

Studi Kenyamanan Panas dan Hubungannya dengan Tingkat Produktivitas di Ruang Kantor

Johansen C. Mandey¹, Jefrey I. Kindangen²

^{1,2} Kelompok Keilmuan Sains & Teknologi Bangunan, Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi.

Abstrak

Kenyamanan panas merupakan salah satu faktor penentu untuk meningkatkan produktivitas kerja. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur kondisi fisik seperti suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan aliran udara dalam ruang administrasi akademik Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado dan dengan menyebarkan kuesioner kepada karyawan dalam tiga interval waktu: pagi-siang-sore, sesuai dengan jam kerja. Untuk menghitung indeks PMV dan PPD, digunakan nilai tingkat metabolisme 1 *met* dan nilai insulasi pakaian sebesar 0,57 *clo* yang kemudian dibandingkan dengan hasil kuesioner. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kondisi fisik dan respon karyawan yang ditunjukkan oleh sensasi panas dan preferensi panas dengan perhitungan PMV dan PPD. Dalam tiga interval waktu, ditemukan bahwa sensasi termal rata-rata dari para karyawan berada dalam kategori nyaman, dengan persentase yang bervariasi yang menurun di siang dan sore hari. Preferensi termal karyawan menunjukkan keselarasan dengan sensasi termalnya. Kendati demikian, beberapa karyawan pernah mengalami ketidaknyamanan dengan ruang kerja yang menyebabkan mereka mengalihkan konsentrasi ke pekerjaan lain atau keluar dari ruangan; yang pada gilirannya menurunkan tingkat produktivitas kerja.

Kata-kunci: kenyamanan panas, produktivitas, ruang kerja, sensasi dan preferensi panas

Study of Thermal Comfort and Its Relation to Productivity Level in Office Space

Abstract

Thermal comfort is one of the decisive factors for improving work productivity. The research was conducted by measuring physical conditions such as air temperature, air humidity and airflow speed of the academic administrative space of the Faculty of Engineering at the Sam Ratulangi University Manado and by distributing questionnaires to employees in three intervals of time: morning-noon-afternoon, in accordance with working hours. To calculate the PMV and PPD indices, it used metabolism rate of 1 met and garment insulation value equal to 0,57 clo which then compared with the questionnaires. There was no significant difference between physical condition and employee response indicated by thermal sensation and preferences with the PMV and PPD calculations. Within the three intervals of time, it was found that the average thermal sensation of employees was in a comfortable category, with varying percentages decreasing at noon and in the afternoon. The employee's thermal preferences showed alignment with their thermal sensation. Nevertheless, some employees have experienced discomfort with the workspace that caused them to shift their concentration to another job or exit the room; which in turn decreases the level of work productivity.

Keywords: productivity, thermal comfort, thermal sensation and preferences, working space

Kontak Penulis

Jefrey I. Kindangen

Kelompok Keilmuan Sains & Teknologi Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Jl. Kampus Unsrat, Manado Kode pos 95115

Tel : +62-431-852959 Fax : +62-431-852375

E-mail : jkindangen@unsrat.ac.id

Informasi Artikel

Diterima editor 14 Juni 2017. Disetujui untuk diterbitkan 10 September 2017

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pendahuluan

Produktivitas kerja merupakan resultante dari kemampuan intrinsik perorangan dan kondisi eksternal dalam lingkungan kerja. Diketahui bahwa produktivitas kerja seseorang dapat mencapai tingkat yang diharapkan apabila kondisi ruang kerja memenuhi standar minimal untuk berlangsungnya pekerjaan secara efektif dan nyaman. Kondisi eksternal dalam lingkungan kerja termasuk kondisi kenyamanan panas meliputi kesesuaian antara kondisi lingkungan berupa suhu ruang, kelembaban relatif udara dan aliran udara dengan kondisi panas internal tubuh.

Ruang administrasi merupakan salah satu sarana penting dalam mendukung proses pembelajaran di perguruan tinggi. Kondisi ruang administrasi yang nyaman dapat meningkatkan semangat kerja dan kemampuan konsentrasi para pegawai. Kondisi yang tidak nyaman dapat mengakibatkan pegawai kurang berkonsentrasi bahkan mengganggu pelaksanaan tugas administrasi. Kenyamanan panas dipandang penting disamping tentunya kenyamanan visual seperti terang yang cukup, tidak ada silau dan berlangsungnya penglihatan dengan nyaman tanpa terbebani karena kurangnya cahaya atau berlebihan. Demikian pula dengan kenyamanan audio, yakni seseorang merasa nyaman dalam lingkungan yang tidak bising, kejelasan suara yang akan didengar maupun yang diucapkan dan tidak ada gangguan pada saat transmisi suara yang diharapkan.

