

Aspek Arsitektur, Kenyamanan Termal dan Ekonomi Rumah Tinggal di Desa Kledung, Temanggung

Hermawan¹⁾

¹⁾ Universitas Sains Al-Qur'an, Wonosobo

¹⁾ hermawanarsit@gmail.com

Abstrak

Permasalahan pemanasan global bisa mempengaruhi semua disiplin ilmu. Arsitektur merupakan satu disiplin ilmu yang memadukan keruangan, fisika bangunan dan ekonomi. Permasalahan dalam arsitektur akibat pemanasan global adalah penggunaan peralatan kenyamanan yang menyebabkan pemborosan energi (faktor ekonomi). Tujuan penelitian melihat aspek arsitektur, kenyamanan termal dan ekonomi pada rumah tinggal di Desa Kledung, Temanggung. Metode penelitian menggunakan metode kualitatif yang dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan mendapatkan informasi dari informan. Metode kuantitatif dengan cara pengukuran alat termal menjadi pelengkap dalam penelitian ini. Pengambilan data didokumentasikan dengan foto dan gambar arsitektur. Analisa data dilakukan dengan analisa deskriptif dan mengkaitkan dengan artikel lain. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa aspek arsitektur, kenyamanan termal dan ekonomi saling terkait. Ruang arsitektur yang semakin modern akan membutuhkan biaya yang semakin besar dan kepuasan termal yang semakin tinggi.

Kata kunci : termal, peralatan kenyamanan, ekonomi, pemborosan.

Abstract

The problem of global warming can affect all scientific disciplines. Architecture is a scientific discipline that combines space, building physics and economics. The problem in architecture due to global warming is the use of comfort equipment which causes energy waste (economic factors). The aim of the research is to look at the architectural, thermal comfort and economic aspects of residential houses in Kledung Village, Temanggung. The research method uses qualitative methods which are carried out by making observations and obtaining information from informants. Quantitative methods using thermal measurement tools are complementary to this research. Data collection is documented with photographs and architectural drawings. Data analysis was carried out using descriptive analysis and linking it with other articles. The research results show that architectural, thermal comfort and economic aspects are interrelated. Increasingly modern architectural spaces will require greater costs and higher thermal satisfaction.

Keywords: thermal, comfort equipment, economy, waste.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi pada bangunan perlu dipertimbangkan agar bangunan tidak boros biaya. Pemborosan energi termasuk dalam faktor ekonomi yang perlu diperhatikan dalam perancangan arsitektur. Faktor ekonomi menjadi salah satu faktor yang penting dalam penilaian kinerja bangunan terutama kinerja termal bangunan. Bangunan hemat energi atau dikenal dengan net-zero menjadi topik yang selalu diangkat untuk melakukan penghematan energi (Satola et al., 2022). Potensi penghematan ekonomi melalui optimalisasi kesehatan ruang dalam bangunan bisa terwujud dengan menghasilkan bangunan yang sehat. Kualitas udara ruang dalam bisa tercapai dengan perancangan arsitektur yang memperhatikan kaidah kesehatan (Ortiz et al., 2019). Sistem Heating, Ventilation, Air Conditioning (HVAC) yang konvensional masih digunakan dan menjadikan rumah tinggal mampu mengkondisikan udara. Sistem pemanasan dan pendinginngn memerlukan energi yang tidak sedikit sehingga perlu dirancang sistem HVAC yang efektif sehingga dari sisi ekonomi menjadi terjangkau (Rawal et al., 2020).

Pengembangan metode penggunaan sistem pendinginan dan pemanas dengan menggunakan energi yang minimalis menjadi perhatian para ahli bangunan. Model predictive control (MPC) menjadi salah satu

metode efektif yang mengontrol penggunaan AC. MPC akan menciptakan efektivitas ekonomi dalam penggunaan energi dalam bangunan (Song et al., 2020). Metode lain untuk pengurangan penggunaan energi dengan perbaikan material. Salah satu perbaikan bangunan dengan menggunakan Phase Change Material (PCM). Investasi PCM cukup besar namun bisa mengurangi pemborosan energi dan efektif dari sisi ekonomi (Park et al., 2020). Beberapa bangunan memaksakan menggunakan sistem pengkondisian udara meskipun dalam kondisi ekonomi yang buruk. Kondisi elemen bangunan yang buruk membuat pengkondisian udara menjadikan aspek pemborosan energi. Kondisi ekonomi buruk menjadi salah satu perhatian dalam mempergunakan pengkondisian udara (Costa et al., 2019).

