occupants in Building Interior” (Baharuddin dkk., 2014).

Berdasarkan uraian di atas maka dibutuhkan penelitian yang dapat mengungkap kondisi lingkungan termal dan tingkat kenyamanan termal yang dirasakan oleh murid-murid/siswa-siswa di sekolah-sekolah dasar dan menengah, serta faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan termal murid/siswa tersebut. Hasil-hasil penelitian ini akan dijadikan sebagai dasar perencanaan ruang kelas yang nyaman bagi siswa sekolah dasar dan menengah.

Metode

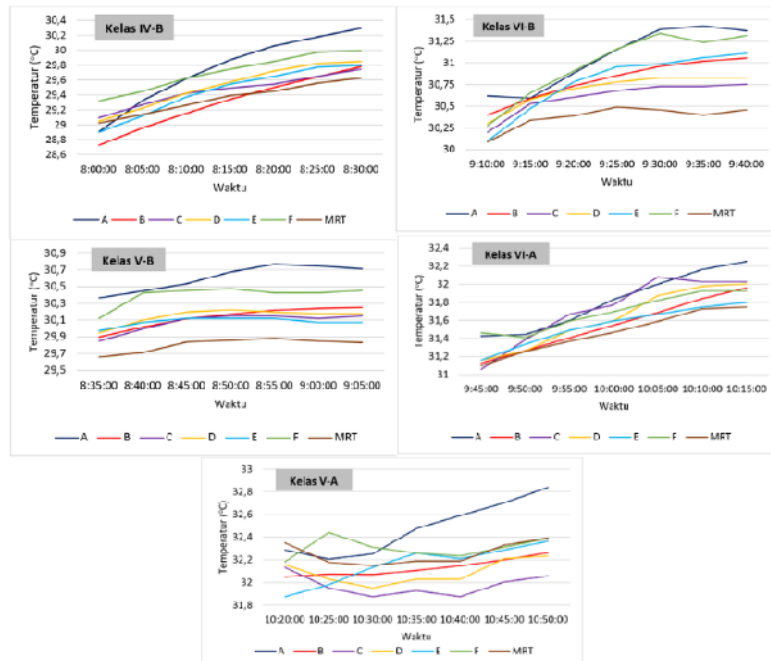
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang pengambilan datanya melalui survei. Penelitian dilakukan dalam ruang kelas dari sekolah yang dipilih sebagai studi kasus yaitu SD Inpres Tamalanrea IV Makassar. Adapun data yang diambil meliputi data personal (pakaian dan *metabolic rate*) dan pengukuran parameter lingkungan: temperatur udara, kelembaban udara, *mean radiant temperature* (MRT) dan kecepatan aliran udara. Pada saat yang bersamaan murid/siswa diminta mengisi kuisioner yang menanyakan tingkat kenyamanan yang dirasakan penghuni dengan menggunakan *thermal sensation vote* (TSV) dan *thermal comfort vote* (TCV). Selain itu responden diminta pula untuk memberi pendapat tentang kondisi termal yang diinginkan (*thermal preference*), apakah lingkungan termal pada saat itu dapat diterima atau tidak. Pengukuran parameter lingkungan dijadikan referensi untuk menghitung *Operative Temperature* (OT).

