



Analisis Desain Bukaannya dalam Mengurangi Beban Pendinginan Pada Rumah Tipe 70

Wahyu Widayanto^{1*}, Aries Susanty^{1,2}, R. Rizal Isnanto^{1,3}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,

²Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

³Departemen Teknik Komputer Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*}Corresponding author: wahjoe.widayanto@gmail.com

(Received: September 11, 2025; Accepted: October 26, 2025)

Abstract

Analysis of Opening Design in Reducing Cooling Load in Type 70 Houses. This study aims to analyze the effect of building layout design and wall opening dimensions on reducing cooling loads and annual energy costs in a tropical Indonesian environment. The main focus of the study is to evaluate energy efficiency through the optimization of openings and building layouts to improve thermal comfort while reducing cooling energy consumption. The research method was carried out using Grasshopper simulation software with Jakarta weather data in .epw format. The simulation modeled two alternative building layouts and three sets of opening dimensions to measure annual solar radiation values and cooling energy requirements. Parameters such as building area, opening types and other energy were taken into account to obtain accurate results. The results showed that alternative layouts with optimal opening designs can significantly reduce cooling loads. Small changes in opening dimensions, such as adjustments between 10-30 cm, resulted in annual electricity cost savings of Rp100,000 to Rp200,000. The selected alternative layouts were able to utilize natural ventilation and reduce thermal radiation to achieve better energy efficiency. This study emphasizes the importance of climate-responsive architectural planning to achieve energy sustainability and save building operational costs.

Keywords: layout design, cooling load, Indonesia, energy sustainability

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh desain tata letak bangunan dan dimensi bukaan pada dinding terhadap pengurangan beban pendinginan serta biaya energi tahunan di lingkungan tropis Indonesia. Fokus utama penelitian adalah mengevaluasi efisiensi energi melalui optimalisasi bukaan dan tata letak bangunan untuk meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi konsumsi energi pendinginan. Metode penelitian dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi Grasshopper dengan data cuaca Jakarta dalam format .epw. Simulasi memodelkan 2 alternatif tata letak bangunan dan 3 set dimensi bukaan untuk mengukur nilai radiasi matahari tahunan serta kebutuhan energi pendinginan. Parameter seperti luas bangunan, jenis bukaan dan energi lainnya diperhitungkan untuk memperoleh hasil yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tata letak alternatif dengan desain bukaan yang optimal dapat mengurangi beban pendinginan secara signifikan. Perubahan kecil dalam dimensi bukaan, seperti penyesuaian antara 10-30 cm, menghasilkan penghematan biaya listrik tahunan sebesar Rp100.000 hingga Rp200.000. Tata letak alternatif yang dipilih mampu memanfaatkan ventilasi alami dan mengurangi radiasi termal hingga mencapai efisiensi energi yang lebih baik. Penelitian ini menegaskan pentingnya perencanaan arsitektur yang responsif terhadap iklim untuk mencapai keberlanjutan energi dan penghematan biaya operasional bangunan.

Kata kunci: desain tata letak, beban pendinginan, Indonesia, keberlanjutan energi

How to Cite This Article: Widayanto, W., Susanty, A., & Isnanto, R. R. (2025). Analisis Desain Bukaannya dalam Mengurangi Beban Pendinginan Pada Rumah Tipe 70. *JPII*, 3(5), 305-309. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2026.26851>

PENDAHULUAN

Desain bangunan memegang peranan penting dalam mengurangi beban pendinginan di Indonesia, negara yang memiliki iklim panas dan lembap. Berbagai strategi, termasuk intervensi desain pasif, tata letak hemat energi dan teknologi fasad inovatif, telah dieksplorasi untuk meminimalkan konsumsi energi untuk pendinginan. Strategi ini bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin udara. Bagian berikut merinci aspek-aspek utama desain bangunan yang berkontribusi terhadap pengurangan beban pendinginan di Indonesia.

