

KONDISI TERMAL PADA RUMAH MODERN DI DAERAH DINGIN (Studi Kasus Rumah Tinggal di Kejajar, Wonosobo)

Andhika Danu Dwi Prasetya¹, Hermawan*², Adinda Septi Hendriani³, Nasyiin Faqih⁴,
Annisa Nabila Arrizqi⁵

¹Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, andhikadanuu@gmail.com

²Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, hermawanarsit@gmail.com

³Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, adinda@unsiq.ac.id

⁴Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, nasyiin@unsiq.ac.id

⁵Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, nabilaibil1104@gmail.com

*Corresponding author

To cite this article: Prasetya, A. D. D, Hermawan, H. Hendriani, A. S. Faqih, N. Arrizqi, A. N. (2022). KONDISI TERMAL PADA RUMAH MODERN DI DAERAH DINGIN (Studi Kasus Rumah Tinggal di Kejajar, Wonosobo). Jurnal Ilmiah Arsitektur, 12(1), 29-36.

Author information

Andhika Danu Dwi Prasetyo, fokus riset bidang Arsitektur

Hermawan, fokus riset bidang arsitektur kenyamanan termal dan kearifan lokal, ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-1372-4206>, Scopus ID : 57200294003, Sinta ID : 5974550

Adinda Septi Hendriani, fokus riset arsitektur permukiman, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7990-4392>,

Nasyiin Faqih, fokus riset bidang Teknik Sipil, ORCID : <https://orcid.org/0000-0001-7559-3726>, Scopus ID : 57217683561, Sinta ID : 5980228

Annisa Nabila Arrizqi, fokus riset bidang Teknik Sipil.

Homepage Information

Journal homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars>

Volume homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/issue/view/221>

Article homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/article/view/2808>

KONDISI TERMAL PADA RUMAH MODERN DI DAERAH DINGIN (Studi Kasus Rumah Tinggal di Kejajar, Wonosobo)

Andhika Danu Dwi Prasetya¹, Hermawan*², Adinda Septi Hendriani³, Nasyiin Faqih⁴,
Annisa Nabila Arrizqi⁵

¹Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, andhikadanuu@gmail.com

²Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, hermawanarsit@gmail.com

³Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, adinda@unsiq.ac.id

⁴Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, nasyiin@unsiq.ac.id

⁵Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, nabilaibil1104@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Diterima : 20 Mei 2022

Direvisi : 1 Juni 2022

Disetujui : 2 Juni 2022

Diterbitkan : 30 Juni 2022

Kata Kunci :

Termal, rumah modern, pegunungan

ABSTRAK

Rumah merupakan tempat berteduh sekaligus tempat beraktivitas manusia sehingga diperlukan kenyamanan di dalam rumah. Masyarakat cenderung membuat rumah dengan bentuk modern dengan alasan karena kemewahan. Kondisi termal di rumah modern perlu diinvestigasi agar dapat diketahui kenyamanan termal pada rumah modern. Penelitian akan mengungkap kondisi termal di rumah modern pada daerah pegunungan yang mempunyai iklim dingin. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan cara pengukuran menggunakan alat termal. Variabel yang diukur adalah suhu udara, kelembaban udara dan beberapa variabel lain yang merupakan variabel dalam iklim mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumah modern di daerah dingin mempunyai suhu udara yang rendah sesuai dengan iklim mikro pegunungan. Beberapa ruang di dalam rumah modern menunjukkan suhu udara sejuk pada jam siang dan dingin pada pagi hari.

ARTICLE INFO

Article History :

Received : May 20, 2022

Revised : June 1, 2022

Accepted : June 2, 2022

Published: June 30, 2022

Keywords:

Thermal, modern house, mountains

ABSTRACT

The house is a place of shelter as well as a place for human activities so that comfort is needed in the house. People tend to make houses with modern forms on the grounds of luxury. Thermal conditions in modern homes need to be investigated in order to determine the thermal comfort in modern homes. The research will reveal the thermal conditions in modern homes in mountainous areas that have cold climates. The research uses quantitative methods by measuring using a thermal device. The variables measured are air temperature, humidity and several other variables which are variables in the microclimate. The results showed that modern houses in cold areas have low air temperatures according to the mountainous microclimate. Some rooms in modern homes show cool air temperatures in the afternoon and cold in the morning.

PENDAHULUAN

Kenyamanan termal menjadi penting untuk diungkap pada bangunan agar memberikan dampak yang baik terhadap aktivitas manusia. Kenyamanan termal juga bisa menciptakan penghematan energi pada bangunan. Bangunan yang bisa mencapai kenyamanan termal tidak membutuhkan energi besar dalam operasionalisasi di dalam bangunan. Penggunaan alat untuk menciptakan kenyamanan termal akan membuat bangunan melakukan pemborosan energi (Illankoon & Lu, 2019).