Rumah pasif menjadi alternatif dalam menemukan cara pengurangan konsumsi energi. Efektifitas ekonomi yang didapat dari metode rumah pasif yaitu tiga tahap yang menggabungkan analisis redundansi (RDA), Gradient Boosted Decision Trees (GBDT) dan algoritma genetika penyortiran non-dominasi (NSGA-II). Ketiga langkah tersebut mampu menjadikan rumah pasif sebagai strategi dalam pengurangan aspek ekonomi (Wang et al., 2020). Ketidaknyamanan pada bangunan terjadi pada banyak bangunan umum sehingga membuat aktivitas penghuni tidak maksimal. Kurang maksimalnya aktivitas penghuni juga bisa menyebabkan aspek ekonomi menjadi terganggu. Ketidaknyamanan yang disebabkan kurangnya kualitas udara di dalam ruang perlu segera diantisipasi dengan adanya perbaikan pada bangunan (Barbosa et al., 2020). Penelitian tentang arsitektur, kenyamanan termal dan ekonomi menjadi ranah yang penting untuk menciptakan bangunan murah dan nyaman. Aspek arsitektur menjadi poin penting dalam pemenuhan bangunan murah dan nyaman. Penelitian ini bertujuan menggali informasi dari rumah tinggal di daerah dingin dari aspek arsitektur, kenyamanan termal dan ekonomi.

2. KAJIAN PUSTAKA

Aspek arsitektur dan kenyamanan termal telah banyak dibahas namun kedua aspek masih relevan untuk dibahas karena permasalahan pemanasan global yang melanda dunia masih terjadi dan bertambah parah. Arsitektur dianggap meningkatkan dampak lingkungan yang salah satunya adalah pemanasan global (Honarvar et al., 2022). Penelitian tentang arsitektur dan pemanasan global berkaitan erat dengan kenyamanan termal. Penelitian tentang kenyamanan termal menghasilkan model kenyamanan termal adaptif yang dianggap bisa menjadikan arsitektur melakukan penghematan energi. Model kenyamanan termal adaptif terkait dengan aspek kenyamanan termal manusia yang dilihat dari persepsi termal (Rawal et al., 2022). Kondisi cuaca penting diketahui agar penggunaan peralatan kenyamanan termal tepat sesuai dengan prediksi kenyamanan termal penghuni bangunan. Jasa prakiraan cuaca mempunyai peran besar dalam mengurangi pemborosan energi. Efisiensi faktor ekonomi akan tercipta dengan adanya jasa prakiraan cuaca (Chen et al., 2022).

Penelitian arsitektur dan kenyamanan termal bisa dilakukan dengan banyak metode. Salah satu metode dilakukan dengan menggunakan software simulasi. Penelitian arsitektur dengan simulasi akan menciptakan model bangunan yang mirip dengan aslinya. Faktor iklim seperti aliran udara yang dipadukan dengan peletakan vegetasi dapat membantu menciptakan kenyamanan termal. Simulasi dilakukan berdasarkan pada kondisi asli di lapangan yang dimasukkan ke dalam software simulasi (Zhang et al., 2019). Metode lainnya adalah dengan pengukuran variabel termal di lapangan dengan menggunakan alat termal. Beberapa metode bisa dilakukan baik kuantitatif maupun kualitatif. Pemilihan metode penting dilakukan kajian agar penelitian menggunakan metode penelitian dengan tepat sehingga hasil penelitian menjadi akurat (San Miguel-Bellod et al., 2018). Penelitian arsitektur dan kenyamanan termal sangat erat kaitannya dengan faktor ekonomi. Penelitian yang menggabungkan ketiganya belum banyak dilakukan. Kaitan ketiga aspek atau variabel masih selalu digali sehingga analisa menjadi komprehensif.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan dua sumber data yaitu data kualitatif yang berupa anggapan ataupun opini para penghuni rumah serta hasil dokumentasi. Sedangkan untuk data kuantitatif berasal dari data hasil pengukuran alat – alat, yang meliputi pengukuran data suhu udara, kelembapan, suhu radiasi, dan kecepatan angin. Penelitian ini dilakukan di desa Kledung, Kecamatan Kledung, kabupaten Temanggung, yang dilakukan di enam rumah yang berbeda type. Penelitian dilaksanakan pada hari yang berbedasehingga terjadi perbedaan cuaca antara rumah yang di teliti. Obyek penelitian adalah rumah tinggal dengan material dinding dan lantai yang berbeda. Dinding dan lantai rumah tinggal diantaranya adalah dinding plaster, dinding kayu,

dinding bata ekspos, lantai keramik, lantai plaster, lantai tanah. Material merupakan selubung bangunan yang mempunyai perbedaan variabel termal sehingga obyek memenuhi kriteria untuk penelitian kenyamanan termal. Obyek penelitian berjumlah enam rumah tinggal dengan material yang berbeda. Penentuan obyek penelitian berdasarkan pada jenis material dan kesediaan penghuni untuk dijadikan obyek penelitian. Analisa data menggunakan analisa deskripsi dari hasil pengukuran maupun dari hasil pengamatan dan wawancara. Pengambilan kesimpulan dipadukan antara aspek arsitektur, kenyamanan termal dan ekonomi.