Penggunaan material selubung bangunan tertentu dapat mengurangi perolehan panas secara signifikan. Misalnya, memadukan insulasi tekstil dan kertas daur ulang dengan kaca jendela bening IGU Low-E terbukti menurunkan Nilai Transmisi Termal Keseluruhan (OTTV) menjadi $24,89 \text{ W/m}^2$, di bawah standar Indonesia sebesar 35 W/m^2 , meskipun diperlukan peningkatan lebih lanjut untuk mencapai penghematan energi yang substansial (Hadini et al., 2023). Fasad berlapis ganda, khususnya yang terintegrasi dengan dinding hijau, telah menunjukkan pengurangan permintaan energi pendinginan hingga 45% dibandingkan dengan fasad konvensional, yang menyoroti potensi teknologi fasad canggih dalam strategi pendinginan pasif (Dewi & Bakhtiar, 2017).

Desain dan orientasi tata letak hunian dapat mengurangi beban pendinginan hingga 24%. Hal ini dicapai dengan mengoptimalkan area dinding yang dikondisikan dan mempertimbangkan orientasi bangunan untuk meminimalkan perolehan panas matahari (Zakiah, 2020). Arsitektur yang responsif terhadap iklim, yang mencakup penempatan dan orientasi bangunan yang strategis, dapat mencegah paparan panas matahari yang berlebihan dan memfasilitasi ventilasi alami, sehingga mengurangi kebutuhan akan sistem pendinginan aktif (Tjie et al., 2020).

Ventilasi alami, khususnya melalui desain jendela yang strategis, merupakan metode yang hemat biaya untuk meningkatkan kenyamanan termal dan mengurangi konsumsi energi. Berbagai jenis dan konfigurasi jendela dapat memengaruhi kinerja ventilasi secara signifikan, dengan desain khusus yang disesuaikan dengan zona bangunan yang meningkatkan efisiensi secara keseluruhan (Trihamdani & Nurjannah, 2022). Ventilasi malam hari pada ruang tanpa AC efektif dalam mengurangi beban pendinginan yang wajar, yang

menekankan pentingnya ventilasi terkendali dalam penghematan energi (Uno et al., 2018).

Strategi pendinginan pasif di tingkat atap, seperti pelapis atap dingin dan isolasi termal, dapat mengurangi ketidaknyamanan termal hingga 37,3%, yang menunjukkan peran penting atap dalam kinerja termal (Lapisa et al., 2019). Pekarangan berfungsi sebagai pengubah iklim mikro, mengurangi suhu udara dalam ruangan hingga $0,3\text{-}1,7^\circ\text{C}$ pada siang hari, dan efektif dalam menjaga kenyamanan termal melalui strategi ventilasi sepanjang hari (Nugroho et al., 2020).

Desain bangunan tradisional, bila dioptimalkan dengan material modern dan strategi ventilasi, dapat mengurangi beban pendinginan hingga 91,2%, yang menunjukkan potensi memadukan kearifan tradisional dengan teknologi kontemporer (Samodra & Yoon, 2015). Standar Passivhaus, meski efektif dalam menjaga suhu interior tetap stabil, memerlukan pertimbangan cermat terkait pengelolaan kelembapan di iklim tropis untuk memastikan kenyamanan dan efisiensi energi (Sigalingging et al., 2017).

Penerapan strategi untuk mengurangi beban pendinginan dan biaya pendinginan per tahunnya dapat bervariasi berdasarkan biaya, ketersediaan material dan praktik pembangunan setempat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh desain tata letak bangunan dan dimensi bukaan pada dinding terhadap efisiensi pengurangan beban pendinginan serta penurunan biaya energi tahunan di lingkungan tropis Indonesia. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam merancang bangunan hemat energi yang sesuai dengan iklim tropis.

METODE PENELITIAN

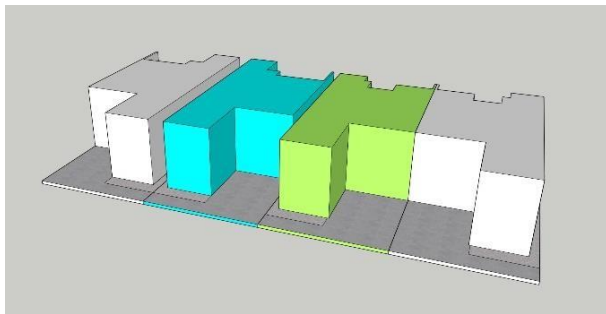
Lokasi penelitian di daerah Pos Pengumben Jakarta Barat. Lokasi berada pada rumah nomor B10 seperti terlihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Metode penelitian dibantu dengan perangkat lunak Grasshopper. Simulasi dilakukan dengan menggunakan format *file* cuaca Jakarta (.epw). Koordinat geografis ditetapkan pada garis lintang -6.204, bujur 106.821, zona waktu GMT +7, dan ketinggian 10 meter di atas permukaan laut. Berkas data cuaca mencakup berbagai parameter, termasuk lokasi geografis, suhu, kelembapan, radiasi matahari, kecepatan angin dan tingkat curah hujan.