Kenyamanan termal lebih diperhatikan pada daerah panas karena perlunya alat pendinginan pada daerah panas. Alat yang diperlukan untuk pendinginan dianggap lebih besar dibandingkan dengan alat pemanasan. Pada daerah dingin, rumah tinggal yang tidak bisa memberikan kehangatan juga membutuhkan alat untuk membuat bangunan menjadi lebih hangat. Pada rumah tradisional, penghangatan di daerah dingin menggunakan tungku api. Pada daerah dingin, penghangatan dengan menggunakan tungku api menjadi salah satu budaya dalam rumah tinggal (Hermawan, Prijotomo & Dwisusanto, 2020)

Rumah tinggal tradisional telah banyak ditinggalkan dan berganti dengan rumah tinggal modern. Rumah tinggal tradisional di daerah pegunungan menggunakan material dinding batu kali dan kayu. Pada daerah pegunungan, rumah kayu dianggap memberikan kehangatan dibandingkan dengan rumah batu (Hermawan et al., 2020). Masyarakat yang membangun rumah tinggal seringkali tidak memperhatikan kondisi termal pada rumah tinggal tersebut. Masyarakat hanya memperhatikan model dari rumah tinggal tersebut. Pada rumah tinggal modern di wilayah pegunungan juga masih ada yang menggunakan tungku api sebagai penghangatan (Pancawati & Ami, 2015).

Hubungan termal dan arsitektur sangat erat. Perencanaan dalam arsitektur akan mempengaruhi kenyamanan termal. Saat ini berkembang kenyamanan termal adaptif yang memperhatikan persepsi termal manusia. Kenyamanan termal adaptif yang berhubungan dengan persepsi membuat desain bangunan sangat penting untuk diperhatikan (Hermawan & Švajlenka, 2021).

Rumah tinggal modern di daerah pegunungan dikhawatirkan akan membuat rumah tinggal lebih sejuk dibandingkan dengan rumah kayu. Kondisi termal pada rumah modern perlu diungkap agar kenyamanan termal bisa tercapai pada rumah tinggal modern. Tujuan penelitian adalah untuk mengungkap kondisi termal rumah modern di daerah pegunungan (dingin).

METODE

Metode yang pada penelitian ini adalah dengan melakukan pengukuran langsung pada objek. Pengukuran langsung dengan menggunakan alat ukur yang sudah disiapkan seperti Detector carbon dioxide, Light meter, Thermometer, Anemometer,

dan Environment meter. Penelitian berlangsung selama lima hari dengan pembagian enam hari di Rumah Tinggal Bapak Setiadi Basuki JL. Tambi, Kejajar, Wonosobo.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis statistik deskriptif, yang mana digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya. Adapun tahapan analisis data yang dilakukan adalah membandingkan hasil pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan udara pada pagihari dan siang hari dengan standar. Setelah itu, membandingkan hasil pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan udara selama lima hari berturut-turut yaitu hari Senin sampai Jumat dengan standar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi kali ini berada di rumah yang berlokasi di Desa Tambi, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo Rt 26 Rw 09. Rumah ini berada di ketinggian sekitar 1376 mdpl udara yang dirasakan adalah dingin. Lokasi rumah juga berada di pemukiman padat serta di lahan miring dengan luas jalan 2.5 M² dibelah kanan bangunan dan jalan gang tepat di depan rumah dengan luas jalan 1.5 M² hanya dapat dilalui oleh roda 2. Suhu udara di daerah ini pada siang hari terasa sejuk dan pada malam hari terasa dingin dengan kisaran suhu 20° - 25°C pada siang hari pukul 07: 00 Pagi hari – 16:00 Sore hari dan pada malam hari pukul 18:00 Sore hari – 04:00 Dini hari. Bangunan rumah berada di tengah pemukiman dengan bangunan rumah tetangga berada di damping kanan, kiri, belakang dan depan. Angin biasanya dirasakan pada: Angin dari Selatan Pukul 06.00 - 08.00 pagi, Angin dari Barat Pukul 09.00 – 13.30 siang, Angin dari Timur Pukul 18.00 – 22.00 malam.

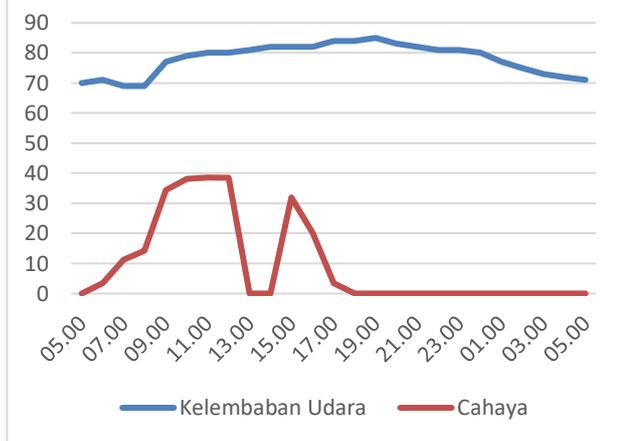


Gambar 1. Tampak Depan dan Ruang Tamu

Rumah berlantai dua dengan luas 145 m² ini menghadap ke arah utara dan timur, untuk material yang digunakan rumah ini menggunakan pasangan batako, lantai sebagian beton dan keramik, untuk atap sebagian beton dan atap limasan dengan material seng. Ruang Tamu berada di lantai 1 bangunan untuk pencahayaan di ruang tamu 2 ini cahaya masuk dari arah Barat. Cahaya masuk dengan sangat baik ke dalam ruangan sekitar pukul 09.00 ke atas dikarenakan cahaya yang masuk terhalang dengan rumah tetangga presentase cahaya yang masuk lebih baik dari Ruang Tamu 1 dan sudah cukup untuk kegiatan di ruang tamu itu