Kondisi iklim di Indonesia yang merupakan iklim tropis lembab senantiasa menjadi masalah utama yakni ketidaknyamanan panas. Pada lingkungan yang panas dan ditambah dengan kelembaban udara yang tinggi mengakibatkan seseorang akan merasa kegerahan dan tidak nyaman. Pada kondisi demikian diperlukan aliran udara yang secara psikologis maupun fisiologis dapat menguapkan keringat pada kulit dan memberikan kesan sejuk secara termik. Untuk mendapatkan kenyamanan panas seringkali dilakukan dengan pemasangan pengkondisi udara (AC) yang merupakan cara pintas dan praktis.

Ruang administrasi di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada awalnya didesain dengan menggunakan ventilasi alamiah yang kemudian berubah menggunakan AC. Kendatipun demikian belum pernah dikaji apakah penghuni merasa nyaman dengan lingkungan kerja tersebut.

Selama waktu kerja (pkl. 7:00-17:00) terutama pada waktu siang hari dimana temperatur ekterior meningkat belum pernah dilakukan studi tentang respons para pegawai terhadap kondisi klimatis ruangan yang terjadi. Investigasi pengaruh kondisi klimatis terhadap kenyamanan panas pegawai perlu dilakukan dimana pada gilirannya akan mempengaruhi tingkat produktivitas kerja.

Hal ini berguna dalam rangka memberikan rekomendasi terhadap pengambilan kebijakan dalam menata dan melengkapi sarana dan prasarana di Fakultas Teknik Unsrat.

ISO 7730 (2005) memberikan definisi bahwa kenyamanan panas (Thermal Comfort) adalah kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan dengan lingkungan panas. Definisi kenyamanan panas ini perlu dikuantifikasi mengingat kondisi pikiran sangat bersifat abstrak. Selanjutnya dalam rangka menyederhanakan definisi tersebut maka dinyatakan bahwa lingkungan panas tidak hanya temperatur sebagai satu-satunya parameter utama tetapi peranan parameter lainnya sangat menentukan. Persepsi lingkungan panas seseorang pada dasarnya dipengaruhi oleh impuls sinyal yang saling pengaruh-mempengaruhi apakah impuls dari sinyal sensor panas maupun dingin.

Studi tentang beberapa parameter penting untuk mencapai kenyamanan panas telah dilakukan oleh beberapa periset. Murakami et al. (1997) menyatakan bahwa kondisi nyaman dapat diperoleh dengan meningkatkan aliran udara dalam ruang. Demikian juga dengan studi Kindangen (1993, 2006, 2017) dan Kindangen et al. (1997a-c, 2014) tentang peranan kecepatan udara dan distribusinya yang didorong oleh parameter arsitektur dapat meningkatkan kenyamanan panas dalam ruang. Hasil yang sama diperoleh dari penelitian Mochida et. al. (2005) yang melakukan penelitian pengendalian aliran udara di sekitar bangunan untuk mencapai kenyamanan panas.

Mochida et al. (1994) meneliti tentang karakteristik kenyamanan panas untuk tingkat kelembaban dan pakaian pada rata-rata temperatur kulit konstan. Dia menemukan bahwa ada hubungan yang kuat antara temperatur kulit dan ketidaknyamanan panas. Clement-Croome (1997) melakukan penelitian tentang lingkungan indoor dan menentukan desain kriteria yang sesuai untuk mencapai kenyamanan panas. Garansi kenyamanan panas dalam bangunan kantor yang terklimalisasi (ber-AC) telah diteliti oleh Kajtar et al. (2000), yang menemukan bahwa kenyamanan panas hanya dapat tercapai pada kondisi yang diharapkan sesuai dengan kriteria bioklimatik desain.

Studi kenyamanan panas di gedung kantor terklimalisasi dilakukan juga oleh Karyono (1996). Dia melakukan evaluasi selang temperatur nyaman rata-rata yang diperlukan oleh para pekerja kantor di Jakarta, dimana temperatur rata-rata minimal 23 °C (antara jam 5 dan 6) dan maksimal 33 °C pada tengah hari dengan kelembaban relatif bervariasi antara 69 – 90% dan kecepatan angin rata-rata antara 0,2 – 0,8 m/s. Sebanyak 596 pekerja kantor bekerja pada tujuh bangunan yang ber-AC yang berbeda lantai yang mengisi kuisioner. Pengukuran dilakukan antara bulan April dan Juni 1993. Aktivitas

rata-rata subjek 1 *met* dengan pakaian 0,6 *clo*. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa temperatur netral 26,55 °C dan selang temperatur nyaman 23,80 – 29,30 °C.

