



ARCADE

JURNAL ARSITEKTUR

p-ISSN: 2580-8613 (Cetak)

e-ISSN: 2597-3746 (Online)

<http://jurnal.universitaskebangsaan.ac.id/index.php/arcade>



ANALISIS DESAIN BIOKLIMATIK PADA BANGUNAN RUMAH TINGGAL TROPIS (STUDI KASUS: RUMAH HEINZ FRICK SEMARANG)

Hari Utama¹, Eddy Prianto²

Program Magister Arsitektur, Universitas Diponegoro Semarang

E-mail: hariutama19@gmail.com

Informasi Naskah:

Diterima:
23 April 2022

Direvisi:
3 Mei 2022

Disetujui terbit:
16 Juni 2022

Diterbitkan:

Cetak:
29 Juli 2022

Online
15 Juli 2022

Abstract. *Global warming is one of the main causes of environmental quality deterioration. This phenomenon is closely related to the acceleration of industrialism and the increased of uncontrolled energy consumption. The building sector donates for 40% of global energy use and is responsible for 30% of the global greenhouse effect. This study discusses the implementation of bioclimatic design criteria in small buildings with Heinz Frick House in Semarang as the object of study. The research was conducted using a qualitative descriptive method. The data were analyzed using bioclimatic design theory in the book "Bioclimatic Housing – Innovative Design for Warm Climates" by Hyde (2012). The results showed that Heinz Frick House building has implemented the bioclimatic design criteria. This residential building applies 6 of 6 principles, 5 of 6 elements, and 2 of 3 bioclimatic design engineering strategies. The building concept "in harmony with the environment and able to support itself" is well realized through adaptive passive design and maximizing environmental conditions, as well as the fulfillment and independent resources processing.*

Keyword: *bioclimatic, environment, passive design*

Abstrak: Pemanasan global merupakan salah satu penyebab utama penurunan kualitas lingkungan. Fenomena ini erat kaitannya dengan percepatan industrialisme dan konsumsi energi yang semakin tidak terkendali. Sektor bangunan menyumbang 40% dari penggunaan energi global dan bertanggung jawab atas 30% efek rumah kaca global. Penelitian ini membahas penerapan kriteria desain bioklimatik pada bangunan skala rendah dengan objek penelitian adalah Rumah Heinz Frick di Semarang. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis menggunakan teori desain bioklimatik dalam buku "Bioclimatic Housing – Innovative Design for Warm Climates" karya Hyde (2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan Heinz Frick House telah memenuhi kriteria desain bioklimatik. Bangunan hunian ini menerapkan 6 dari 6 prinsip, 5 dari 6 elemen, dan 2 dari 3 strategi rekayasa desain bioklimatik. Konsep bangunan "selaras dengan lingkungan dan mampu menopang dirinya sendiri" diwujudkan dengan baik melalui desain pasif adaptif dan memaksimalkan kondisi lingkungan, serta pemenuhan dan pengolahan sumber daya secara mandiri.

Kata Kunci: bioklimatik, desain pasif, lingkungan

PENDAHULUAN

Percepatan industrialisme dan konsumsi energi sejak revolusi industri menjadi penyebab memburuknya kualitas lingkungan hidup kaitannya dengan fenomena pemanasan global. Menurut data dari United Nations Environment Programme (UNEP), konsumsi energi bangunan menyumbang 40% dari penggunaan energi global, menghasilkan 30% dari efek gas rumah kaca global, menyebabkan timbunan limbah dan penggunaan sumber daya alam yang sangat besar. Angka ini diprediksi akan terus bertambah seiring masifnya aktivitas pembangunan, terutama di sektor hunian.