Gambar 1. Alat ukur termal di ruangan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

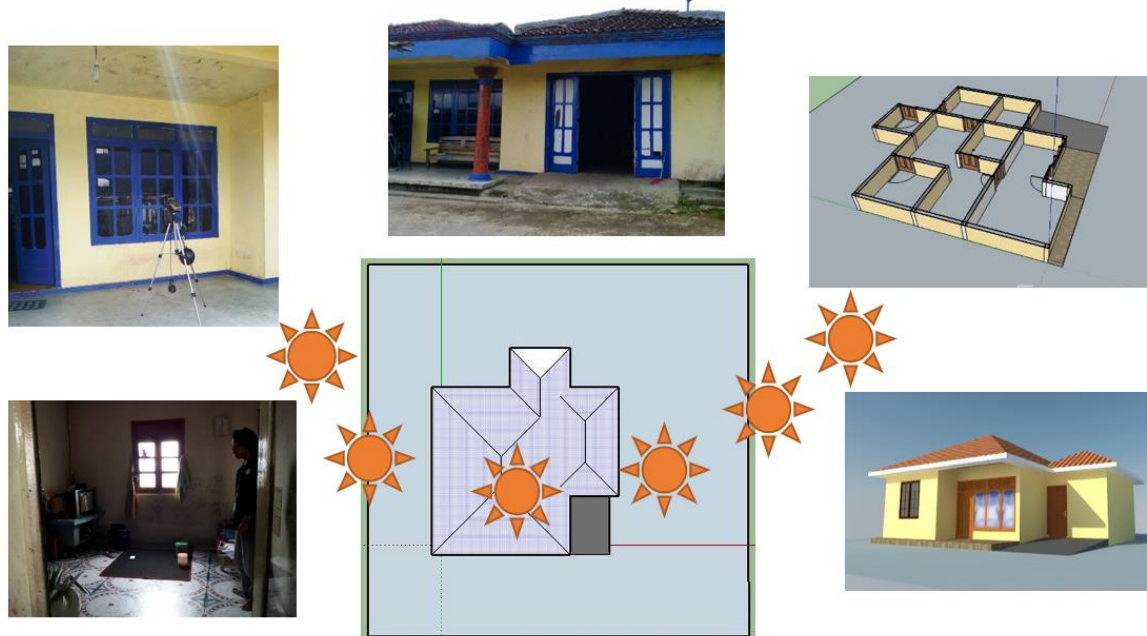
Hasil penelitian secara langsung menyajikan data dan hasil yang didapat dari peneliti. Bagian ini hanya memberikan uraian naratif atas hasil penelitian. Sedangkan bagian pembahasan menginterpretasikan makna dari hasil penelitian, baik sesuai dengan harapan atau tidak.



Gambar 2. Sampel Rumah Tinggal

Rumah Bapak Sarimun

Rumah bertipe dinding plaster, lantai tegel, atap genteng merupakan milik Bapak Sarimun yang bekerja sebagai petani di Kledung. Ada beberapa ruang di rumah tersebut diantaranya ruang tamu, ruang keluarga, ruang makan, ruang tidur, dapur dan kamar mandi. Rumah bapak Sarimun menggunakan atap berbentuk limasan dengan material yang di gunakan adalah genteng tanah liat. Sedangkan untuk ruang dalam sebagian besar ruang sudah menggunakan plafon mulai dari ruang tamu, ruang keluarga, ruang tidur, dan ruang makan. Sedangkan untuk dapur dan kamar mandi tidak menggunakan plafon karena keluarga bapak sarimun masih menggunakan tungku kayu bakar untuk kegiatan memasak.