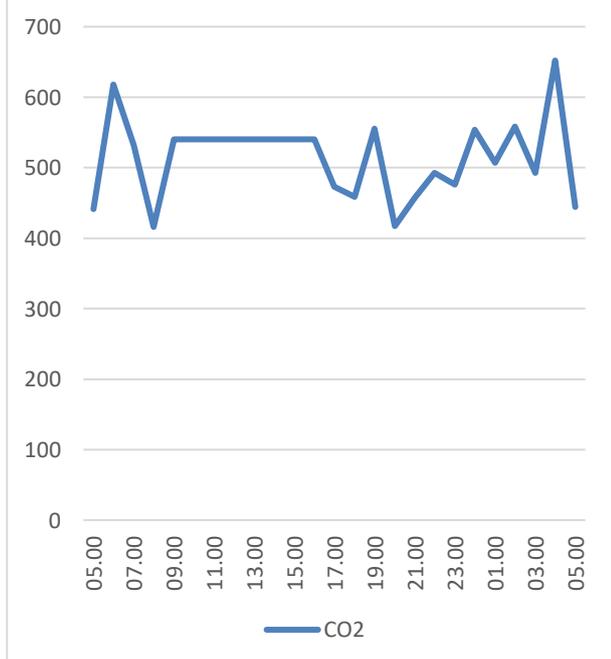
sendiri. Ruang tamu dengan luas 3 m x 2,5 m ini memiliki perabotan yang lumayan sesak.

Ventilasi Ruang Tamu meliputi : 1)2 Jendela berbahan dasar kusen kayu dan kaca yang berada di bagian tengah. Seharusnya dengan ukuran ventilasi cahaya dapat masuk dengan baik jika tidak ada penghalang. Penghawaan di Ruang Tamu : Pagi hari terasa dingin suhu rata – rata 19°. Siang dan sore hari terasa sejuk suhu rata rata 23°. Malam hari terasa dingin suhu rata – rata 16°. Untuk kecepatan angin didalam ruangan ini mulai terasa pada pukul 12:00 keatas. Untuk kelembaban sendiri ruangan ini cukup lembab dikarenakan suhu udara yang rendah.



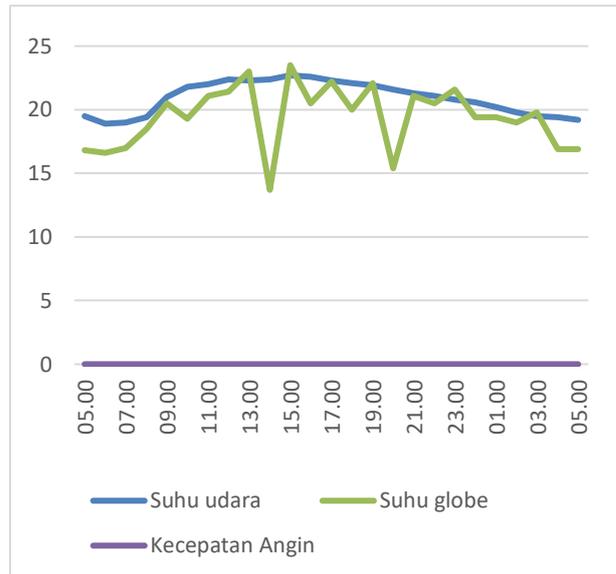
Gambar 2. Grafik Kelembaban udara dan Cahaya Ruang Tamu

Kelembaban tertinggi : pukul 19:00 yaitu 85%. Kelembaban terendah : pukul 06:00 dan 07:00 yaitu 69%. Rata-rata kelembaban : 78%. Cahaya tertinggi : 0, lux. Cahaya terendah : pukul 17:00 yaitu 3,41 lux



Gambar 3. Grafik CO2 Ruang Tamu

CO2 tertinggi : pukul 04:00 yaitu 652. CO2 terendah : pukul 08:00 yaitu 416. Rata rata CO2 pada ruang tamu : 514,6.



Gambar 4. Grafik Suhu Udara, Suhu Globe dan Kecepatan angin Ruang Tamu

Suhu udara tertinggi : pukul 15:00 yaitu 22,7°. Suhu udara terendah : pukul 07:00 yaitu 19°. Rata-rata suhu udara di ruang tamu : 20,95°. Suhu globe tertinggi : pukul 15:00 yaitu 23,5°. Suhu globe terendah : pukul 14:00 yaitu 13,7°. Rata-rata suhu globe di ruang tamu : 19,44°.