Beberapa peneliti telah melakukan studi hubungan kenyamanan panas dengan produktivitas. McCartney et al. (2002) menyimpulkan bahwa hubungan antara kenyamanan panas dan produktivitas harus dibuktikan untuk menyemangati pemilik dan desainer bangunan dalam rangka mengadopsi strategi pengendalian iklim untuk memperbaiki kenyamanan dan kesejahteraan penghuni bangunan. Akan tetapi suatu metodologi yang lebih tepat dalam pengukuran produktivitas pada ruang kerja sangat dibutuhkan. Suatu kombinasi kuisioner evaluasi diri dan pengukuran fisik dapat menjadi jalan yang sesuai untuk diikuti, tetapi skala penilaian harus dipilih dengan hati-hati. Hal yang hampir serupa dilakukan oleh Li et al. (2005) dengan fokus utama pada bangunan pintar; dia menemukan bahwa kenyamanan panas dan produktivitas pada bangunan cerdas adalah hal yang penting dimana lingkungan fisik dapat sangat berimplikasi pada produktivitas pekerja kurang lebih 12,8%. Tujuan dari penelitiannya adalah pentingnya lingkungan ruang dalam dan kenyamanan untuk produktivitas kendatipun hasilnya mungkin tidak terlalu akurat. Pada dasarnya bangunan pintar dapat membawa penghuni pada lingkungan kerja yang lebih fleksibel dan menyenangkan; dalam bangunan ini hal yang mengganggu adalah kebisingan, kualitas udara yang buruk karena sistem pemanas, ventilasi dan pengkondisi udara (HVAC), tidak adanya penerangan alami, jamur dan emisi peralatan elektronik.

Chua et al. (2016) menyimpulkan bahwa ada hubungan antara suhu ruangan, penerangan dan kelembaban relatif dengan kesehatan yang berhubungan dengan isu seperti kebosanan, mudah lelah dan kesulitan berkonsentrasi yang mempengaruhi produktivitas pekerja dan kinerja kerja. Jadi kenyamanan lingkungan fisik memiliki dampak terhadap kesehatan dari penghuni bangunan dan secara tidak langsung mempengaruhi produktivitas kerja mereka.

Tarantini et al. (2017) melakukan penelusuran pustaka tentang hubungan kenyamanan panas dan produktivitas di ruang kerja dengan mereview dan mengeksplorasi dengan cara analisis *co-citation*. Dia menyimpulkan bahwa kondisi ruang yang nyaman secara termik dapat berimplikasi positif pada kesejahteraan dan produktivitas pekerja; semakin tinggi tingkat operasionalisasi, semakin sedikit kehilangan produktivitas, semakin sedikit yang meninggalkan kerja karena sakit dan mereduksi biaya yang berhubungan dengan kesehatan.

Semua studi yang dilakukan memberikan kejelasan akan hubungan kenyamanan panas dan produktivitas, akan tetapi dari semua studi masih memerlukan metode yang

pas untuk mengukur hubungan tersebut, berhubung produktivitas merupakan persoalan multifaset yang memiliki banyak parameter dan aspek selain pengaruhnya yang sangat signifikan terhadap berjalannya dan tercapainya tujuan organisasi. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan menginvestigasi hubungan kenyamanan panas dan produktivitas kerja untuk kebutuhan khusus yakni mendapatkan rekomendasi perbaikan kondisi ruang kerja di FT Unsrat.

Metode

Kuisioner dibagikan pada semua pegawai yang bekerja dalam ruang administrasi akademik Fakultas Teknik Unsrat, ada sebanyak 12 orang: 7 perempuan dan 5 laki-laki; disebarkan pada tiga selang waktu yang berbeda dan pada hari yang berbeda, antara 10 Mei – 15 Juli 2017. Selang waktu yang dipakai yakni pagi hari (pkl. 7:00-10:00), siang hari (pkl. 10:00-13:00) dan sore hari (pkl. 13:00-17:00); dimana disesuaikan dengan jam/waktu kerja PNS/ASN. Ruangan berukuran 8 x 16 m yang dilengkapi dengan 2 unit pengkondisi udara (AC), masing-masing 1,5 PK. Pada saat pengambilan kuisioner untuk ketiga interval waktu tersebut, AC sementara berjalan.