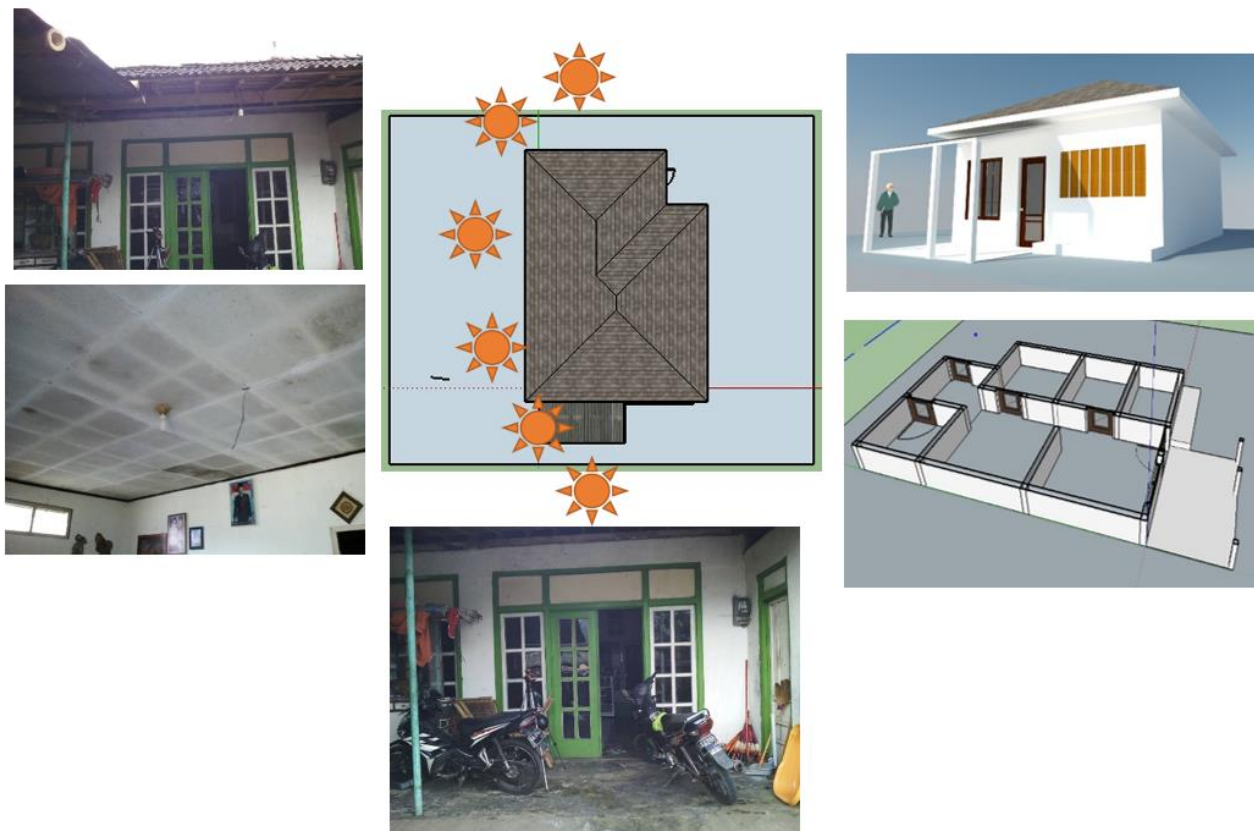


Gambar 3. Eksterior dan Interior Rumah Bapak Sarimun

Suhu terhangat dirumah pak sarimun terjadi pada pukul 12.00 di ruang makan dengan suhu 25°C. Ketika menjelang tengah hari suhu matahari yang terik langsung masuk menembus celah yang dibuat pada atap dengan tutup tembus cahaya supaya dapat menjadi penerang tambahan di ruangan tersebut, hal tersebut juga di barengi dengan kegiatan memasak yang menggunakan tungku karena letak antara ruang makan dan dapur saling berdekatan sehingga panas dari pembakaran di tungku sampai ke ruang makan. Suhu rata – rata antar ruang adalah 22.6 °C. Untuk opini penghuni terhadap kenyamanan pada pagi hari dan malam hari cukup dingin, sedangkan untuk kondisi sing hari agak hangat cenderung panas.

Rumah Bapak Ses

Rumah kedua mempunyai tipe yaitu dinding bata merah, tanpa plaster, lantai kasar, atap genteng. Rumah kedua adalah rumah Bapak Ses merupakan seorang petani di desa kledung. Ada beberapa ruang di rumah tersebut diantaranya ruang tamu yang cukup luas, ruang keluarga, ruang makan, ruang tidur, dapur dan kamar mandi. Rumah bapak Ses menggunakan atap berbentuk pelana dengan material yang di gunakan adalah kombinasi antara genteng dan seng. Sedangkan untuk ruang dalam sebagian besar ruang sudah menggunakan plafon yang menggunakan material eternit mulai dari ruang tamu, ruang keluarga, ruang tidur, dan ruang makan.



Gambar 4. Eksterior dan Interior Rumah Bapak Ses

Untuk ketinggian plafon sendiri dari muka lantai setinggi 3 meter untuk ruang tamu, sedangkan untuk ruang yang lain fariatif, karena dalam proses pemasangan plafon tidak serentak yang artinya dalam setiap ruang ada yang belum di pasang plafon ada yang sudah. Untuk kemiringan atap berkisar pada angka 30° . Untuk suhu terhangat dirumah Pak Ses terjadi pada pukul 16.00 di ruang keluarga dengan suhu 23.2°C . Ketika menjelang sore suhu matahari yang berasal dari arah barat langsung menembus kaca yang berada di ruang tamu, karena di ruang tamu terdapat pintu dan jendela yang besar dan tidak ada penghalang bagi sinar matahari langsung masuk ke area ruang tamu. Opini penghuni rumah terhadap keadaan ruang pada hari tersebut cukup dingin karena pada sore hari keadaan cuaca yang mendung.

Rumah Ibu Sartimi

Rumah ketiga mempunyai tipe adalah dinding kayu, Lantai Tanah, Atap Seng dan genteng. Ibu Sartimi merupakan seorang ibu rumah tangga yang berjualan cilok keliling. Ada beberapa ruang di rumah tersebut diantaranya ruang tamu, ruang keluarga, ruang makan, ruang tidur, dapur dan kamar mandi. Rumah ibu Sartimi menggunakan atap berbentuk pelana dengan material yang di gunakan adalah kombinasi antara genteng dan seng. Sedangkan untuk ruang dalam sebagian besar ruang tidak menggunakan plafon. Karena kehidupan keluarga ibu Sartimi yang sangat sederhana, membuat beberapa atap yang berlubang dan yang sudah rusak di biarkan begitu saja. Sehingga banyak atap yang berlubang di sebagian besar seng yang dimilikinya.