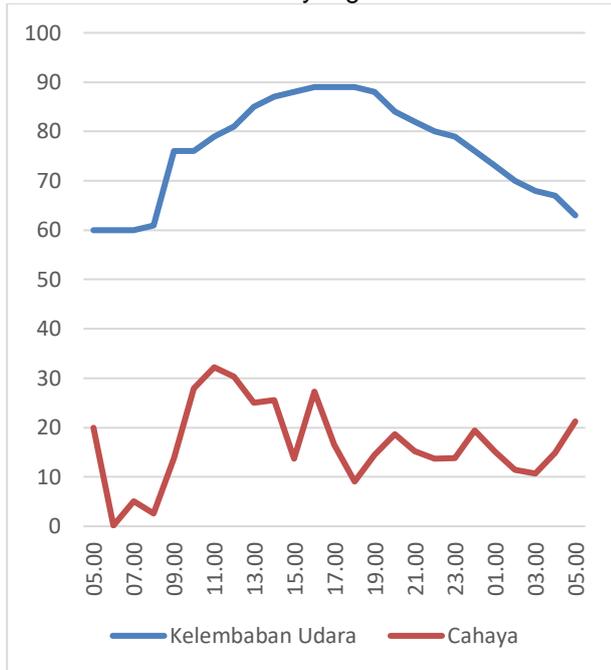


Gambar 5. Ruang Keluarga

Ruang Keluarga berada di lantai 1 bangunan untuk pencahayaan di ruang keluarga ini cahaya masuk dari arah Timur (Pintu Lantai 2) dan dari arah utara . Cahaya masuk dengan baik ke dalam ruangan sekitar pukul 08.00 ke atas presentase cahaya yang masuk sudah cukup untuk kegiatan di ruang keluarga itu sendiri.. Ruang keluarga dengan luas 3,5 m x 5 m ini memiliki perabotan yang tidak sesak.

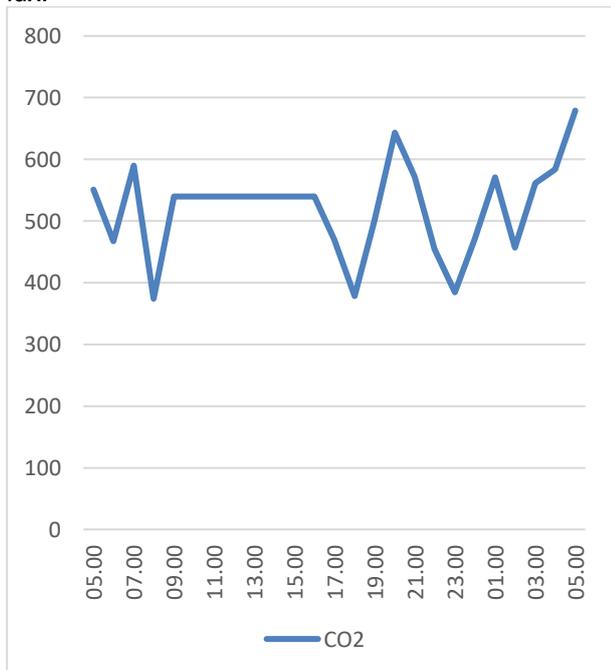
Ventilasi Ruang Keluarga meliputi 1)pintu berbahan dasar kusen kayu dan kaca. 2)jendela berbahan dasar kusen kayu dan kaca. Dengan ukuran ventilasi harusnya sudah cukup untu cahaya dapat masuk dengan baik. Penghawaan di Ruang Keluarga : Pagi hari terasa dingin, Siang dan sore hari terasa sejuk, Malam hari terasa sejuk. Untuk kecepatan angin didalam ruangan ini terasa sedikit

apabila pintu di lantai 2 di buka lebar. Untuk kelembaban sendiri ruangan ini cukup lembab dikarenakan suhu udara yang rendah.



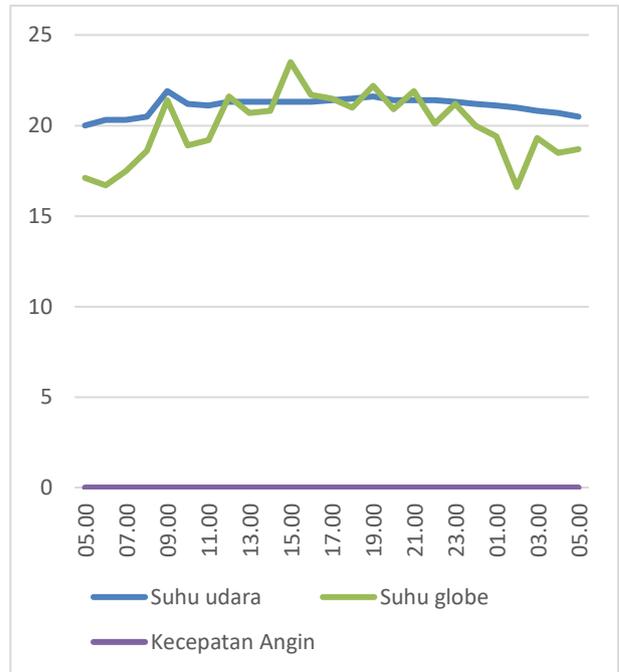
Gambar 6. Grafik Kelembaban Udara dan Cahaya Ruang Keluarga