Hasil dan Pembahasan

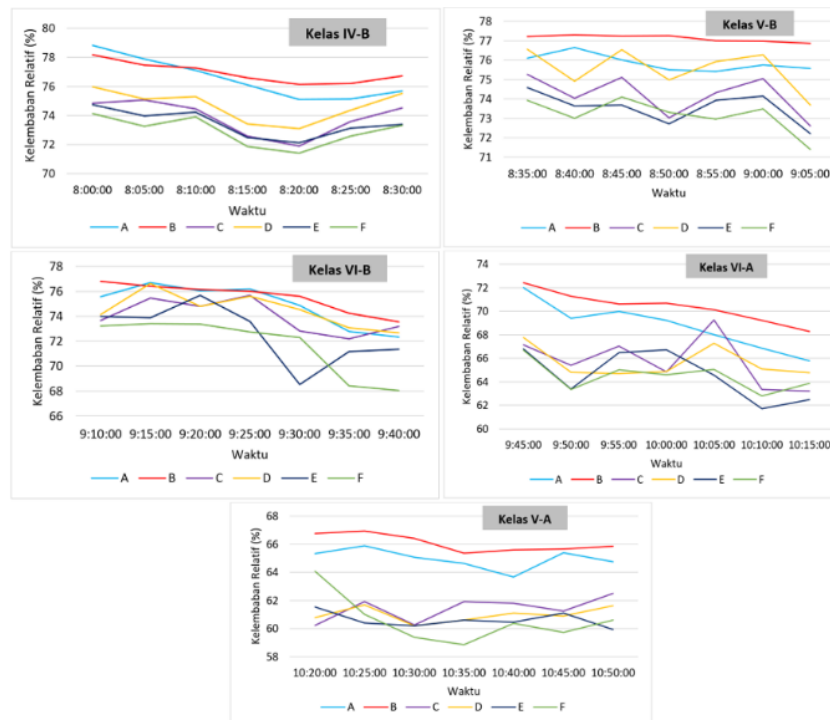
Hasil pengukuran iklim mikro

Hasil pengukuran temperatur di kelas IV-B, V-B, VI-B, VII-B dan VIII-B dapat dilihat pada Gambar 1. Temperatur udara didalam kelas pada pengukuran tanggal 30 April 2016 jam 08.00-10.50 menunjukkan rata-rata 30,89°C dengan nilai maksimum 32,52°C dan nilai minimum 29,40°C hal ini menunjukkan bahwa temperatur di ruang kelas ini jauh diatas zona kenyamanan termal. Sehingga bisa disimpulkan bahwa kondisi kenyamanan termal di ruang-ruang kelas SD Inpres Tamalanrea IV diatas zona kenyamanan termal, jika dibandingkan standar SNI T-14-1993-03 yaitu 20,5-27,1°C.

Hasil pengukuran kelembaban udara di kelas dapat dilihat pada Gambar 2. Kelembaban udara didalam kelas menunjukkan rata-rata 70,41% dengan nilai maksimum 77,18% dan nilai minimum 60,58% hal ini menunjukkan bahwa kelembaban udara di ruang kelas ini jauh diatas zona kenyamanan termal. Sehingga bisa disimpulkan bahwa kondisi kenyamanan termal di ruang-ruang kelas SD Inpres Tamalanrea IV sudah cukup nyaman jika ditinjau dari standar kelembaban relatif menurut SNI T-14-1993-03 yaitu 50-80%.

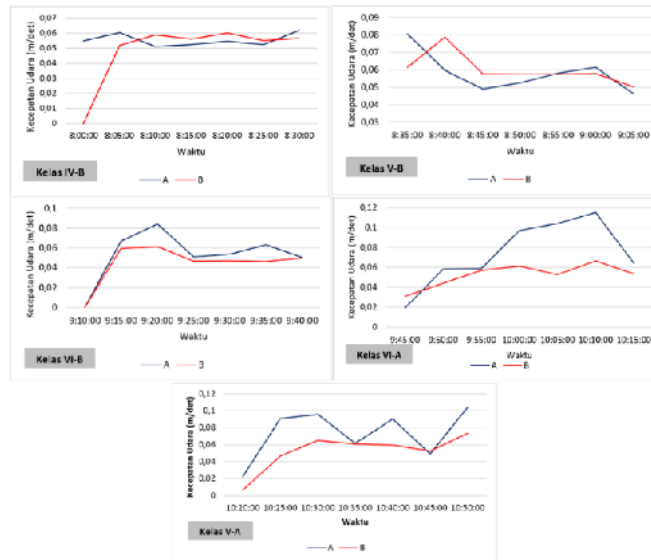


Gambar 1. Hasil Pengukuran Temperatur di Ruang Kelas



Gambar 2. Hasil Pengukuran Kelembaban Relatif di Ruang Kelas

Hasil pengukuran kecepatan aliran udara di kelas dapat dilihat pada **Gambar 3**. Kecepatan aliran udara di dalam kelas menunjukkan rata-rata 0,06m/det dengan nilai maksimum 0,08m/det dan nilai minimum 0,05m/det hal ini menunjukkan bahwa kecepatan aliran udara di ruang kelas ini sangat minim sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi kenyamanan termal di ruang-ruang kelas SD Inpres Tamalanrea IV dibawah zona kenyamanan termal bila ditinjau dari standar kecepatan aliran udara (0,1-1,5m/det, menurut Vector Olgay dalam Lippsmeier, 1995).