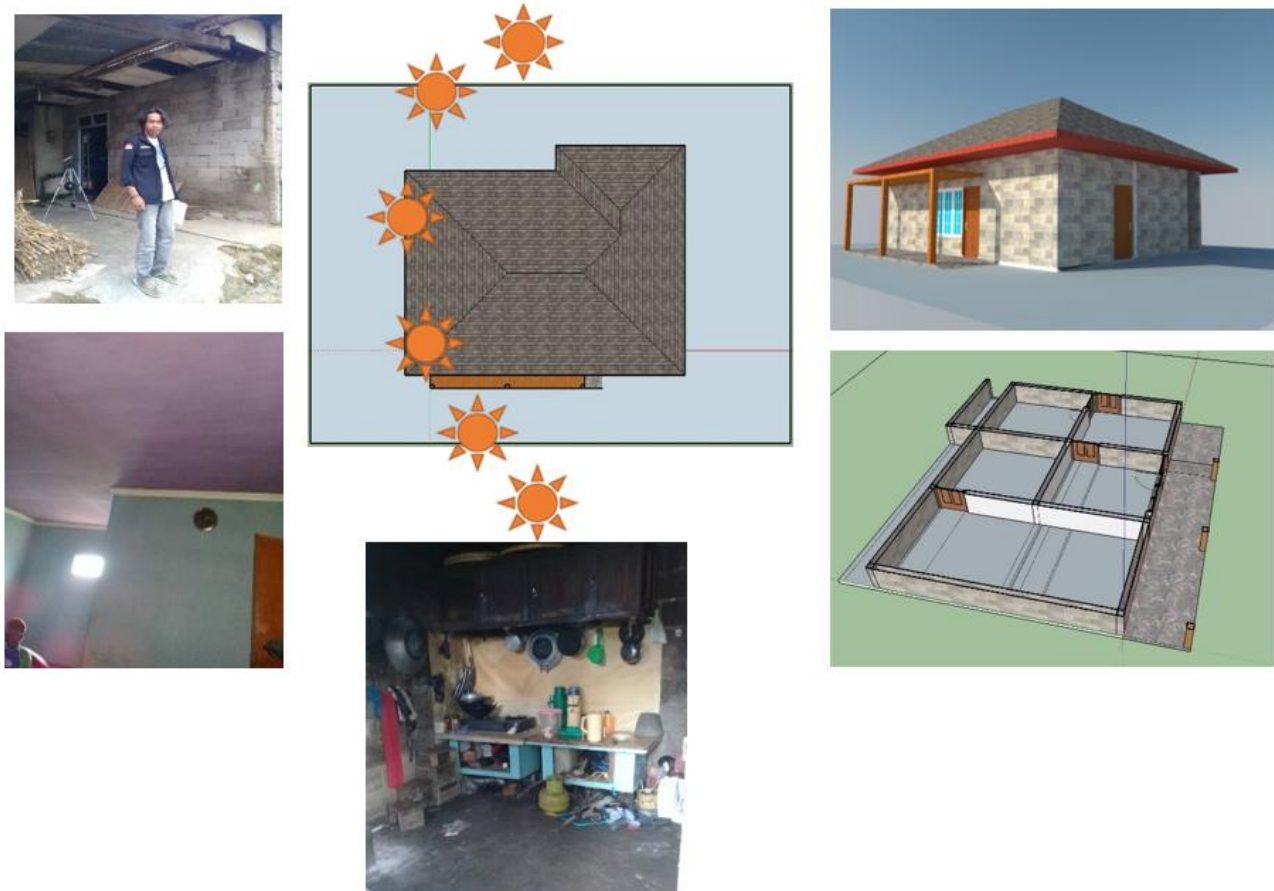


Gambar 5. Eksterior dan Interior Rumah Ibu Sartimi

Karena rumah ibu Sartimi yang tidak menggunakan plafon dan di barengi dengan banyaknya lubang yang ada diseng membuat sinar matahari langsung tembus kedalam ruang. Untuk suhu terhangat dirumah Ibu Sartimi terjadi pada pukul 12.00 di ruang keluarga dengan suhu 23.0°C. Ketika menjelang tengah hari suhu matahari yang berada tepat diatas rumah langsung menembus ke celah – celah lubang yang berada di seng atap rumah dari ibu Sartimi. Opini penghuni rumah terhadap keadaan ruang pada hari tersebut cukup stabil tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin karena keadaan cuaca yang nyaman.