Kelembaban tertinggi : pukul 16:00 yaitu 89%, Kelembaban terendah : pukul 05:00 dan 07:00 yaitu 60%. Rata-rata kelembaban : 76,4%. Cahaya tertinggi : pukul 11:00 32,22 lux. Cahaya terendah : pukul 06:00 yaitu 0,14 lux. Rata-rata cahaya : 16,71 lux.



Gambar 7. Grafik CO2 Ruang Keluarga

CO2 tertinggi : pukul 05:00 yaitu 679. CO2 terendah : pukul 08:00 yaitu 374. Rata rata CO2 pada ruang tamu : 521,8.



Gambar 8. Grafik Suhu Udara, Suhu Globe dan kecepatan Angin Ruang Keluarga

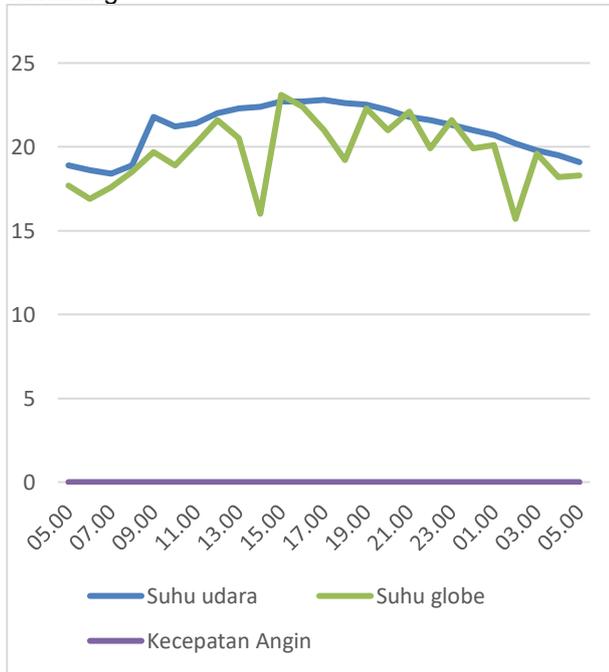
Suhu udara tertinggi : pukul 09:00 yaitu 21,9°. Suhu udara terendah : pukul 05:00 yaitu 20°. Rata-rata suhu udara di ruang tamu : 21,084°. Suhu globe tertinggi : pukul 15:00 yaitu 23,5°. Suhu globe terendah : pukul 02:00 yaitu 16,6°. Rata-rata suhu globe di ruang tamu : 19,96°.



Gambar 9. Dapur

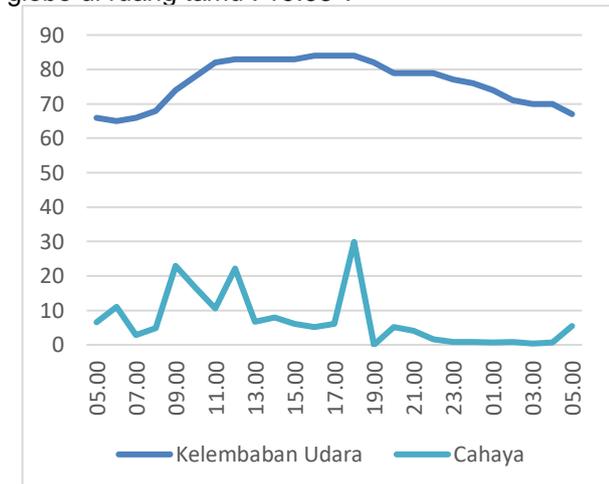
Ruang Dapur berada di lantai 1 bangunan untuk pencahayaan di ruang ini cahaya masuk dari arah timur dan utara. Cahaya masuk dengan sangat baik ke dalam ruangan sekitar pukul 08.00 ke atas cahaya yang masuk tidak terhalang dengan rumah tetangga presentase cahaya yang masuk sudah cukup untuk kegiatan di ruang Dapur itu sendiri. Ruang dengan luas 1,5 m x 2 m ini memiliki perabotan yang lumayan

sesak. Ventilasi Dapur meliputi : 1)Jendela permanen berbahan dasar kaca. 2)Ventilasi berbahan kusen di bagian atas berbahan dasar kusen kayu dan besi. Ukuran ventilasi yang panjang sangat mendukung untuk pencahayaan kegiatan di ruangan ini. Penghawaan di ruang Dapur:Pagi hari terasa dingin. Siang dan sore netral. Malam hari terasa sejuk. Untuk kecepatan angin didalam ruangan ini yang saya rasakan lumayan kencang karena angin masuk dari setiap ventilasi. Untuk kelembaban sendiri ruangan ini tidak lembab dikarenakan cahaya dan udara yang masuk tidak terhalang



