

Kenyamanan Termal Pada Rumah Kos Studi Kasus Pondok Istiqomah di Makassar

*Sahabuddin Latif¹, Irnawaty Idrus¹, Ahmad²

¹Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

²Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia
sahabuddin.latief@unismuh.ac.id

*Alamat korespondensi, Masuk: 09 Jan. 2019, Direvisi: 24 Jan. 2019, Diterima: 28 Jan. 2019

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi tingkat kenyamanan termal eksisting pada kamar kos yang memiliki bukaan ventilasi hanya pada satu sisi. Penelitian menggunakan metode survei dan pengukuran dengan mengumpulkan data parameter lingkungan berupa temperatur, kelembapan relatif dan kecepatan aliran udara dalam kamar dan luar rumah, kemudian hasilnya dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenyamanan termal pada kamar kos di Pondok Istiqomah tidak tercapai pada siang ataupun malam hari, masih jauh dari standar kenyamanan termal SNI disebabkan temperatur tinggi dan kurangnya aliran udara. Kamar kos lantai atas lebih tidak nyaman dibanding lantai bawah terutama pada siang hari; temperatur ruang kamar bisa mencapai 35,3 °C.

Kata kunci: Kamar kos, Kenyamanan termal, Ventilasi alami

ABSTRACT: This study aims to investigate the existing level of thermal comfort in boarding rooms that have ventilation openings on only one side. The study uses survey and measurement methods by collecting data on environmental parameters such as temperature, relative humidity and airflow velocity in the room and outside the house, then the results are verified with the Indonesian National Standards (INS). The results showed that the thermal comfort in the boarding room at Pondok Istiqomah was not achieved during the day or night, still far from the INS thermal comfort standard due to high temperatures and lack of airflow. Upstairs boarding rooms are more uncomfortable than downstairs, especially during the daytime; room temperature can reach 35.3 °C.

Keywords: Boarding room, Thermal comfort, Natural ventilation

PENDAHULUAN

Krisis energi listrik menyebabkan pemerintah Indonesia menggalakkan program penghematan energi listrik sejak tahun 1982, ditandai dengan dikeluarkannya Inpres No. 9 tentang konservasi energi yang terutama ditujukan untuk pencahayaan dan pendinginan udara pada bangunan milik negara [1,2].

Iklim tropis lembap seperti di Indonesia, mempunyai karakter temperatur udara tinggi dan lembap serta aliran udara yang minim, mengakibatkan pengaruh terhadap temperatur dalam ruang meningkat dan menjadi penyebab penghuni merasa tidak nyaman [3].

Upaya mencapai kenyamanan termal interior bangunan, penerapan sistem ventilasi yang tepat sangat dianjurkan terutama sistem ventilasi alami untuk efisiensi energi [4]. Namun jika kenyamanan pengguna tidak dapat terpenuhi dengan sistem tersebut, maka sistem ventilasi mekanis yang hemat

energi dapat diusulkan sebagai alternatif. Oleh sebab itu perencanaan sistem ventilasi, baik alami maupun mekanis merupakan suatu hal yang sangat urgen guna mewujudkan bangunan hemat energi yang nyaman bagi pengguna.

Agar berlangsung perpindahan panas secara konveksi, Karyono [5] mengusulkan membuat bukaan yang memungkinkan ventilasi udara silang terjadi secara optimal. Menurut Latif et al. [3], bahwa posisi bukaan mempengaruhi distribusi aliran udara ruangan. Disarankan besar bukaan jendela yang ideal adalah 21,6% dari luas lantai ruangan, atau bukaan *inlet* 14,5% dan *outlet* 7,1%.

Busato [6], menyimpulkan bahwa membuat akses aliran udara dalam ruangan dapat mendukung penguapan keringat yang berada di permukaan kulit sehingga penghuni merasa lebih nyaman, di samping itu aliran udara membuat ruangan lebih dingin karena udara panas terangkut ke luar.

Melalui pendekatan arsitektural seperti orientasi bangunan, elemen arsitektur, elemen lanskap, dan material/bahan bangunan, dapat memberikan kenyamanan termal pada interior bangunan [7].