Pengisian kuisioner hanya berlaku bagi mereka yang menyatakan diri dalam kondisi sehat jika tidak pengisian tidak dilanjutkan. Pertanyaan dalam kuisioner ditujukan untuk mendapatkan respons sensasi dan preferensi panas pada waktu riil dalam ruang yang menjadi objek studi. Untuk mengevaluasi tingkat produktivitas pegawai digunakan pertanyaan kualitatif termasuk frekuensi ketidaknyamanan ruangan yang terjadi dan respons terhadap kondisi ketidaknyamanan tersebut, yang intinya merupakan gangguan pada tingkat produktivitas kerja. Pertanyaan dalam kuisioner bersifat tertutup untuk menghindari interpretasi beragam dan didesain sedemikian rupa untuk memenuhi validitas dan reliabilitas data.

Kondisi fisik ruangan, terutama temperatur dan kelembaban relatif udara diukur dengan menggunakan *humidity and temperature datalogger* RC-4HC dengan interval 10 menit yang diletakkan pada tengah ruangan. Untuk mengukur kecepatan angin digunakan *anemometer datalogger* GM8902 terutama untuk mendapatkan kecepatan aliran udara dalam ruangan pada saat pengisian kuisioner.

Tabulasi silang dan triangulasi digunakan untuk menganalisis hasil kuisioner, terutama data kualitatif; analisis tidak membedakan antara perempuan dan laki-laki. Sensasi panas merupakan pernyataan kondisi lingkungan panas yang dirasakan responden pada waktu yang ditetapkan, yakni berupa: dingin, sedikit dingin, nyaman, sedikit panas dan panas. Sedangkan preferensi panas adalah keinginan apa yang akan dilakukan terhadap

lingkungan panas pada waktu yang ditentukan, yakni berupa keinginan menambah lebih panas, tambah sedikit panas, tidak berubah/tetap dengan kondisi awal, tambah sedikit dingin dan tambah lebih dingin.

Untuk memvalidasi sensasi panas yang diperoleh dari hasil kuisioner maka dibandingkan dengan menggunakan perhitungan *Predicted Mean Vote* (PMV). Indeks PMV diperkenalkan oleh Fanger (1970), digunakan untuk mengkuantifikasi derajat ketidaknyamanan. Pada umumnya skala PMV memiliki 7 titik yakni: sangat panas (+3), panas (+2), sedikit panas (+1), nyaman (0), sedikit dingin (-1), dingin (-2) dan sangat dingin (-3). Hasil pengukuran variabel lingkungan berupa temperatur, kelembaban relatif dan kecepatan aliran udara dalam ruangan disubstitusi ke dalam persamaan PMV dengan terlebih dahulu merubah ke dalam nilai perpindahan dan kehilangan panas. Sedangkan variabel personal ditetapkan 1 *met* (58,2 W/m²) untuk ekuivalen metabolik kerja yang mengindikasikan kegiatan duduk santai dan 0,57 *clo* (0,08835 K.m²/W) untuk nilai resistensi pakaian yang digunakan oleh pegawai. Indeks *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) merupakan prediksi persentase dari penghuni yang tidak puas dengan lingkungan panasnya. Rumus PMV dan PPD sebagai berikut:

$$PMV = (0,303e^{-2,100M} + 0,028) [(M - H) - H - E_c - C_{res} - E_{res}]$$

$$PPD = 100 - 95 e^{[-(0,3353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)]}$$

Dimana:

- e = bilangan Euler (2,718)
- M = laju metabolisme
- W = kerja eksternal
- H = kehilangan panas kering
- C_{res} = perpindahan panas respiratif konveksi
- E_{res} = perpindahan panas respiratif evaporasi
- E_c = perpindahan panas evaporasi pada kulit

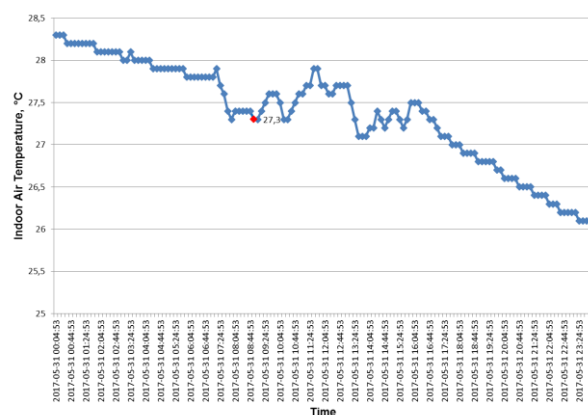
Hasil dan Pembahasan

Hasil rekaman dari datalogger temperatur dan kelembaban udara dan kecepatan aliran udara dalam ruangan diunduh dan diolah untuk selang waktu pagi-siang-sore dalam tiga hari yang berbeda. Gambar 1 merepresentasikan kurva temperatur (a) dan kelembaban relatif udara (b) dalam ruang kantor selama satu hari.