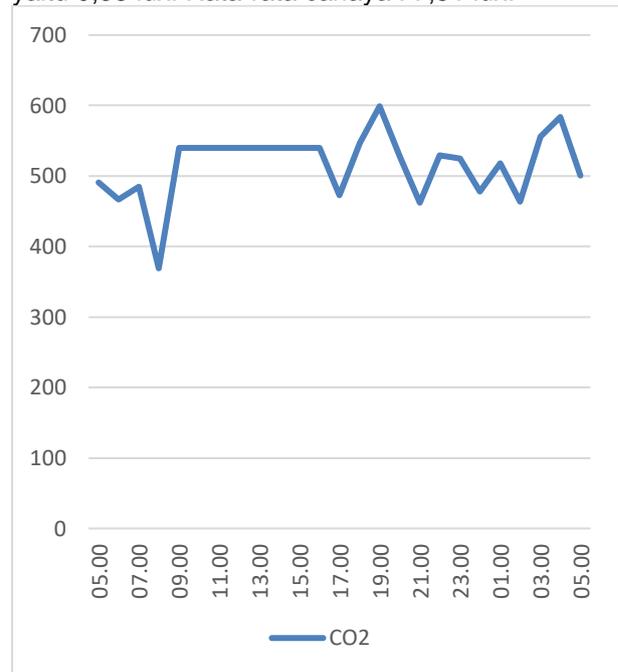
Gambar 10. Grafik Suhu Udara, Suhu Globe dan Kecepatan Angin di Dapur

Suhu udara tertinggi : pukul 17:00 yaitu 22,8°. Suhu udara terendah : pukul 07:00 yaitu 18,4°. Rata-rata suhu udara di ruang tamu : 21.056°. Suhu globe tertinggi : pukul 15:00 yaitu 23.1°. Suhu globe terendah : pukul 02:00 yaitu 15,7°. Rata-rata suhu globe di ruang tamu : 19.68°.



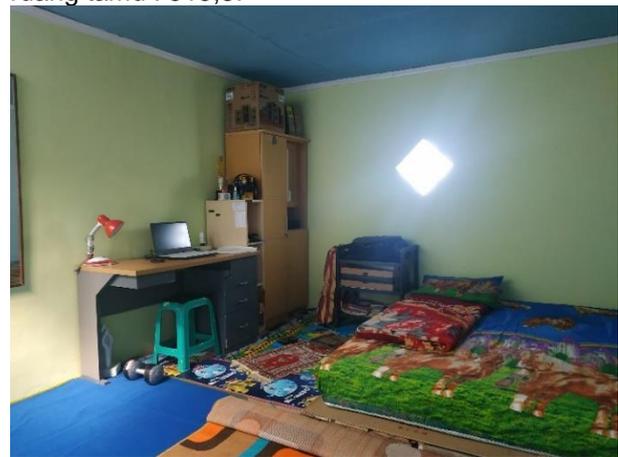
Gambar 11. Grafik Kelembaban udara dan Cahaya di Dapur

Kelembaban tertinggi : pukul 16:00 yaitu 84%. Kelembaban terendah : pukul 06:00 yaitu 65%. Rata-rata kelembaban : 76,28%. Cahaya tertinggi : pukul 19:00 yaitu 0, lux. Cahaya terendah : pukul 03:00 yaitu 0,38 lux. Rata-rata cahaya : 7,51 lux.



Gambar 12. Grafik CO2

CO2 tertinggi : pukul 19:00 yaitu 599. CO2 terendah : pukul 08:00 yaitu 369. Rata rata CO2 pada ruang tamu : 515,8.