Menurut (Karyono, 2000), bangunan yang baik harus memenuhi tiga unsur, antara lain: (1) Bangunan merupakan produk dari sebuah seni; (2) Bangunan harus memberikan kenyamanan fisik maupun psikologis kepada penghuni; (3) Bangunan harus hemat energi. Unsur kenyamanan dan bangunan hemat energi merupakan usaha kompromi terhadap kebutuhan hidup manusia dengan kepentingan pelestarian lingkungan hidup. Hal ini menumbuhkan sebuah kesadaran mengenai pentingnya desain arsitektur yang merujuk pada kondisi iklim setempat (Krishan et. al., 2001, dalam Handoko dan Ikaputra, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan desain bioklimatik pada bangunan skala rendah. Studi kasus yang diangkat adalah rumah tinggal Heinz Frick di Semarang. Dengan mengetahui aplikasi nyata pada bangunan, diharapkan dapat memicu keinginan para arsitek untuk turut serta menerapkannya sebagai sebuah upaya mengendalikan kerusakan lingkungan hidup. Karena menurut (Cruz, Torres dan Silva, 2011), desain bioklimatik dianggap lebih berkelanjutan, memiliki lingkungan ruang dalam yang lebih sehat, lebih nyaman, dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

TINJUAN PUSTAKA

Bangunan dan Iklim Tropis

Kenyamanan bangunan dan penggunaan energi sangat erat kaitannya dengan iklim. Dalam konteks iklim tropis yang mendapatkan penyinaran matahari secara menerus sepanjang tahun, kenyamanan bangunan diwujudkan dengan cara mengubah kondisi tidak nyaman akibat luar ruangan menjadi kondisi ruang dalam yang nyaman untuk digunakan sebagai wadah kegiatan. Desain bangunan tropis dapat dikatakan nyaman jika memiliki kualitas fisik ruang dalam yang meliputi: suhu ruang rendah, kelembaban relatif tidak terlalu tinggi, pencahayaan alami cukup, pergerakan udara baik, serta mampu melindungi penghuni dari hujan maupun terik matahari (Juhana, 2001).

Sebuah bangunan rumah tinggal harus dirancang sedemikian rupa untuk menyediakan kondisi yang nyaman, menyenangkan, serta menjadi ruang afektif bagi kehidupan sehari-hari manusia. Bangunan tradisional dan vernakular menjadi contoh nyata bagaimana sebuah hunian selalu memiliki korelasi yang kuat dengan kondisi alam setempat (Alsuliman, 2014).

Untuk menciptakan kenyamanan ruang dalam yang dihadapkan dengan tantangan cuaca tropis luar ruang, perlu sebuah penyelesaian desain yang adaptif terhadap lingkungan. Strategi adaptasi bangunan ini sering disebut sebagai perancangan desain pasif. Selain menyediakan kenyamanan, desain pasif juga dapat meminimalisir kebutuhan energi pada masa operasional bangunan. Tujuan akhirnya adalah untuk mendorong upaya konservasi energi pada bangunan rumah tinggal, sehingga dapat mengurangi laju kerusakan lingkungan alam (Mufidah, Purwanto dan Sanjaya, 2021).

Desain Bioklimatik

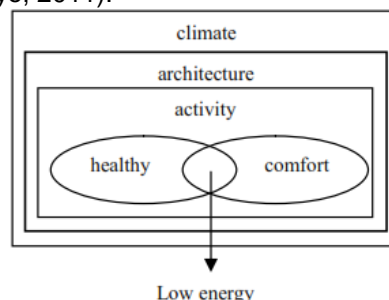
Gagasan untuk menyelaraskan arsitektur dan lingkungan alam pertama kali dicetuskan oleh Frank Lloyd Wright. Selanjutnya, ide-ide Wright dilanjutkan oleh Oscar Niemeyer dan Victor Olgay (Suwarno, 2020).

Olgay mengembangkan konsep ini pada periode 1950-1960an, dan menyebutnya sebagai proses desain bioklimatik. Proses desain ini mencoba menyatukan disiplin ilmu fisiologi manusia, klimatologi, dan fisika bangunan. Integrasinya dengan arsitektur regionalism membuat konsep bioklimatik dipandang sebagai landasan untuk

menciptakan desain bangunan yang lebih berkelanjutan (Szokolay, 2004 dalam Hyde, 2012). Bioklimatik berasal dari kata *bioclimatology*, yaitu sebuah ilmu tentang hubungan antara iklim dan manusia. Bioklimatologi mempelajari tentang efek iklim pada kesehatan dan kegiatan sehari-hari manusia. Ditarik dari akar pengertian tersebut, maka bioklimatik dapat didefinisikan sebagai seni merancang bangunan hemat energi dengan mempertimbangkan iklim setempat dalam mensistesis desain bangunan (Yeang 1994, dalam Megawati dan Akromusyuhada, 2019).