Tata letak bangunan dibuat dengan 2 alternatif. Tata letak dibuat dengan mempertimbangkan kebutuhan dari pemilik. Kebutuhan ruangan mencakup pasangan suami dan istri yang mempunyai 2 anak, serta 1 asisten rumah tangga. Tata letak tersebut dibandingkan dengan menghitung akumulasi 1 tahun nilai radiasi yang diterima bangunan. Panas dari matahari disimulasikan pada pukul 06.00-18.00 WIB. Tata letak alternatif 1 berwarna biru dan tata letak alternatif 2 berwarna hijau. Model tata letak dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model tata letak bangunan

Proses analisis adalah membuat model geometri dimasukkan ke Grasshopper, kemudian dikaitkan dengan parameter lingkungan seperti lokasi, waktu dan data iklim. Proses selanjutnya adalah *input* data lokasi dan iklim dengan *Ladybug_Location* dan data (.epw) yang dijelaskan sebelumnya. Analisis jalur matahari menggunakan *Ladybug_Sunpath* untuk memetakan posisi matahari sepanjang waktu. Komponen *Radiation Analysis* menghitung jumlah energi matahari yang diterima setiap titik pada *grid* permukaan. Distribusi radiasi dihitung berdasarkan data radiasi langsung dan difus yang tersedia di *file* (.epw). Hasil analisis ditampilkan sebagai peta warna, di mana warna lebih terang menunjukkan intensitas radiasi yang lebih tinggi, sedangkan warna lebih gelap menunjukkan radiasi lebih rendah. Hasil ini membantu mengidentifikasi area panas dan dingin pada permukaan bangunan atau lingkungan. Konfigurasi dan dimensi bukaan pada analisis ini dicoba dengan 3 set. Konfigurasi dan dimensi bukaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi dan dimensi bukaan pada dinding ruangan

		Bukaan	Set 1	Set 2	Set 3
Ruangan					
Kamar	anak	60×150	60×120	60×120	60×120
depan					
Ruang tamu		180×200	180×200	170×200	170×200
<i>Open space</i>		200×200	180×200	170×200	170×200
Kamar	anak	60×150	60×120	60×120	60×120
belakang					
Toilet		60×30	60×30	60×30	60×30
Toilet ART		60×30	60×30	60×30	60×30
Kamar	tidur	150×200	140×200	130×200	130×200
utama					
Kamar	tidur	50×100	50×100	50×100	50×100
ART					
Koridor		60×210	60×210	60×150	60×150
belakang					

HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei yang dilakukan dalam penelitian ini mengusahakan aspek K3L sebagai kebutuhan dan wajib dipenuhi. Penerapan K3L (Kesehatan, Keselamatan, Keamanan, dan Lingkungan) dalam konstruksi tidak hanya melindungi pekerja tetapi juga meningkatkan efisiensi proyek secara keseluruhan. Dengan mengutamakan protokol keselamatan, seperti penilaian bahaya dan sesi pelatihan secara berkala, kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja dapat dikurangi secara signifikan, sehingga menumbuhkan budaya kesadaran di antara karyawan (Salamah et al., 2022). Lebih jauh lagi, mengintegrasikan teknologi canggih seperti sistem pemantauan waktu nyata dapat memberikan umpan balik langsung mengenai potensi bahaya, yang memungkinkan tindakan perbaikan cepat untuk mengurangi risiko sebelum meningkat. Seperti yang terlihat dalam berbagai proyek konstruksi, termasuk di daerah perkotaan dengan kompleksitas yang lebih tinggi, pendekatan proaktif ini tidak hanya melindungi pekerja tetapi juga berkontribusi pada kelancaran jadwal proyek dan penghematan biaya karena lebih sedikit gangguan yang disebabkan oleh insiden (Jakariya et al., 2023). Penerapan K3L dalam pekerjaan ini dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