Bangunan yang berada di iklim tropis lembap akan mendapati panas sebagai masalah, sehingga bangunan akan bertugas untuk mendinginkan iklim dalam ruang sepanjang tahun [8,9].

Beberapa studi yang berkaitan dengan sistem termal di daerah tropis lembap, menemukan bahwa kecenderungan masalah yang dihadapi adalah sama yaitu besarnya beban panas dalam bangunan yang berpengaruh terhadap pembentukan suhu udara dalam ruang [10].

Trisutomo [11], menemukan bahwa penyebab dilakukan pemugaran terhadap hunian di kompleks perumahan karena tingkat kenyamanan dalam rumah ternyata rendah. Penghuni merasa kegerahan meskipun pada malam hari karena suhu udara dalam ruang mencapai 33 °C, suatu angka yang melampaui batas kenyamanan termal menurut standar untuk daerah tropis dengan kelembapan udara 60 – 80%.

Standar kenyamanan termal Indonesia SNI, dalam tata cara perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan gedung yang diterbitkan oleh Yayasan LPMB, SNI [12]: Sejuk nyaman 20,5 °C (TE) – 22,8 °C (TE), kelembapan relatif (RH) 50% – 80%; Nyaman optimal 22,8 °C (TE) – 25,8 °C (TE), kelembapan relatif (RH) 70% – 80%. Hampir nyaman 25,8 °C (TE) – 27,1 °C (TE), kelembapan relatif (RH) 60% – 70%.

Standar kenyamanan Amerika Serikat ANSI/ASHRAE-55 [13] merekomendasikan suhu nyaman 21,5 °C – 28,2 °C untuk 0,5 – 1,0 *clo zone*.

Hasil penelitian Karyono [14], menyebutkan bahwa suhu nyaman bagi pribumi Indonesia berada antara 22,2 °C – 27,4 °C. Sedang menurut Kurnia et al. [15], kenyamanan termal orang Indonesia adalah; dingin tidak nyaman <20,5 °C (TE); Sejuk nyaman 20,5 °C (TE) – 22,8 °C (TE); Nyaman optimal 22,8 °C (TE) – 26,0 °C (TE); Hangat nyaman 26,0 °C (TE) – 27,2 °C (TE); Panas tidak nyaman >27,2 °C (TE).

Kenyamanan termal untuk daerah tropis lembap dapat dicapai dengan batas-batas $24\text{ °C} < T < 26\text{ °C}$, $40\% < RH < 60\%$, dan $0,6 < V < 1,5\text{ m/det}$, kegiatan santai, pakaian ringan dan selapis [16]. Namun penelitian terakhir menemukan bahwa siswa-siswa di iklim tropis lembap masih merasa nyaman pada temperatur diatas 29 °C [17,18].

Standar kenyamanan termal untuk kecepatan angin menurut Vector Olygay dalam Lippsmeier

[19] adalah: 0,1-0,25 m/s nyaman, tanpa terasa adanya gerakan udara; 0,25 – 0,5 m/det nyaman, gerakan udara terasa; 1,0–1,5 m/det aliran udara ringan sampai tidak menyenangkan, diatas 1,5 m/det tidak menyenangkan.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa suhu nyaman optimum hingga hampir nyaman atau hangat nyaman berkisar antara 20,5 °C – 27,2 °C dengan kelembapan udara antara 40% – 80% dan kecepatan angin 0,1 m/det – 1,5 m/det. Namun dalam penelitian ini acuan yang dipakai adalah menurut SNI yaitu suhu nyaman antara 20,5 °C – 27,1 °C dengan kelembapan udara 50% – 80% dan kecepatan udara yang diusulkan Lippsmeier [19] adalah 0,1 m/det – 1,5 m/det. Acuan inilah yang dipakai sebagai standar kenyamanan termal dalam penelitian ini.

Menurut Chenvidyakarn [20], bentuk bukaan dan ukuran merupakan faktor yang menentukan aliran udara dalam interior bangunan. Bangunan dengan bukaan dinding yang berlawanan, menyebabkan kecepatan angin interior dapat meningkat jika arah angin membentuk sudut ke *inlet*. Latif et al. [3] bersama-sama dengan Busato [6] menyatakan, tingkat aliran udara yang lebih besar juga bisa dicapai ketika *outlet* lebih besar dari pada *inlet*. Namun sebaliknya, kecepatan udara yang lebih merata ketika *outlet* lebih kecil dari pada *inlet*, karena energi kinetik angin diubah menjadi tekanan statis di sekitar bagian dari bawah ventilasi.