Rumah Bapak Tumarno

Rumah keempat mempunyai tipe Dinding Batako, Atap Asbes, Lantai Plaster. Rumah ke-4 adalah rumah Bapak Tumarno, yang bekerja sebagai petani. Ada beberapa ruang di rumah tersebut diantaranya ruang tamu, ruang tidur, dapur dan kamar mandi. Rumah Bapak Tumarno menggunakan atap berbentuk pelana dengan material yang di gunakan adalah seng asbes. Walaupun dari tampilan luar rumah bapak Tumarno terlihat sederhana namun interior rumah terlihat rapi dan sudah menggunakan plafon untuk ruang tamu dengan ketinggian dari muka lantai kurang lebih 3 meter, Sedangkan untuk ruang dalam sebagian besar ruang tidak menggunakan plafon, seperti dapur dan kamar mandi atau WC.



Gambar 6. Eksterior dan Interior Rumah Bapak Tumarno

Untuk suhu terhangat dirumah bapak Tumarno terjadi pada pukul 06.00 atau pada saat matahari terbit di ruang tamu, karena terdapat sebuah jendela yang dimana sinar matahari terbit langsung bisa masuk ke ruang tamu dengan suhu 23.0°C. Ketika menjelang tengah hari suhu matahari yang berada tepat diatas rumah malah terjadi penurunan suhu dikarenakan sinar matahari tidak dapat masuk kedalam ruangan. Opini penghuni rumah terhadap keadaan ruang pada hari tersebut cukup dingin di karenakan bapak Tumarno tinggal sendirian di dalam rumah tersebut, anaknya sedang merantau keluar negeri sedangkan istrinya sudah tidak ada.

Rumah Bapak Sutarmo

Rumah kelima mempunyai tipe Dinding Plaster, Lantai Kramik, Atap seng dan gendeng. Rumah ke-5 adalah rumah Bapak Sutarmo, beliau merupakan seorang petani. Ada beberapa ruang di rumah tersebut diantaranya ruang tamu, ruang tidur, dapur dan kamar mandi. Rumah Bapak Sutarmo menggunakan atap berbentuk limasan dengan material yang di gunakan adalah seng. Untuk interior beberapa ruang sudah menggunakan plafon untuk ruang tamu dengan ketinggian dari muka lantai kurang lebih 3 meter, sedangkan untuk ruang dalam sebagian besar ruang tidak menggunakan plafon, seperti dapur dan kamar mandi atau WC.