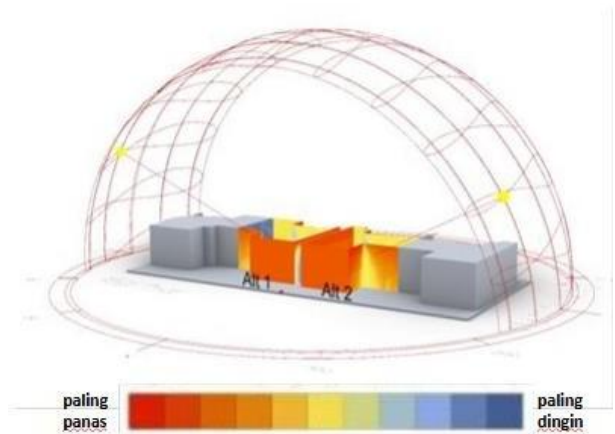
Gambar 3. Penggunaan APD: *safety shoes*, helm dan pakaian lapangan



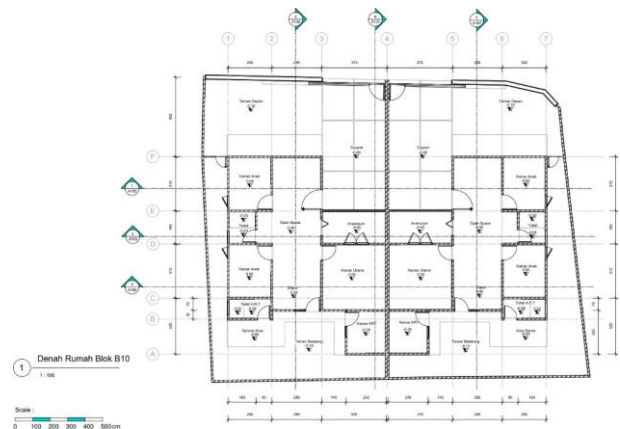
Gambar 4. *Safety toolbox meeting*—induksi K3 dan penjelasan potensi bahaya kecelakaan pada survei

Hasil perhitungan akumulasi 1 tahun tata letak alternatif 1 menerima nilai radiasi sebesar 95.319 kWh/m². Tata letak alternatif 2 menerima nilai radiasi sebesar 68.689 kWh/m². Hasil permodelan dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan hasil penerimaan radiasi dipilih tata letak alternatif 2.

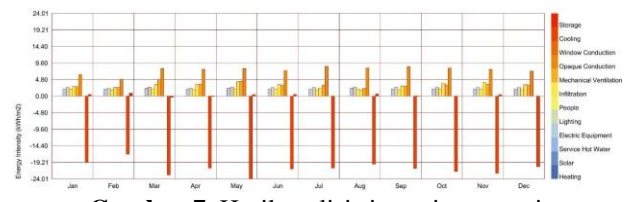
Model dari simulasi yang dipilih memiliki luas bangunan 73 m². Tata letak bangunan terdiri dari *carport*, taman depan, ruang komunal (*open space*), kamar tidur utama, 2 kamar tidur anak, toilet, taman dalam, area servis, kamar tidur ART, toilet ART dan taman belakang. Denah bangunan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Penerimaan radiasi matahari pada model bangunan



Gambar 6. Tata letak bangunan



Gambar 7. Hasil analisis intensitas energi

Analisis berfokus pada menghitung energi pendinginan yang dibutuhkan dengan variasi bukaan pada dinding. Analisis dibuat untuk menghasilkan data beban pendinginan yang dibutuhkan untuk mempertahankan suhu ruangan pada 25°C dengan bantuan perangkat lunak Grasshopper. Energi lain yang dihasilkan dari simulasi seperti peralatan elektronik, panas manusia, pencahayaan dan lain-lain dirangkum sebagai energi lain. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 7.