Raja et al. [21] dan Gratia et al. [22], berkesimpulan bahwa infiltrasi udara dengan sistem ventilasi alami dapat digunakan untuk meningkatkan kenyamanan termal pada ruang-ruang dalam bangunan, tetapi efisiensi sistem ini tergantung pada kondisi iklim, sehingga beberapa strategi untuk mengurangi panas internal mungkin diperlukan pada kondisi tertentu.

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 [23].

Penyesuaian rancangan bangun dengan iklim dimana bangunan itu dibangun, penerapan material bangunan, dan pemilihan sistem ventilasi yang tepat, dapat menciptakan kenyamanan termal pada bangunan.

Strategi pendinginan ruang dan bangunan dengan cara pengaliran udara, di daerah beriklim tropis lembap sebagai upaya memanfaatkan potensi

positif iklim, untuk tujuan penghematan energi sudah dilakukan oleh [3,5,6,24,25].

Berbagai penelitian telah dilakukan di dalam ruangan seperti ruang kelas, kantor, perumahan, dan lain sebagainya. Namun penelitian pada ruang yang lebih spesifik seperti kamar kos berukuran sempit serta minim ventilasi, belum banyak diteliti. Kamar kos biasa disewa oleh mahasiswa sebagai tempat tinggal yang difungsikan untuk berbagai kegiatan selepas aktivitas di kampus seperti belajar, istirahat, masak, dan berbagai aktivitas lainnya.

Sebagai tindak lanjut dari penelitian serupa, penulis merasa perlu melakukan investigasi terhadap tingkat kenyamanan termal eksisting pada kamar kos (KK) yang terdapat di pondok Istiqomah, beralamat di jalan Talasalapang-1 kota Makassar.

METODE DAN INSTRUMEN PENELITIAN

Penelitian dilakukan terhadap kamar kos (KK) Pondok Istiqomah yang terletak di jalan Talasalapang-1 kota Makassar, berlantai dua terdiri dari 47 kamar, Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Terpilih sebuah kamar di lantai atas dan sebuah kamar pada lantai bawah sebagai obyek penelitian. Kedua kamar ini memiliki bukaan ventilasi hanya pada satu sisi yaitu di bagian depan, terdiri dari sebuah pintu dan jendela kaca nako, Gambar 2.

Kamar kos (KK) lantai atas dengan luas 8,83 m² (2,85 x 3,1 m), tinggi plafon 2,63 m, berorientasi depan menghadap ke Tenggara. Kamar kos (KK) lantai bawah dengan luas 7,63 m² (2,67 x 2,86 m), tinggi plafon 2,45 m, berorientasi depan menghadap ke Barat Daya, Gambar 2.

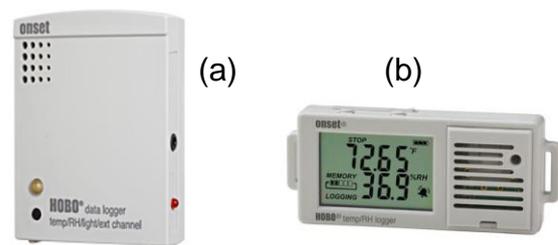


(a)



(b)

Gambar 2. (a) Kamar di lantai atas; (b) Kamar di lantai bawah.



Gambar 3. (a) Hobo data logger U10-003; (b) Hobo data logger-UX100-003

Penelitian ini, menggunakan metode survei dan pengukuran. Pengambilan data iklim di lingkungan luar (iklim makro) pada tanggal 25 – 26 Agustus 2016 diperoleh dari alat *Vaisala* yang berstasiun di Gedung Arsitektur, Kampus Fakultas

Teknik Universitas Hasanuddin Gowa. Parameter iklim ruang interior (iklim mikro) yaitu temperatur, kelembapan relatif dan kecepatan aliran udara, diambil dengan meletakkan alat ukur di tengah-tengah ruangan, setinggi 75 cm dengan durasi pencatatan tiap menit selama 24 jam, Gambar 2. Data-data tersebut kemudian di-input ke program Excel dan kemudian dibandingkan dengan standar kenyamanan termal SNI. Selain itu data iklim eksternal juga dianalisis sebagai pembanding.