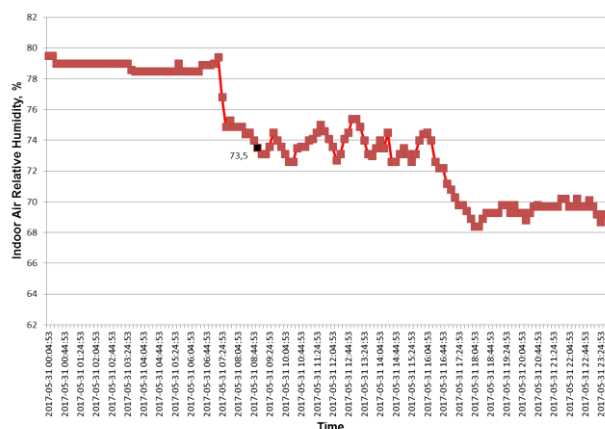
Selama jam kerja (pkl. 7:00 - 17:00), temperatur udara dalam ruangan berfluktuasi antara 27 °C dan 27,9 °C, kelembaban relatif udara bervariasi dari 70% sampai 76% dan kecepatan aliran udara 0,38 – 0,42 m/s. Pada pkl. 8:40 saat dimana kuisioner diisi, temperatur dalam ruangan mencapai 27,3 °C dengan kelembaban udara sebesar 73,5%. Pada waktu tersebut hampir semua pegawai menyatakan kondisi ruangan nyaman yakni sebesar

91,7% bahkan ada 8,3% responden menyatakan ruangan tersebut sedikit dingin.

Hal ini sejalan dengan preferensi panas responden terhadap ruangan yakni 83,3% menginginkan kondisi tersebut tetap atau tidak berubah; sedangkan ada 16,7%



(a)



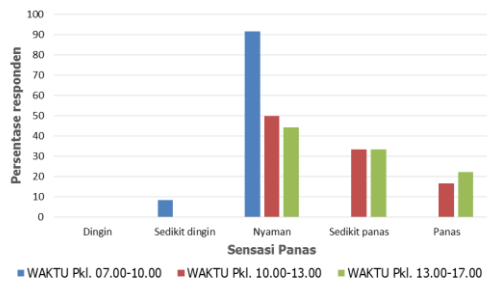
(b)

Gambar 1. Hasil pengukuran temperatur (a) dan kelembaban udara relatif (b) harian dalam ruang kantor untuk selang waktu pagi hari.

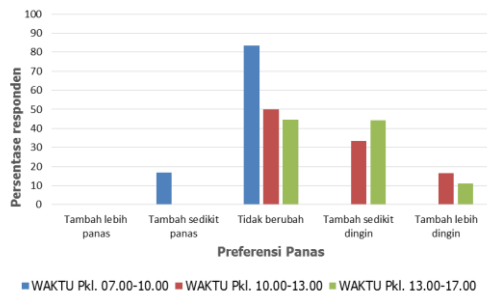
yang menginginkan tambah sedikit panas, seperti ditampilkan pada Gambar 2 dan 3.

Secara umum, kondisi eksterior pagi hari dimana suhu belum begitu tinggi mempengaruhi kondisi klimatis ruang dalam. Apalagi penggunaan AC telah di jalan semenjak pagi hari ketika ruangan kantor dibuka. Kurva temperatur udara dalam ruangan selama jam kantor rata-rata tidak melebihi 28 °C disebabkan oleh pengkondisian udara yang terjaga pada selang yang sejuk bahkan dingin; dimana temperatur AC yang ditetapkan sebesar 20 °C.

Untuk selang waktu siang hari yakni pkl. 10:00 sampai 13:00, hasil pengukuran menggambarkan perubahan selang temperatur yang bervariasi dari 27,7 °C sampai



Gambar 2. Sensasi panas dari subjek.

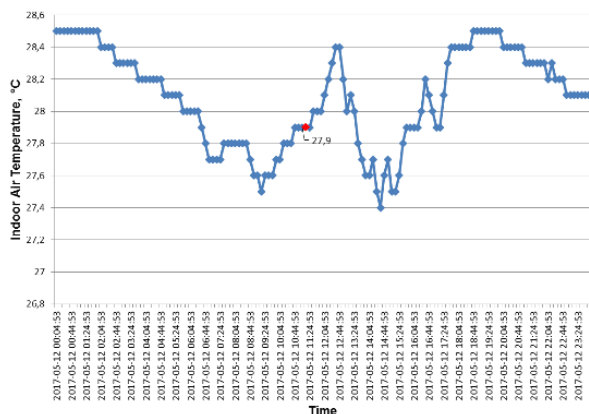


Gambar 3. Preferensi panas dari subjek.