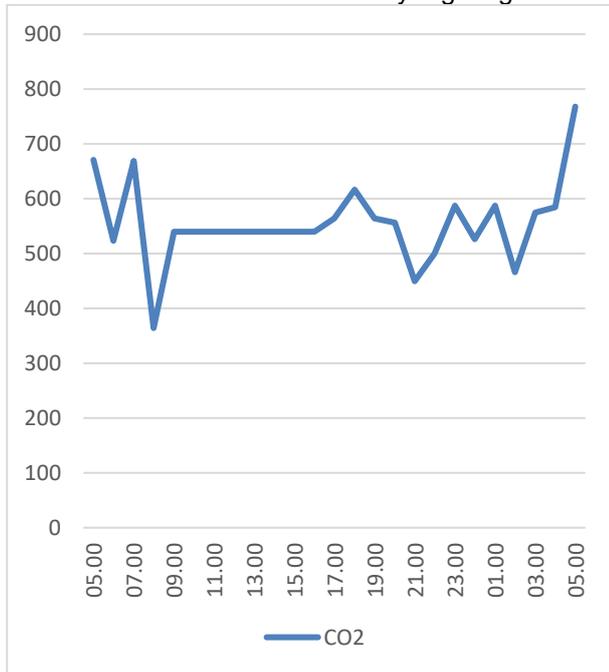


Gambar 13. Kamar Tidur

Kamar Tidur berada di lantai 2 bangunan untuk pencahayaan di Kamar Tidur ini cahaya masuk dari arah utara dan atap. Cahaya masuk dengan sangat baik ke dalam ruangan sekitar pukul 08.00 ke atas cahaya yang masuk tidak terhalang dengan rumah tetangga presentase cahaya yang masuk sudah cukup untuk kegiatan di ruang tamu itu sendiri. Kamar Tidur dengan luas 3,5 m x 5 m ini memiliki perabotan yang tidak sesak.

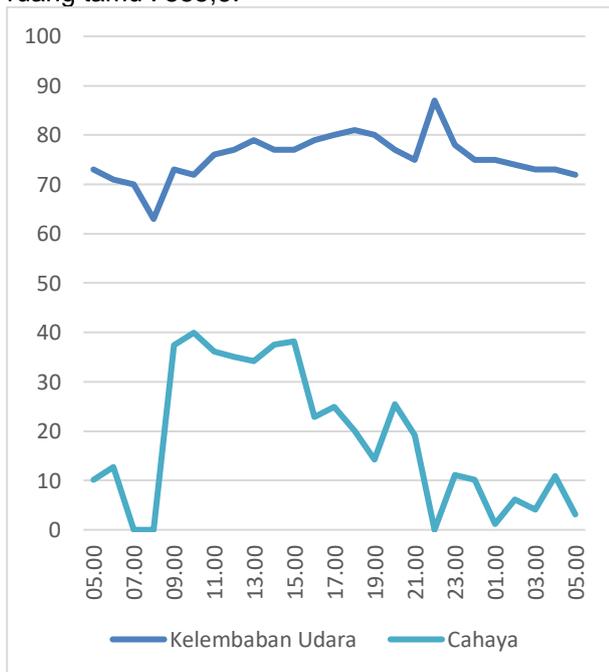
Ventilasi Kamar Tidur meliputi : Pintu berbahan dasar kusen kayu. Atap seng transparan berbahan dasar plastic. Penghawaan di Kamar : Pagi hari terasa dingin Suhu rata – rata 16°. Siang dan sore

hari terasa sejuk Suhu rata – rata 20°. Malam hari terasa dingin. Suhu rata – rata 16°. Untuk kecepatan angin didalam ruangan ini yang saya rasakan cukup kencang dan dingin karena ruangan ini berada di lantai 2 berbeda dengan ruangan yang berada di lantai 1. Untuk kelembaban sendiri ruangan ini cukup lembab dikarenakan suhu udara yang dingin.



Gambar 14. CO2 di Kamar Tidur

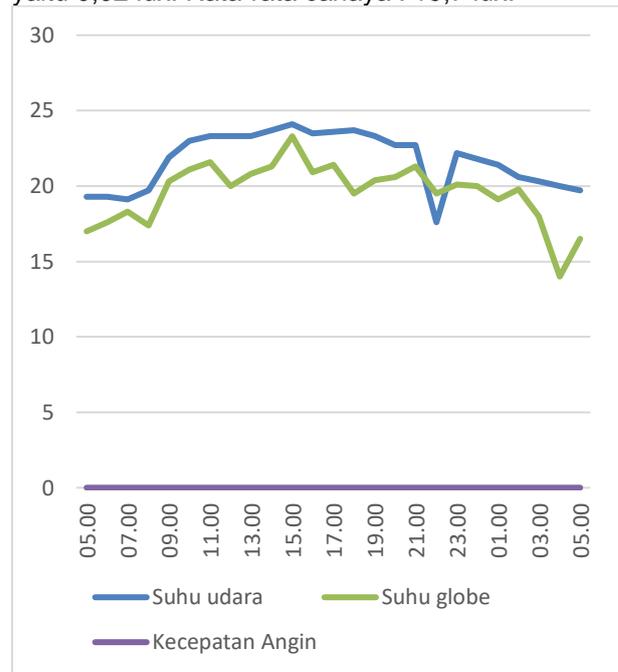
CO2 tertinggi : pukul 05:00 yaitu 768. CO2 terendah : pukul 08:00 yaitu 364. Rata rata CO2 pada ruang tamu : 555,6.



Gambar 15. Kelembaban Udara dan Cahaya di Kamar Tidur

Kelembaban tertinggi : pukul 22:00 yaitu 87%. Kelembaban terendah : pukul 08:00 yaitu 63%. Rata-rata kelembaban : 75,48%. Cahaya tertinggi : pukul

07:00 yaitu 0, lux. Cahaya terendah : pukul 22:00 yaitu 0,02 lux. Rata-rata cahaya : 19,7 lux.