Instrumen yang dipakai sebagai alat bantu pengukuran adalah *Hobo data logger U10-003*, dan *Hobo data logger-UX100-003*, Gambar 3.

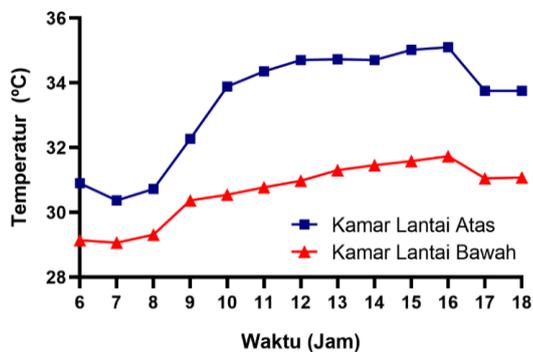
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Iklim Makro

Kondisi cuaca pada saat pengukuran adalah sebagai berikut: temperatur udara luar dari jam 06.00 (hari pertama) sampai 06.00 WITA (hari kedua) selama 24 jam, berkisar 19,1 °C – 33,4 °C dengan rata-rata 26,3 °C. Kelembapan relatif udara berkisar 30,8 – 84,9%, dengan rata-rata 56,7%. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan pada hari yang cukup panas. Kondisi kecepatan dan arah angin, tercatat persentase arah angin paling sering adalah dari arah Barat yang sebesar 12%, dengan kecepatan aliran antara 0,5 – 5,7 m/det.

Hasil Pengukuran Iklim Mikro Jam 06.00 - 18.00 WITA (Siang hari)

Gambar 4, menunjukkan hasil pengukuran temperatur pada siang hari di KK lantai atas dan KK lantai bawah dari jam 06.00 – 18.00 WITA.

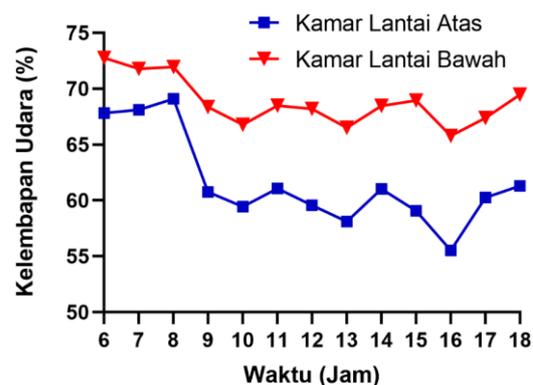


Gambar 4. Grafik Temperatur Udara Siang

Rata-rata hasil pengukuran temperatur KK lantai atas 33,6 °C lebih tinggi dari KK lantai bawah yang rata-rata cuma 30,7 °C. Temperatur maksimum di KK lantai atas mencapai 35,3 °C dan minimum 30,3 °C, dibanding KK lantai bawah temperatur maksimum 31,8 °C dan minimumnya 28,9 °C. Jika dibandingkan dengan standar SNI [12], rata-rata temperatur udara dalam kedua KK

masih jauh lebih tinggi dari standar kenyamanan termal.

Gambar 5, menunjukkan hasil pengukuran kelembapan udara pada KK lantai atas dan KK lantai bawah dari jam 06.00 – 18.00 WITA. Rata-rata hasil pengukuran kelembapan udara KK lantai atas 61,3% lebih rendah dari KK lantai bawah yang berkisar 68,7%. Kelembapan udara maksimum di KK lantai atas 69,9% dan minimum 54,3%, dibanding KK lantai bawah kelembapan udara maksimum 72,7% dan minimumnya 64,6%. Jika dibandingkan dengan standar SNI [12], rata-rata kelembapan relatif udara dalam kedua KK telah masuk dalam standar kenyamanan termal.