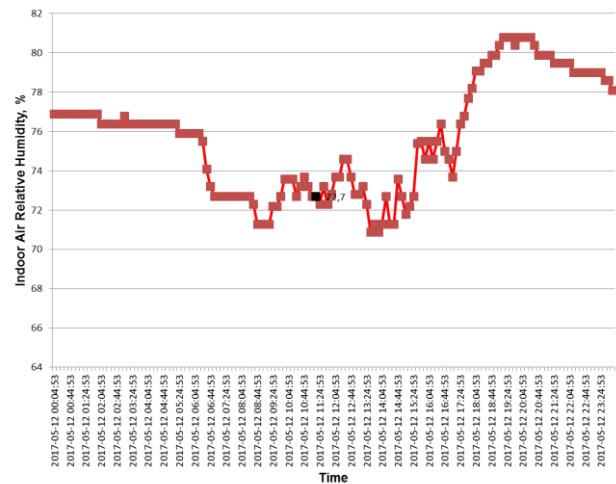
28,4 °C dengan variasi kelembaban relatif udara dalam ruangan 72,3 % sampai 74,6%.

Pada pkl. 11:00 saat dimana kuisioner dilengkapi oleh responden menunjukkan bahwa temperatur udara pada 27,9 °C dan kelembaban udara pada 72,7%, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4a dan b.

Hasil kuisioner menunjukkan bahwa terdapat 50% responden yang merasa nyaman dengan kondisi ruangan, akan tetapi ada 33,3% yang merasa sedikit panas dan 16,7% yang merasa kondisi ruangan panas. Jika hasil ini dibandingkan dengan preferensi panas responden maka dapat dikatakan tidak ada hal yang bertentangan bahkan



(a)



(b)

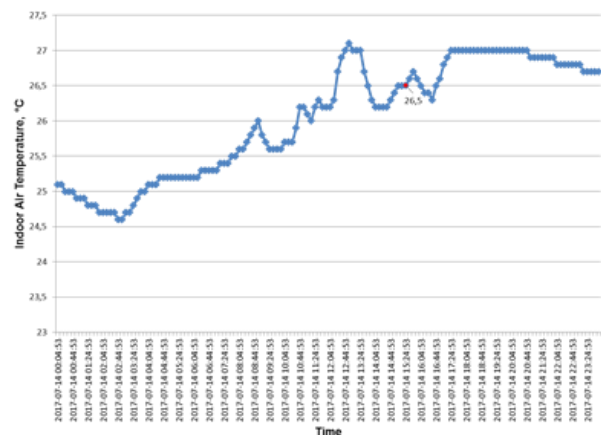
Gambar 4. Hasil pengukuran temperatur (a) dan kelembaban relatif udara (b) harian dalam ruang kantor untuk selang waktu siang hari.

sama persis, yakni dicatat ada 50% responden yang menginginkan kondisi ruangan tetap atau tidak berubah, tambah sedikit dingin 33,3% dan tambah dingin sebesar 16,7%, seperti ditampilkan pada Gambar 2 dan 3.

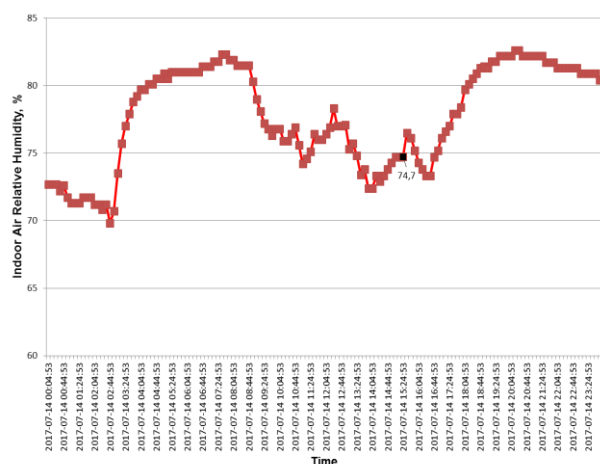
Gambar 5 menunjukkan profil temperatur dan kelembaban relatif harian, dimana pada sore hari temperatur berfluktuasi antara 26,2 °C dan 27 °C dengan kelembaban relatif 73-76%. Pada pkl. 15:24. saat dimana kuisioner dijalan dicatat temperatur dalam ruang kantor saat itu 26,5 °C dengan 74,7% kelembaban relatif udara dalam ruangan.

Untuk waktu tersebut, hasil tabulasi menunjukkan bahwa ada 44,4% sensasi panas responden menyatakan ruangan nyaman, 33,3% sedikit panas dan 22,3% menyatakan kondisi ruangan panas.