Tabel 2. Hasil analisis energi

Analisis	Cooling	Energi lain	Total (Kwh/m ² /year)	Persentase
Bukaan				
Set 1	160	104,9	264,9	60,4%

Set 2	160,7	102,7	263,4	61,0%
Set 3	159,3	102,4	261,7	60,9%

Tata letak bangunan dan desain bukaan pada dinding terbukti mampu memberikan perbedaan biaya listrik ratusan ribu rupiah per tahunnya, dengan asumsi harga listrik sebesar Rp1.500/kWh. Perbedaan biaya listrik tahunan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Biaya listrik tahunan untuk pendinginan

Bukaan	Analisis Biaya (juta Rupiah) per tahun
Set 1	17,52
Set 2	17,60
Set 3	17,44

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa modifikasi desain bukaan berpengaruh signifikan terhadap efisiensi energi pendinginan bangunan. Dari tiga variasi desain yang diuji, desain bukaan Set 3 memberikan kinerja paling efisien, dengan intensitas energi pendinginan sebesar 159,3 kWh/m²/tahun dan biaya tahunan Rp17,44 juta. Perbedaan dimensi bukaan sekecil 10-30 cm dapat menghasilkan selisih biaya pendinginan tahunan hingga Rp200.000, menegaskan pentingnya perencanaan detail dalam desain arsitektur. Optimalisasi bukaan (ukuran, posisi, maupun material) dapat meningkatkan sirkulasi udara dan pemanfaatan cahaya alami, sehingga mengurangi beban pendinginan, menekan konsumsi listrik dan menurunkan biaya operasional bangunan, sekaligus memberikan dampak positif terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Dewi, C. P., & Bakhtiar, A. (2017). Efektifitas Kinerja Double Skin Fasade-Green Wall Terhadap Efisiensi Energi Pendinginan Bangunan. *RUAS*, 15(2), 24-30.

Hadini, M. H., Dewi, O. C., Putra, N. S. D., & Hanjani, T. (2023). Heat gain reduction and cooling energy minimization through building envelope material. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*, 8(1), 73-82.

Jakariya, J., Setiawan, D., & Dewadi, F. (2023). Pemakaian Peralatan K3 (Keselamatan Kesehatan Kerja) agar Tidak Terjadinya Kecelakaan Kerja. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 3(2).

Lapisa, R., Karudin, A., Rizal, F., Krismadinata, & Nasruddin. (2019). Passive cooling strategies in roof design to improve the residential building thermal performance in tropical region. *Asian Journal of Civil Engineering*, 20(4), 571-580.

Nugroho, A. M., Citraningrum, A., Iyati, W., & Ahmad, M. H. (2020). Courtyard as tropical hot humid

passive design strategy: Case study of Indonesian contemporary houses in Surabaya Indonesia. *Journal of Design and Built Environment*, 20(2), 1-12.

Salamah, N. A., Ni'mah, N. F., Krisjayanti, K., & Qisthani, N. N. (2022). Identifikasi Risiko K3L (Kesehatan, Keselamatan, Keamanan, Dan Lingkungan Kerja) Pada Pembangunan Jembatan Menara Pandang Kota Baru Purwokerto. *Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, dan Teknik Logistik*, 1(1), 29-36.

Samodra, F. T. B., & Yoon, S. (2015). Proposal for Improvement of Thermal Environment of Traditional House in Indonesia. *한국생활환경학회지*, 22(4), 526-534.

Sigalingging, R. C., Chow, D., & Sharples, S. (2017, January). Assessing cooling energy load and dehumidification in housing built to Passivhaus standard in Jakarta, Indonesia. In *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive, PLEA 2017* (Vol. 2, pp. 2165-2172).

Tjie, C., Lianto, F., & Priyomarsono, N. W. (2020, July). Climate Responsive Architecture in Jakarta's Apartments. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 852, No. 1, p. 012150). IOP Publishing.

Trihamdani, A. R., & Nurjannah, A. (2022, October). Low Energy Cooling Strategies Through Window Design for Rusunawa Buildings in the Hot-Humid Climate of Indonesia. In *International Conference on Indonesian Architecture and Planning* (pp. 73-85). Singapore: Springer Nature Singapore.

Uno, T., Hokoi, S., & Ekasiwi, S. N. N. (2018). Passive Cooling Strategies to Reduce the Energy Consumption of Cooling in Hot and Humid Climates in Indonesia. In *Sustainable Houses and Living in the Hot-Humid Climates of Asia* (pp. 407-418). Singapore: Springer Singapore.

Zakiah, A. (2020). Analysis of energy-efficient house tata letak design in tropical climate. *Dimensi: Journal of Architecture and Built Environment*, 47(1), 11-18.