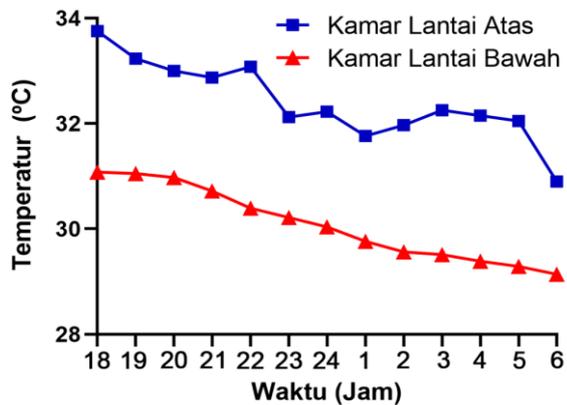
Gambar 5. Grafik Kelembapan Relatif Udara Siang

Hasil pengukuran kecepatan udara pada KK lantai atas dan KK lantai bawah dari jam 06.00 – 18.00 WITA. Rata-rata hasil pengukuran kecepatan udara KK lantai atas 0,06 m/det lebih tinggi dari KK lantai bawah yang berkisar 0,05 m/det. Kecepatan udara maksimum di KK lantai atas 0,38 m/det dan minimum 0,05 m/det, dibanding KK lantai bawah kecepatan udara maksimum 0,29 m/det dan minimumnya 0,05 m/det. Jika dibandingkan dengan standar aliran udara menurut Lippsmeier [19], rata-rata kecepatan aliran udara dalam kedua KK masih jauh lebih rendah dari standar kenyamanan termal.

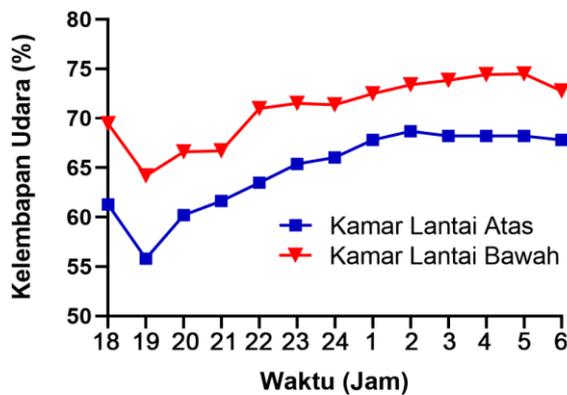
Hasil Pengukuran Iklim Mikro Jam 18.00 - 06.00 WITA (Malam hari)

Gambar 6, menunjukkan hasil pengukuran temperatur pada malam hari di KK lantai atas dan KK lantai bawah dari jam 18.00 – 06.00 WITA. Rata-rata hasil pengukuran temperatur KK lantai atas 32,4 °C lebih tinggi dari KK lantai bawah yang rata-rata cuma 30,1 °C. Temperatur maksimum di KK lantai atas mencapai 33,8 °C dan minimum 30,9 °C, dibanding KK lantai bawah temperatur maksimum 31,1 °C dan minimumnya 29,1 °C. Jika dibandingkan dengan standar SNI [12], rata-rata temperatur udara dalam kedua KK dimalam hari

masih sangat tinggi dibanding standar kenyamanan termal.



Gambar 6. Grafik Temperatur Udara Malam



Gambar 7. Grafik Kelembapan Relatif Udara Malam

Gambar 7, menunjukkan hasil pengukuran kelembapan udara pada KK lantai atas dan KK lantai bawah dari jam 18.00 - 06.00 WITA. Rata-rata hasil pengukuran kelembapan udara KK lantai atas 65,0% lebih rendah dari KK lantai bawah yang berkisar 70,8%. Kelembapan udara maksimum di KK lantai atas 70,1% dan minimum 55,3%, dibanding KK lantai bawah kelembapan udara maksimum 75,4% dan minimumnya 63,2%. Jika dibandingkan dengan standar SNI [12], rata-rata kelembapan relatif udara dalam kedua KK sudah masuk dalam zona kenyamanan termal.