Jika dibandingkan dengan preferensi panas responden



(a)



(b)

Gambar 5. Hasil pengukuran temperatur (a) dan kelembaban relatif udara (b) harian dalam ruang kantor untuk selang waktu sore hari.

maka ada 44,4% menghendaki kondisi klimatis ruangan tetap, 44,4% menghendaki tambah sedikit dingin dan sisanya 11,2% menginginkan tambah lebih dingin (Gambar 2 dan 3).

Ketiga kondisi lingkungan panas ini serta sensasi dan preferensi panas penghuni ruangan kantor kemudian dibandingkan dengan perhitungan PMV dan PPD, disimpulkan memiliki konformitas yang tinggi dan sangat sesuai. Variabel personal ditentukan sebesar 1 *met* untuk laju metabolisme sedangkan jenis pakaian yang dipakai 0,57 *clo*. Nilai PMV yang diperoleh untuk ketiga selang waktu pagi-siang-sore hari menunjukkan angka 0,1 sampai 0,4 yang ekuivalen dengan sensasi panas: nyaman. Ini sesuai dengan hasil kuisioner dari seluruh responden pada 3 selang waktu tersebut yang menyatakan mereka merasa nyaman.

Tabel 1. Hasil perhitungan PMV dan PPD beserta temperatur (t_a) dan kelembaban udara (RH) dalam ruangan.

	WAKTU		
	7:00-10:00	10:00-13:00	13:00-17:00
t_a (°C)	27,3	27,9	26,5
RH (%)	73,5	72,7	74,7
PMV	0,1	0,4	0,4
PPD	5,2	8,3	8,3

*0,57 *clo*; 1 *met*; $v = 0,38-0,42$ m/s

Kendatipun secara umum responden dalam kondisi nyaman akan tetapi nilai PPD yang diperoleh menyatakan bahwa pagi hari ada 5,2% merasa tidak nyaman dan pada siang maupun sore hari ada 8,3% merasa tidak nyaman, seperti ditampilkan dalam Tabel 1.

Hasil ini harmonis dengan hasil penelitian Karyono (1996) yang melaporkan bahwa temperatur nyaman dari

pekerja kantor dalam ruangan ber AC berada pada selang 23,80 – 29,30 °C, dan temperatur netral pada 26,55 °C. Hasil yang diperoleh untuk ketiga waktu pagi-siang-sore berturut-turut masih dalam selang temperatur nyaman tersebut.

Hasil kuisioner menunjukkan bahwa apabila ada karyawan yang merasa tidak nyaman dengan ruangan kerjanya, maka usaha yang dilakukan lebih dahulu adalah dengan mengatur kembali suhu AC lebih dingin. Ketidaknyamanan tersebut apabila masih dapat ditolerir mereka akan bertahan melanjutkan pekerjaan; sebanyak 60% responden melakukan hal ini disebabkan adanya pengawasan atasan tetapi apabila tidak maka mereka menghentikan pekerjaan dengan melakukan kegiatan lain atau keluar ruangan. Menghentikan pekerjaan atau keluar ruangan kerja mengindikasikan bahwa tidak sepenuhnya ruangan kantor tersebut memiliki kontrol lingkungan fisik yang baik. Apabila pekerja mengalami ketidaknyamanan maka akan mengganggu kinerja mereka dan pada gilirannya berakibat penyelesaian pekerjaan yang tertunda atau tidak sesuai harapan.

Kesimpulan

Sensasi panas dari pegawai yang bekerja di ruang administrasi Fakultas Teknik Unsrat mengindikasikan dalam kategori nyaman pada tiga selang waktu: pagi-siang-sore. Persentase sensasi nyaman terbesar pada pagi hari dan menurun secara berturut-turut pada siang dan sore. Demikian juga dengan preferensi panas yang menunjukkan hubungan proporsional dengan sensasi panas. Hasil perhitungan PMV dan PPD dengan menggunakan hasil pengukuran kondisi fisik ruangan menunjukkan adanya keselarasan dengan hasil kuisioner. Meskipun rata-rata kondisi ruangan masuk dalam kategori nyaman pada tiga selang waktu pengukuran akan tetapi pegawai masih mengalami ketidaknyamanan 1 kali dalam seminggu. Usaha yang dilakukan pertama-tama apabila ruang tidak nyaman adalah menurunkan suhu AC lebih dingin. Sebanyak 60% dari pegawai akan meneruskan pekerjaannya meskipun kondisi ruangan tidak nyaman, selebihnya akan menghentikan pekerjaan dan mengalihkan pada kegiatan lain atau bahkan keluar ruangan. Respons demikian mengindikasikan adanya hubungan yang kuat antara kondisi fisik lingkungan kerja dengan tingkat tetap-tinggal dan berkonsentrasi dalam melakukan pekerjaan yang pada giliran menurunkan produktivitas kerja. Hasil ini bersifat sangat kualitatif masih dibutuhkan penelitian lanjutan yang lebih rinci memisahkan faktor-faktor internal dan motivasi kerja. Suatu metodologi yang lebih pas dan tepat dalam pengukuran produktivitas pada ruang kerja masih perlu dicari.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini adalah bagian dari Riset Unggulan Unsrat (RUU) yang didanai dengan PNPB Unsrat tahun anggaran 2017. Kami menyampaikan terima kasih kepada Ketua LPPM Unsrat atas dukungannya.