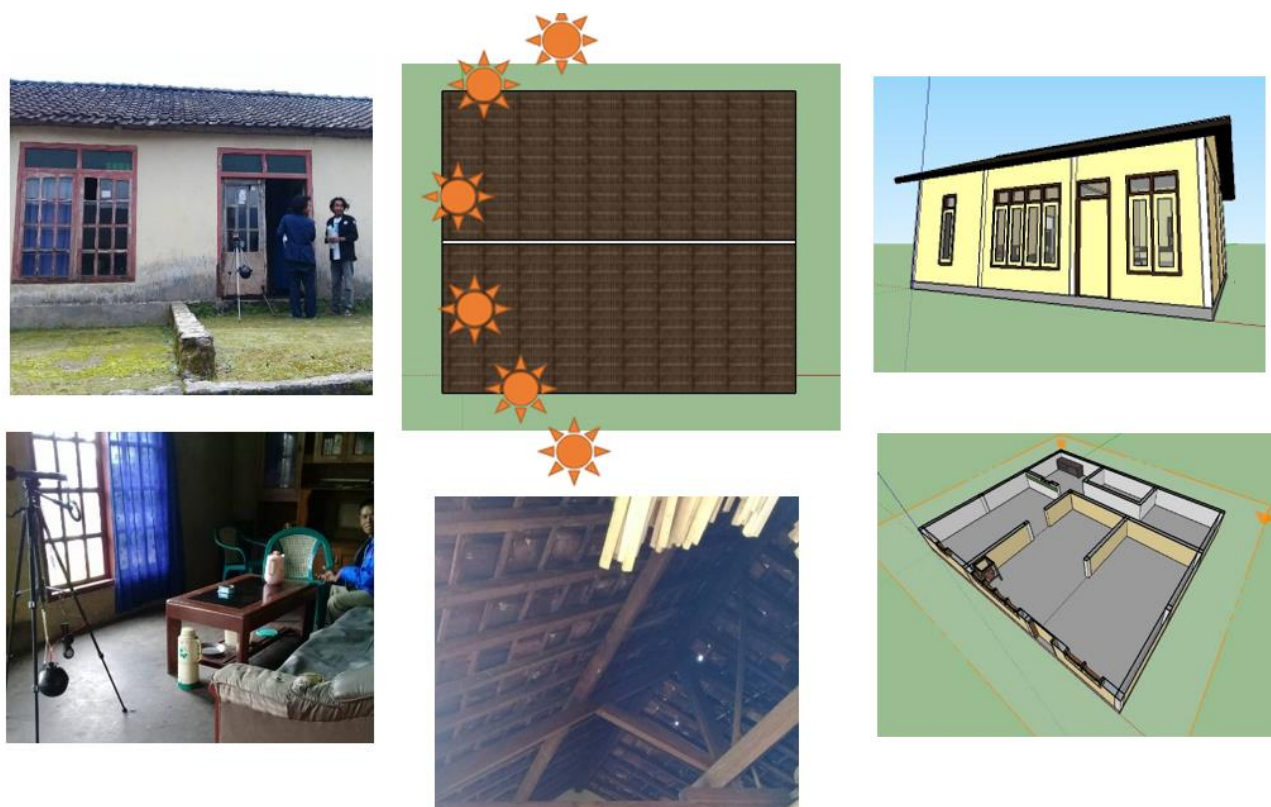


Gambar 7. Eksterior dan Interior Rumah Bapak Sutarmo

Untuk suhu terhangat dirumah bapak Tumarno terjadi pada pukul 07.30 atau pada saat matahari terbit di ruang keluarga, karena terdapat sebuah jendela yang dimana sinar matahari terbit, langsung bisa masuk ke ruang keluarga dengan suhu 23.0°C. Ketika menjelang tengah hari suhu matahari yang berada tepat diatas rumah malah terjadi penurunan suhu dikarenakan sinar matahari tidak dapat masuk kedalam ruangan. Opini penghuni rumah terhadap keadaan ruang pada hari tersebut cukup hangat di karenakan bapak Sutarmo sering berada di dekat perapian atau pawon, dalam melakukan berbagai aktifitas.

Rumah Bapak Slamet

Rumah ke-6 adalah rumah Bapak Slamet yang merupakan seorang petani. Ada beberapa ruang di rumah tersebut diantaranya ruang tamu, ruang tidur, dapur dan kamar mandi. Rumah Bapak Slamet menggunakan atap berbentuk limasan dengan material yang di gunakan adalah genteng. Untuk interior beberapa ruang sudah menggunakan plafon untuk ruang tamu dengan ketinggian dari muka lantai kurang lebih 3 meter, sedangkan untuk ruang dalam sebagian besar ruang tidak menggunakan plafon, seperti ruang tamu, dapur dan kamar mandi atau WC.



Gambar 7. Eksterior dan Interior Rumah Bapak Sutarmo

Untuk suhu terhangat dirumah bapak Slamet terjadi pada pukul 06.30 atau pada saat matahari terbit di ruang keluarga, karena terdapat sebuah jendela yang dimana sinar matahari terbit, langsung bisa masuk ke ruang keluarga dengan suhu 21.0°C. Ketika menjelang tengah hari suhu matahari yang berada tepat diatas rumah malah terjadi penurunan suhu dikarenakan sinar matahari tidak dapat masuk kedalam ruangan. Opini penghuni rumah terhadap keadaan ruang pada hari tersebut cukup hangat di karenakan bapak Slamet sering berada di dekat perapian atau pawon, untuk menghangatkan badan.

Analisa Arsitektur, Kenyamanan Termal dan Ekonomi

Tata ruang pada keenam obyek penelitian termasuk tata ruang yang sederhana. Rumah di dataran tinggi tidak terlalu membuat rumah tinggal yang terlalu rumit. Kamar tidur seringkali menjadi kamar yang digunakan bersama. Tata ruang arsitektur rumah tinggal tidak menggunakan pola rumah tinggal tradisional joglo yang memerlukan beberapa ruang tambahan seperti adanya ruang dalem, ruang yang berfungsi sebagai pendopo, penggunaan soko guru, atap yang dibuat berbentuk tajug tumpang tiga dan ataupun atap limasan, dan ada unsur pajupat dan pancer (Adityaningrum et al., 2020). Tata ruang yang sederhana membuat aspek ekonomi lebih efisien dalam pembangunannya. Unsur fungsional menjadi dasar dalam pembuatan ruang di dalam rumah tinggal. Aspek kenyamanan termal dengan adanya ruang yang tidak terlalu banyak membuat suhu udara di dalam ruang menjadi lebih hangat. Rumah tinggal yang terletak di pegunungan mempunyai suhu udara luar yang dingin sehingga dibutuhkan rumah tinggal yang mampu membuat hangat penghuninya.

Penggunaan energi pada rumah tinggal tidak terlalu banyak tanpa adanya peralatan pendinginan yang menggunakan air conditioning. Penggunaan energi pada pencahayaan buatan yang kadangkala diperlukan karena sinar matahari yang tertutup awan. Sinar matahari di dataran tinggi cenderung tertutup awan sehingga pencahayaan buatan seringkali difungsikan. Peletakan dan ukuran ventilasi penting untuk diadakan agar cahaya matahari bisa optimal dalam menerangi ruangan sehingga tercipta efisiensi energi (Waheeb & Hemeida, 2022). Penggunaan energi lainnya dari penggunaan perapian untuk penghangatan juga digunakan oleh penghuni rumah tinggal saat kondisi lingkungan sangat dingin. Penggunaan perapian memerlukan kayu bakar yang cukup banyak sehingga penggunaan energi juga cukup besar. Energi yang berasal dari kayu masih termasuk energi yang bisa diperbarui sehingga pemborosan energi tidak terlalu besar.