Gambar 3. Hasil Pengukuran Kecepatan udara di Ruang Kelas

Hasil survei responden

Hasil survei karakteristik responden dapat dilihat pada Tabel 1. Persentasi dari subyek penelitian yang terdiri dari variabel kelompok umur, jenis kelamin, pakaian yang dipakai, dan posisi duduk. Jumlah total responden 160 orang, terdiri dari 81 (50,6%) laki-laki dan 79 (49%) perempuan. Umur responden antara 9 hingga 14 tahun dengan persentase terbanyak 10 tahun (25,6%), 11 Tahun (31,9%), dan 12 tahun (30,3%). Pakaian yang dipakai oleh responden yaitu pakaian peramuka 81 orang (50,6%), pakaian olahraga 31 orang (19,4%) dan pakaian pramuka+jilbab 48 orang (30%). Posisi duduk responden ditentukan berdasarkan kedekatannya dengan titik alat ukur.

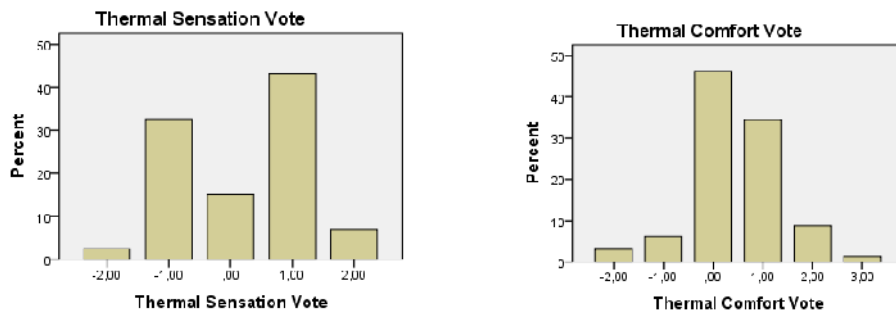
Tabel 1. Karakteristik Responden

Variabel	Jumlah (n) (n=160)	Persentasi (%)
Kelompok umur (tahun)		
9 tahun	11	6,9
10 tahun	41	25,6
11 tahun	51	31,9
12 tahun	50	31,3
13 tahun	6	3,8
14 tahun	1	0,6
Jenis kelamin		
Laki-laki	81	50,6
Perempuan	79	49,4
Pakaian		
Olahraga	31	19,4
Pramuka	81	50,6
Pramuka dan jilbab	48	30,0
Posisi duduk		
A	19	11,9
B	24	15,0
C	22	13,8
D	32	20,0
E	33	20,6
F	30	18,8

Hasil survei *Thermal Sensation Vote* (TSV) dapat dilihat pada Gambar 4. TSV diukur menggunakan tujuh skala 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). Secara umum responden memilih agak hangat (*slightly warm*) nilai 1 dan agak sejuk (*slightly cool*) nilai -1. Pilihan ini menunjukkan bahwa 43,1%

responden merasakan panas dan 32,5% merasakan agak sejuk, sedangkan yang merasakan nyaman hanya 15% dari responden.

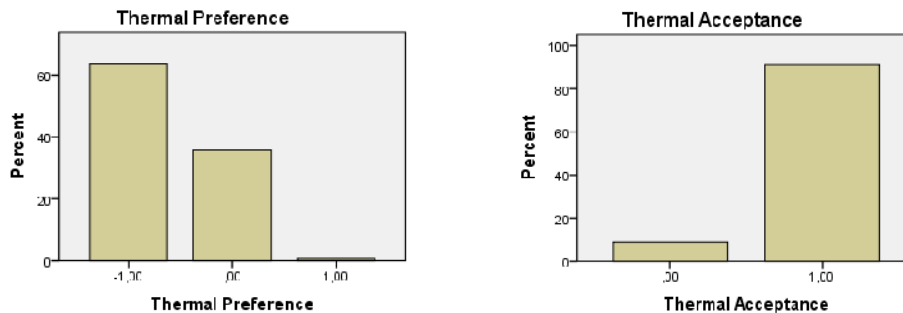
Hasil survei *Thermal Comfort Vote* (TCV) dapat dilihat pada Gambar 4. TCV diukur dengan menggunakan tujuh skala yaitu *much too warm* (sangat terlalu hangat, nilai 3), *too warm* (terlalu hangat nilai 2), *comfortably warm* (nyaman hangat, nilai 1), *comfortable* (nyaman, nilai 0), *comfortably cool* (nyaman sejuk, nilai -1), *too cool* (terlalu sejuk, nilai -2), dan *much too cool* (sangat terlalu sejuk, nilai -3). Secara umum responden memilih nyaman (*comfortable*) nilai 0 kemudian nyaman hangat (*comfortably warm*) nilai 1. Pilihan ini menunjukkan bahwa sebagian besar 46,3% responden merasakan nyaman dan 34,4% merasakan nyaman hangat, ada 8,8% responden merasakan terlalu hangat (*too warm*) nilai 2