Daftar Pustaka

- Chua, S. J. L., Ali, A. S. & Lim, M. E. L. (2016). Physical Environment Comfort Impacts on Office Employee's Performance, *MATEC Web of Conference* 66, 00124.
- Clement-Croome, E. (1997). *Naturally Ventilated Building: Building for Senses, Economic and Society*, London: E & F Spoon Press.
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort. Analysis and Application in Environmental Engineering*, Copenhagen: Danish Technical Press, 244p.
- Givoni, B. (1978). *L'Homme, l'Architecture et le Climat*, Paris: Editions du Moniteur, 460p.
- ISO 7730. (2005). *Ergonomics of the Thermal Environment – Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*, ISO-2005, Geneva.
- Kajtar, L., Erdosi, I. & Bako-Biro, Z. (2000). Thermal and Air Quality, Comfort of Office Buildings Based on New Principles of Dimensioning in Hungary, *Periodica Polytechnica* 43.3.
- Karyono, T.H. (1996). Discrepancy between actual and predicted thermal votes of Indonesian workers in Jakarta, Indonesia, *Ambient Energy*, 17.2, p.95-100.
- Kindangen, J. I. (1993). *Coefficient de Vitesse en Bâtiments Large Ouverture sur l'Exterieur*, Mèmoire de DEA, INSA de Lyon.
- Kindangen, J. I. (1997a). Window and Roof Configurations for Comfort Ventilation. *Building Research and Information*, 25.4, p.215-225.
- Kindangen, J. I. (1997b). *Contribution à l'étude des coefficients de vitesse à l'aide de réseaux de neurons- Application à l'écoulement de de l'air dan les bâtiments pour le confort thermique en climat tropical humide*, Thèse de Docteur, INSA de Lyon.
- Kindangen, J. I., Krauss, G. & Depecker, P. (1997c). Effects of Roof Shapes on Wind-Induced Air Motion Inside Buildings. *Building and Environment*, 32.1, p.1-11.
- Kindangen, J. I., Waani, J. O., Sembel, A. S. & Tondobala, L. (2014). Investigation of Thermal Comfort in Passive and Low Energy Classroom Building. From Gender's Point of View, Proceedings: *Indoor Air 2014*, Hong Kong, H0277.
- Kindangen, J. I. (2006) Applicability of Design Elements and Passive Design for Comfort Ventilation. *The 2nd International Networks for Tropical Architecture (iNTA) Conference*, 3-5 April, Yogyakarta.
- Kindangen, J. I. (2017) *Pendinginan Pasif Untuk Arsitektur Tropis Lembab*, Yogyakarta: Deepublish, 241p.
- Li, Z. S., Zhang, G. Q. & Liu, J. L. (2005). Impact of Indoor Environment on Comfort and Productivity in Intelligent Building, Proceedings: *Indoor Air*, Beijing, China, p.314-317.
- McCartney, K. J. & Humphreys, M. A., (2002). Thermal Comfort and Productivity, Proceedings: *Indoor Air*, Monterey, California, p.822-827.
- Mochida, A., Yoshino, H., Takeda, T., Kakegawa, T. & Miyauchi, S. (2005). Methods for Controlling Airflow in and around a Building under Cross-Ventilation to Improve Indoor Thermal Comfort, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 93.6 p.437-449.
- Mochida, T. & Shimukura, K. (1994). Values of Wettedness Observed in Clothed Subject and Theoretical Equal Line of Average Skin Temperature, *The Annals of Physiological*, 13.4 p.197-203.
- Murakami, S., Kato, S. & Zeng, J. (1997). Flow and temperature fields around human body with various room air distribution. In: *Proc. of the ASHRAE Winter Meeting, Philadelphia*, 25-29 January 1997, 103, Part 1, 13p.
- Tarantini, M., Pernigotto, G. & Gasparella, A. (2017). A Co-Citation Analysis on Thermal Comfort and Productivity Aspects in Production and Office Buildings, *Buildings*, 7.36, p.1-17.