Gambar 16. Suhu Udara, Suhu Globe dan Kecepatan Angin di Kamar Tidur

Suhu udara tertinggi : pukul 15:00 yaitu 24,1°. Suhu udara terendah : pukul 22:00 yaitu 17,6°. Rata-rata suhu udara di ruang tamu : 21,724. Suhu globe tertinggi : pukul 15:00 yaitu 23,3°. Suhu globe terendah : pukul 04:00 yaitu 14°. Rata-rata suhu globe di ruang tamu : 19,59°.

Variabel suhu udara dan kelembaban udara pada wilayah dingin sangat berbeda dengan wilayah panas (Hermawan, 2018). Pada wilayah panas, kenyamanan termal selalu dihubungkan dengan pemborosan energi pada saat bangunan tidak bisa menciptakan kenyamanan termal. Simulasi tentang bangunan agar bisa menciptakan kenyamanan termal perlu selalu dilakukan agar didapat model bangunan yang menciptakan kenyamanan termal (Perera & Skeie, 2016). Variabel kenyamanan termal pada masing-masing ruang berbeda-beda meskipun tidak begitu jauh perbedaannya. Kepadatan ruang sedikit mempengaruhi variabel keyamanan ruang (Chan & Liu, 2018). Pada penelitian juga telah diukur variabel karbon dioksida yang menjadi penting pada saat ini dengan merabaknya virus covid perlu untuk selalu dipantau sehingga udara di dalam ruang lebih sehat (Panaras et al., 2018). Kondisi ruang dalam yang sehat akan mengurangi bangunan sakit (sick building). Bangunan sakit akan membuat penghuni sakit sehingga perlu dicegah dengan memperhatikan kondisi udara di dalam ruang (Anghelita, 2015).

PENUTUP

Pengamatan dilakukan terhadap persepsi koresponden terhadap kondisi termal setiap ruangan menggunakan alat ukur mulai persepsi secara umum tentang wilayah secara keseluruhan sampai dengan persepsi kondisi termal secara khusus pada setiap

ruangan. Pada persepsi kondisi termal antara ruangan-ruangan di rumah Bapak Setiadi Basuki Tambi, Kejajar, Wonosobo, cukup nyaman untuk dihuni dengan udara yang relatif dingin. Masyarakat sudah terbiasa dengan udara yang dingin. Kondisi termal pada rumah modern belum bisa mendapatkan suhu udara yang ideal sesuai dengan standar kenyamanan termal di pegunungan.

hearth (pawon) space in Tenggerese house. *Archnet-IJAR*, 9(1), 144–157. <https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v9i1.502>
Perera, D. W. U., & Skeie, N.-O. (2016). Modeling and Simulation of Multi-Room Buildings. *Modeling, Identification and Control: A Norwegian Research Bulletin*, 37(2), 99–111. <https://doi.org/10.4173/mic.2016.2.2>

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Amin Syafa'at, Muhamad Abi Aufa, Anggit Cahyo Wibowo, Indra Lesmana yang melakukan survey untuk mendapatkan data sehingga terselesaikannya artikel hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anghelita, P. (2015). Some Aspects about Indoor Environmental Quality. *ELECTROTEHNICĂ, ELECTRONICĂ, AUTOMATICĂ*, 63(4), 93–100.
- Chan, I. Y. S., & Liu, A. M. M. (2018). Effects of neighborhood building density, height, greenspace, and cleanliness on indoor environment and health of building occupants. *Building and Environment*, 145, 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.028>
- Hermawan, Prijotomo, J., & Dwisusanto, Y. B. (2020). The Geni tradition as the center of the shelter for Plateau Settlements. *Ecology, Environment and Conservation*, 26(1), 34–38.
- Hermawan, H. (2018). Studi lapangan variabel iklim rumah vernakular pantai dan gunung dalam menciptakan kenyamanan termal adaptif. *Jurnal Arsitektur ZONASI*, 1(2), 96. <https://doi.org/10.17509/jaz.v1i2.12467>
- Hermawan, H., & Švajlenka, J. (2021). The connection between architectural elements and adaptive thermal comfort of tropical vernacular houses in mountain and beach locations. *Energies*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/en14217427>
- Hermawan, Sunaryo, & Kholil, A. (2020). The analysis of thermal performance of vernacular building envelopes in tropical high lands using Ecotect. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 423(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/423/1/012004>
- Illankoon, I. M. C. S., & Lu, W. (2019). Optimising choices of 'building services' for green building: Interdependence and life cycle costing. *Building and Environment*, 161(June), 106247. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106247>
- Panaras, G., Markogiannaki, M., Tolis, E. I., Sakellaris, Y., & Bartzis, J. G. (2018). Experimental and theoretical investigation of air exchange rate of an indoor aquatic center. *Sustainable Cities and Society*, 39, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.012>
- Pancawati, D., & Ami, A. (2015). Segmentation of