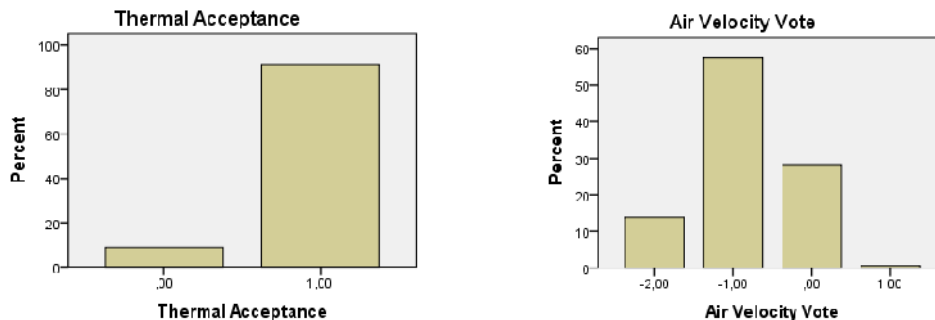
Gambar 4. Persentase Sensasi Termal (*Thermal Sensation Votes*) dan Persentase *Thermal Comfort Vote*

Hasil survei *Thermal Preference* dapat dilihat pada Gambar 5. Terdapat tiga pilihan pada *Thermal Preference* yaitu Lebih Panas, Tidak ada Perubahan dan Lebih Dingin. Sebagian besar responden memilih untuk dilakukan perubahan agar ruangan lebih dingin sebesar 63,8%, ada 35,6% sudah merasakan nyaman dengan kondisi yang ada, sedang 0,6% responden mengharapkan ruang yang lebih panas lagi.

Hasil survei *Thermal Acceptance* dapat dilihat pada Gambar 5. Terdapat dua pilihan pada penerimaan kondisi termal (*Thermal Acceptance*) yaitu Diterima atau Tidak Diterima. Respon terhadap *Thermal Acceptance* menunjukkan sebagian besar responden 91,3% memilih tidak menerima dengan kondisi termal ruangan dan hanya 8,8% yang menerima kondisi termal ruangan.



Gambar 5. Persentase *Thermal Preference* dan Persentase *Thermal Acceptance*

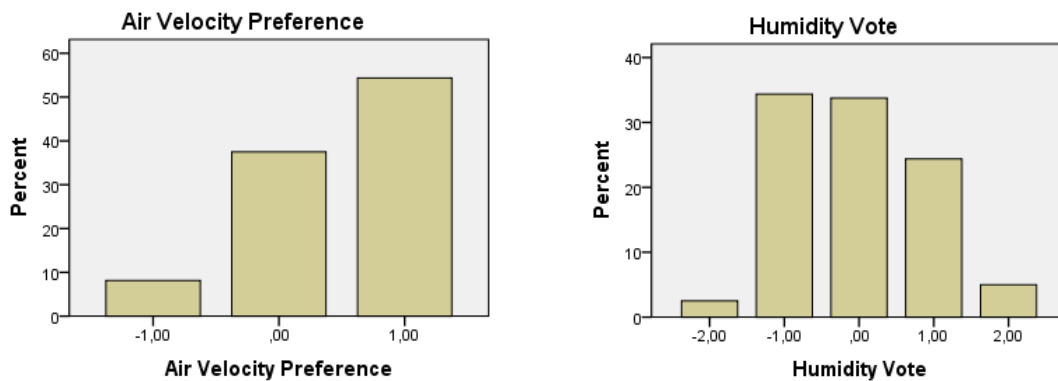


Gambar 6. Persentase *Thermal Acceptance* dan Persentase *Air Velocity Vote*

Hasil survei *Air Velocity Vote* dapat dilihat pada Gambar 6. Terdapat lima pilihan pada kuisioner untuk menilai ada tidaknya aliran udara (*Air Velocity*) yang dirasakan oleh responden yaitu tidak ada aliran udara (nilai -2), ada sedikit aliran udara (nilai -1), aliran udara sesuai (nilai 0), aliran udara kencang (nilai 1), aliran udara sangat kencang (nilai 2). Sebagian besar responden 57,5% merasakan ada sedikit aliran udara dalam ruangan (nilai -1), ada 28,1% responden merasa aliran udara sudah sesuai (nilai 0), sedangkan 13,8% responden memilih tidak ada aliran udara (nilai -2).