Hasil pengukuran kecepatan udara pada KK lantai atas dan KK lantai bawah dari jam 18.00 - 06.00 WITA. Rata-rata hasil pengukuran kecepatan udara KK lantai atas 0,06 m/det lebih tinggi dari KK lantai bawah yang berkisar 0,05 m/det. Kecepatan udara maksimum di KK lantai atas 0,24 m/det dan minimum 0,05 m/det, dibanding KK lantai bawah kecepatan udara maksimum 0,98 m/det dan

minimumnya 0,05 m/det. Jika dibandingkan dengan standar aliran udara menurut Lippsmeier [19], rata-rata kecepatan aliran udara dalam kedua KK masih kurang dari standar kenyamanan termal.

Secara umum, data temperatur pada kamar-kamar di Pondok Istikomah menunjukkan nilai yang sangat tinggi baik siang maupun malam. Selain diatas standar SNI, juga lebih tinggi dari standar ANSI/ASHRAE-55 [13], termasuk hasil penelitian sebelumnya [5,16]. Temperatur dapat mencapai 35,3 di siang hari dan 33,8 °C pada malam hari, kurang lebih sama yang didapatkan oleh Trisutomo [11].

Kamar-kamar juga minim aliran udaranya, pergerakan udara hanya terjadi jika pintu dibuka. Untuk mengkompensasi tingginya temperatur ruangan dan minimnya aliran udara, maka saat beraktivitas penghuni menyalakan kipas angin dan membuka pintu/jendela. Menurut Karyono [5] dan [3,23] temperatur tinggi terjadi di dalam ruangan akibat terperangkapnya udara panas, dan tidak adanya/minim ventilasi sehingga panas tidak terangkut keluar. Permasalahan ini mungkin disebabkan oleh bentuk, posisi letak, dan luas bukaan [6,20]. Menurut Tan et al. [26] dimungkinkan aliran udara secara pasif, dengan strategi ventilasi alami menggunakan efek chimney dilakukan pada ruangan yang memiliki temperatur lebih tinggi dari lingkungan luar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengukuran dan analisis data iklim yang diverifikasi dengan standar kenyamanan termal SNI telah dilakukan. Tingkat kenyamanan termal pada kamar kos di Pondok Istiqomah tidak tercapai. Temperatur masih jauh lebih tinggi dibanding zona nyaman termal standar SNI, bahkan bisa mencapai 35,3 °C pada siang hari. Pergerakan udara dalam ruangan sangat minim. Namun parameter kelembapan relatif udara, untuk kedua KK sudah masuk pada zona nyaman termal SNI. Tingkat kelembapan kamar lantai bawah lebih tinggi dibanding lantai atas. Secara keseluruhan kamar lantai atas, lebih tidak nyaman dibanding kamar dibawanya.

Penelitian ini termasuk salah satu yang mendukung penelitian sebelumnya, menemukan bahwa bangunan-bangunan di iklim tropis panas dan lembap mengalami panas terutama pada siang hari, sehingga penghuni merasa tidak nyaman dan kegerahan.

Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar pengukuran menggunakan lebih banyak sampel dan dilakukan dalam waktu bersamaan. Penelitian

dengan metode simulasi komputer juga disarankan untuk analisis bukaan ventilasi alami satu sisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Dana Penelitian Dosen Pemula Ristek Dikti tahun 2016, sesuai