5. PENUTUP

Kaitan arsitektur, kenyamanan termal dan aspek ekonomi menjadi ranah dalam bidang bangunan yang perlu diperhitungkan agar tercipta arsitektur yang hemat energi. Strategi penghematan energi dalam bangunan selalu dilakukan untuk terciptanya bangunan net-zero. Strategi penghematan energi pada bangunan dapat dilakukan dengan berbagai cara baik dengan pemilihan material hemat energi ataupun dengan pengolahan elemen bangunan agar tercipta pencahayaan dan penghawaan bangunan alami. Aspek alami yang bisa diciptakan dari bangunan membuat bangunan bisa menciptakan efisiensi dalam bidang ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityaningrum, D., Pitana, T. S., & Setyaningsih, W. (2020). Arsitektur Jawa pada Wujud Bentuk dan Ruang Masjid Agung Surakarta. *Sinektika: Jurnal Arsitektur*, 17(1), 54–60. <https://doi.org/10.23917/sinektika.v17i1.10864>
- Barbosa, F. C., de Freitas, V. P., & Almeida, M. (2020). School building experimental characterization in Mediterranean climate regarding comfort, indoor air quality and energy consumption. *Energy and Buildings*, 212, 109782. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109782>
- Chen, T. J. G., Liu, Y. T., Lee, C. Y., Chang, Y. C. W., Cheng, C. P., Lee, M. H., Chan, Y. C., Huang, J. C., & Chao, K. Y. C. (2022). Effects of weather forecasting on indoor comfort and energy savings in office buildings. *Building and Environment*, 221(April), 109280. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109280>
- Costa, M. L., Freire, M. R., & Kiperstok, A. (2019). Strategies for thermal comfort in university buildings - The case of the faculty of architecture at the Federal University of Bahia, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 239(February), 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.004>
- Honarvar, S. M. H., Golabchi, M., & Ledari, M. B. (2022). Building circularity as a measure of sustainability in the old and modern architecture: A case study of architecture development in the hot and dry climate. *Energy and Buildings*, 275, 112469. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112469>
- Ortiz, J., Casquero-Modrego, N., & Salom, J. (2019). Health and related economic effects of residential energy retrofitting in Spain. *Energy Policy*, 130(April), 375–388. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.013>
- Park, J. H. of a passive retrofit shading system on educational building to improve thermal comfort and energy consumption, Yun, B. Y., Chang, S. J., Wi, S., Jeon, J., & Kim, S. (2020). Impact of a passive retrofit shading system on educational building to improve thermal comfort and energy consumption. *Energy and Buildings*, 216(109930), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109930>
- Rawal, R., Schweiker, M., Kazanci, O. B., Vardhan, V., Jin, Q., & Duanmu, L. (2020). Personal comfort systems: A review on comfort, energy, and economics. *Energy and Buildings*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109858>
- Rawal, R., Shukla, Y., Vardhan, V., Asrani, S., Schweiker, M., de Dear, R., Garg, V., Mathur, J., Prakash, S., Diddi, S., Ranjan, S. V., Siddiqui, A. N., & Somani, G. (2022). Adaptive thermal comfort model based on field studies in five climate zones across India. *Building and Environment*, 219(February), 109187. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109187>
- San Miguel-Bellod, J., González-Martínez, P., & Sánchez-Ostiz, A. (2018). The relationship between poverty and indoor temperatures in winter: Determinants of cold homes in social housing contexts from the 40s–80s in Northern Spain. *Energy and Buildings*, 173, 428–442. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.05.022>
- Satola, D., Wiberg, A. H., Singh, M., Babu, S., James, B., Dixit, M., Sharston, R., Grynberg, Y., & Gustavsen, A. (2022). Comparative review of international approaches to net-zero buildings: Knowledge-sharing initiative to develop design strategies for greenhouse gas emissions reduction. *Energy for Sustainable Development*, 71, 291–306. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.10.005>
- Song, M., Mao, N., Zhang, H., & Fan, C. (2020). Model predictive control applied toward the building indoor climate. In *Advanced Analytic and Control Techniques for Thermal Systems with Heat Exchangers*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819422-5.00021-9>
- Waheeb, M. I., & Hemeida, F. A. (2022). Study of natural ventilation and daylight in a multi-storey residential building to address the problems of COVID-19. *Energy Reports*, 8(May), 863–880. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.07.078>
-

- Wang, R., Lu, S., & Feng, W. (2020). A three-stage optimization methodology for envelope design of passive house considering energy demand, thermal comfort and cost. *Energy*, *192*, 116723. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116723>
- Zhang, M., Bae, W., & Kim, J. (2019). The effects of the layouts of vegetation and wind flow in an apartment housing complex to mitigate outdoor microclimate air temperature. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(11). <https://doi.org/10.3390/su11113081>