Hasil survei *Air Velocity Preference* dapat dilihat pada Gambar 7. Terdapat tiga pilihan pada kuisioner untuk menilai preferensi responden terhadap aliran udara (*Air Velocity*) dalam ruangan yang dirasakan yaitu kecepatan dikurangi (nilai -1), tidak ada perubahan (nilai 0), kecepatan ditambah (nilai 1). Sebagian besar responden 53,8% menginginkan penambahan kecepatan aliran udara di dalam ruang (nilai 1), ada 37,5% responden merasa aliran udara sudah sesuai (nilai 0), dan hanya 8,1% responden menginginkan aliran udara dikurangi (nilai -1).

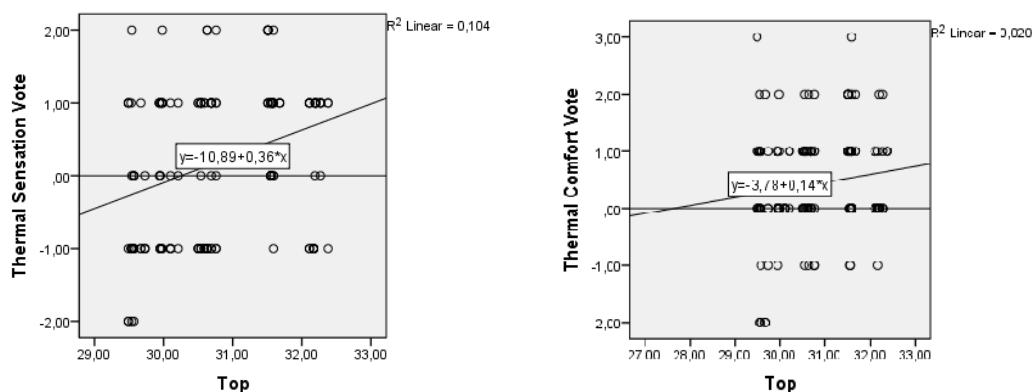
Hasil survei *Humidity Vote* dapat dilihat pada Gambar 7. Terdapat tujuh pilihan pada kuisioner untuk menilai tanggapan responden terhadap kelembaban udara relatif (*humidity vote*) yaitu sangat terlalu lembab (nilai -3), sangat lembab (nilai -2), agak lembab (nilai -1), sesuai (nilai 0), sedikit kering (nilai 1), agak kering (nilai 2), sangat kering (nilai 3). Sebagian besar responden 34,4% merasakan ruang agak lembab (nilai -1), ada 33,8% responden merasa sudah sesuai (nilai 0), dan ada 24,4% responden merasakan sedikit kering (nilai 1).



Gambar 7. Persentase *Air Velocity Preference* dan Persentase *Humidity Vote*

Hasil analisis kenyamanan termal penghuni

Hasil analisis perbandingan (Regresi) antara *Termal Sensation Vote* (TSV) dengan Temperatur Operasional (OT) dapat dilihat pada Gambar 8. Grafik menunjukkan bahwa nilai temperatur operasional (OT) berkisar antara 29,45-32,38°C. Dengan menggunakan persamaan regresi yang ada maka akan didapatkan temperatur netral berkisar 30,25°C. Nilai yang tinggi ini mungkin disebabkan oleh fisik anak-anak ini sudah terbiasa dengan kondisi termal yang ada sehingga masih banyak yang merasa bisa menerima atau menganggap netral temperatur ruangan sudah diatas standar netral.



Gambar 8. Regresi antara TSV dengan T_{op} dan Regresi antara TCV dengan T_{op}

Hasil analisis perbandingan (Regresi) antara *Termal Sensation Vote* (TSV) dengan Temperatur Operasional (OT) dapat dilihat pada Gambar 8. Hubungan (regresi) antara nilai TCV dengan temperatur operasional (OT).