dengan Surat No. 0299/E3/2016, tanggal 27 Januari 2016. 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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hamzah B, Kusno A, Mulyadi R (2018) Design of energy efficient and thermally comfortable air-conditioned university classrooms in the tropics. *International Journal of Sustainable Energy* Vol. 37: hal. 1-16.
- [2] Idrus I (2018) Evaluasi Kondisi Pencahayaan Integrasi Manual Pada Ruang Kantor Menara Balaikota Makassar. *LINEARS: Jurnal Teknik Arsitektur* Vol. 1, No. 1: hal. 1-11.
- [3] Latif S, Hamzah B, Ihsan (2016) Pengaliran udara untuk kenyamanan termal ruang kelas dengan metode simulasi computational fluid dynamics. *Sinektika* Vol. 14, No. 2: hal. 209-216.
- [4] Ishak M, Hamzah B, Gou Z, et al. (2018) Thermal Performance of Naturally Ventilated Classroom in the Faculty of Engineering Hasanuddin University, Gowa Campus. *International Journal of Engineering Science Applications* Vol. 5, No. 1: hal. 23-36.
- [5] Karyono TH (2010) Green Architecture: Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia. Jakarta: Rajawali Pers.
- [6] Busato L (2003) Passive cooling and energy efficient strategies for the design of a hotel on the Southern coast of Pernambuco, Brazil.
- [7] Talarosha B (2005) Menciptakan Kenyamanan Thermal dalam Bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri* Vol. 6, No. 3: hal. 148-158.
- [8] Rosadi HE, Rismansyah N, Fuad F, et al. (2012) Pengaruh Sudut Kemiringan Atap Bangunan dan Orientasinya Terhadap Kualitas Termal. Temu Ilmiah IPLBI 2012. hal. 93-96.
- [9] Hamzah B, Rahim R, Ishak T, et al. (2017) Kinerja sistem ventilasi alami ruang kuliah. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia* Vol. 10: hal. 51-57.
- [10] Febrita Y (2012) Ventilasi Solar Chimney Sebagai Alternatif Desain Passive Cooling di Iklim Tropis Lembab. *Jurnal Arsitektur* Vol. 3, No. 1.
- [11] Trisutomo (1992) Studi Ventilasi Alami pada Perumahan
- [12] SNI (1993) Standar: Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung. Departemen Pekerjaan Umum.
- [13] ANSI/ASHRAE-55 (2010) Standard 55-2010.
- [14] Karyono TH (2007) Pemanasan Bumi Dan Tanggung Jawab Arsitek. Seminar Sehari Pemanasan Bumi, Universitas Katolik Atmajaya, Yogyakarta.
- [15] Kurnia R, Effendy S, Tursilowati L (2010) Identifikasi Kenyamanan Termal Bangunan (Studi Kasus: Ruang Kuliah Kampus Ipb Baranangsiang Dan Darmaga Bogor). *Jurnal Agromet Indonesia* Vol. 24, No. 1.
- [16] Satwiko P (2009) Fisika Bangunan. Yogyakarta: Penerbit ANDI. ISBN: 978-979-29-0734-6.
- [17] Latif S, Rahim R, Hamzah B (2016) Analisis Kenyamanan Termal Siswa di Dalam Ruang Kelas - Studi Kasus SD Inpres Tamalanrea IV Makassar. Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri (RAPI XV); 7 December; Hotel Alila, Surakarta. hal. 466-473.
- [18] Hamzah B, Mulyadi R, Amin S (2017) Thermal Comfort Analyses of Elementary School Students in the Tropical Region. In: Schnabel MA, editor. 51st International Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA); 29 November - 2 December 2017; Wellington New Zealand. Department of Architecture, Victoria University of Wellington. hal. 723-732.
- [19] Lippsmeier G (1994) Tropenbau Building in the Tropics (Bangunan Tropis). Nasution S, translator. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [20] Chenvidyakarn T (2007) Passive design for thermal comfort in hot humid climates. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies* Vol. 5, No. 1: hal. 3-27.
- [21] Raja IA, Nicol JF, McCartney KJ, et al. (2001) Thermal comfort: use of controls in naturally ventilated buildings. *Energy and Buildings* Vol. 33, No. 3: hal. 235-244.
- [22] Gratia E, De Herde A (2004) How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. *Building and environment* Vol. 39, No. 10: hal. 1157-1170.
- [23] Geetha N, 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* Vol. 29, No. 2: hal. 913-946.
- [24] Huda LNP, Kristoffel Colbert (2012) Kajian Termal Akibat Paparan Panas dan Perbaikan Lingkungan Kerja. *Jurnal Teknik Industri* Vol. 14, No. 2: hal. 129-136.

- [25] Baharuddin, Ishak MT, Beddu S, et al. (2013) Analisis Kenyamanan dan Lingkungan Termal pada Ruang Kuliah dengan Ventilasi Alami (Studi kasus: Kampus II Fakultas Teknik Unhas Gowa). *Semesta Arsitektur Nusantara SAN 2*; 11 Desember 2013; Malang. san111213.
- [26] Tan AYG, Wong NH (2013) Parameterization studies of solar chimneys in the tropics. *Energies* Vol. 6, No. 1: hal. 145-163.



© 2019 the Author(s), licensee Jurnal LINEARS. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)