Grafik menunjukkan bahwa nilai temperatur operasional (OT) berkisar antara 29,45-32,38°C. Dengan menggunakan persamaan regresi yang ada maka akan didapatkan temperatur nyaman berkisar 27°C. Temperatur ini jauh lebih rendah dari temperatur netral model TSV. Hal ini mungkin disebabkan oleh cara responden yang masih di sekolah dasar dalam memaknai istilah-istilah yang dipakai untuk TSV (panas, hangat, agak hangat, netral, agak sejuk, sejuk, dingin), dan istilah pada TCP (sangat terlalu hangat, terlalu hangat, nyaman hangat, nyaman, nyaman sejuk, terlalu sejuk, sangat terlalu sejuk).

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: a) Kondisi ruang kelas pada SD Inpres Tamalanrea IV Makassar memperlihatkan adanya temperatur yang tinggi terutama menjelang tengah hari sudah mencapai 32 °C. Walaupun hasil pengukuran menunjukkan temperatur yang tinggi, hasil survei kenyamanan pengguna menunjukkan bahwa sebagian responden tetap merasa nyaman. Hal ini barangkali diakibatkan oleh karena responden sudah terbiasa dengan temperatur yang ada. b) Faktor yang paling berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan termal murid/siswa adalah temperatur ruangan.

Hasil model TSV dan model TCP dari penelitian ini sangat jauh perbedaannya, maka disarankan untuk melakukan penelitian tambahan dengan data yang lebih banyak lagi dan sebelum pengisian kuisioner, responden sudah harus memahami dengan baik makna dari istilah-istilah yang di pakai.

Oleh karena hasil penelitian menunjukkan bahwa walaupun temperatur tinggi, sebagian besar responden tetap merasa nyaman. Agar hasilnya lebih akurat maka dibutuhkan penelitian lagi pada tingkat sekolah menengah pertama dan sekolah menengah atas.

Daftar Pustaka

- ASHRAE, (2004), “*Thermal Environmental Condition for Human Occupancy (ASHRAE Standard 55)*” ASHRAE: Atlanta US.
- Badan Meteorologi dan Geofisika, (2003), “*Climate Information Di Beberapa Kota Indonesia Juni 2003*” <http://www.meteo.bmg.go.id/klimatologi/infoklimat.htm>, diakses 8 Agustus 2003.
- 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.
- Baharuddin, Ishak, M T, Beddu, S, & Osman, M Y., (2013), “Analisis Kenyamanan dan Lingkungan Termal pada Ruang Kuliah dengan Ventilasi Alami (Studi Kasus: Kampus II Fakultas Teknik Unhas Gowa)” *Paper presented at the Semesta Arsitektur Nusantara (SAN) 2*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Baharuddin, Rahim, MR, Ishak, MT, Amin, S., (2014), “The Effect of Environmental Factors on the Thermal Comfort of Occupants in Building Interior” *Paper presented at the International Seminar on 15th SENVAR and 2nd AVAN*, Jurusan Arsitektur, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Bayong, T.H.K., (1987), “*Iklm dan Lingkungan*” Cendekia Jaya Utama. Jakarta.
- 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, Ansaldo, 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.
- de Dear, R.J, Leow, K.G., Ameen, A., (1991), “Thermal comfort in the humid tropics. Part I. Climate chamber experiments on temperature preferences in Singapore” *ASHRAE Transaction* 97 (1) pp. 874-879.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1993), “*Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi energi pada Bangunan Gedung (SK SNI T-14- 1993-03)*” Bandung: Yayasan Lembaga Penelitian Masalah Bangunan.
- 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 7730, (1995), “*Moderate Thermal Environments—Determination of the PMV and PPD Indices and Specifications for Thermal Comfort (2nd ed.)*” Geneva, Switzerland.: International Organisation for Standardisation.

- Karyono, T.H., (2000), “Teori Adaptasi dan Keberlakuannya Bagi Penentuan Suhu Nyaman di Indonesia”. *Kalang, Jurnal Arsitektur Tarumanegara*, Vol.II No.1.
- 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.
- 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.
- Mangunwijaya, YB., (1988), “*Pengantar Fisika Bangunan*” Jakarta: Djambatan.
- 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.
- Satwiko, Prasasto, (2003), “*Fisika Bangunan 2*” Andi: Yogyakarta.
- 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.
- Stefano Paolo Corgnati, Marco Filippi, Sara Viazzo, (2007) “Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort” *Building and Environment*, Volume 42, Issue 2, February 2007, Pages 951–959.
- 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.