Desain bioklimatik merupakan hasil dialektika antara keberlanjutan, kesadaran terhadap lingkungan alam, dan pendekatan organik dari karakteristik yang dimiliki tapak. Selain itu, desain bioklimatik juga mempertimbangkan konteks lingkungan, iklim mikro lokal, serta topografi (Almusaed, 2011).

Sinergi antara bangunan dan iklim dimaksudkan untuk mengambil potensi keuntungan dan meminimalisasi resiko buruk yang dapat dihadirkan oleh lingkungan sekitar. Sebagai wadah kegiatan bagi manusia, bangunan harus dapat berfungsi dengan baik dan menyediakan kenyamanan. Hal ini bertujuan untuk menghindarkan penghuni dari *sick building syndrome* (SBS) (Krisdianto, Abadi dan Ekomadyo, 2011).



Gambar 1. Pendekatan desain bioklimatik (Krisdianto, Abadi dan Ekomadyo, 2011)

Desain bioklimatik juga berkaitan erat dengan persoalan energi. Sebuah bangunan bioklimatik diupayakan memperoleh sumber daya terbarukan di dalam lokasi tapak, sehingga dapat menjadi penyeimbang bagi sumber daya tak terbarukan yang didatangkan dari luar tapak. Bangunan bioklimatik diperkirakan dapat menghemat lima hingga enam kali energi jika dibandingkan konsumsi energi bangunan konvensional selama masa pakainya (Jones, 1998 dalam Hyde, 2012). Desain bioklimatik memilih fokus pada penyediaan desain bangunan pasif berkualitas tinggi melalui teknologi baru dalam selubung, bentuk dan bahan bangunan (Yeang, 1998, dalam Hyde, 2012).

Prinsip Desain Bioklimatik

Terdapat dua komponen utama desain bioklimatik: (1) Menciptakan bangunan pasif rendah energi dengan cara menyediakan lingkungan yang nyaman melalui penerapan desain pasif; dan (2) Integrasi sistem pasif dan aktif (mekanis) sebagai solusi terpadu pengendalian iklim. Dalam beberapa kasus, ada keterbatasan penerapan efek sistem pasif. Sehingga harus dibantu sistem aktif (mekanis) untuk mencapai kenyamanan bangunan. Beberapa

untuk menolak fluks panas dan menciptakan perlindungan dari angin dan hujan.

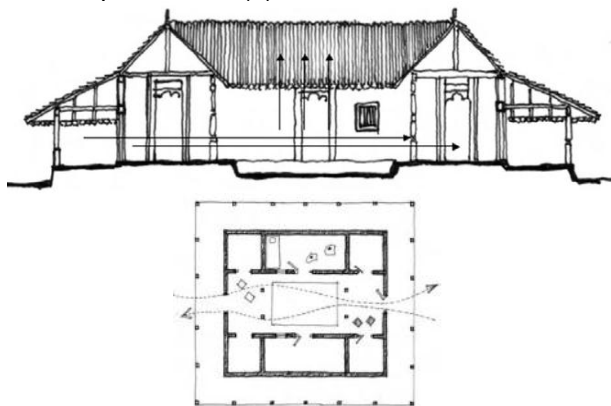
Beberapa elemen terkait selubung bangunan sebagai upaya desain pasif adalah pemilihan elemen buram (*opaque element*), atap, insulasi, fenestrasi, dan naungan (*shading*).

- e. *Solar chimney* dan *stack effect*
Solar chimney berfungsi membantu pertukaran aliran udara panas di dalam bangunan untuk dapat keluar melalui celah vertikal karena adanya *stack effect*.
- f. Halaman dan ruang luar
Bangunan dengan halaman memiliki potensi besar untuk memanfaatkan ventilasi alami. Di daerah tropis, halaman bertindak sebagai saluran udara. Halaman juga berfungsi sebagai *buffer zone* antara lingkungan luar dan dalam bangunan. Efek aliran udara pada elemen ini akan meningkatkan pendinginan penghuni dan pendinginan struktural, mengontrol panas berlebih serta menghilangkan panas matahari dari ruang dalam

Strategi dan Teknik Desain Bioklimatik

Menurut (Hyde, 2012), beberapa strategi dan teknik yang dapat diterapkan dalam desain bioklimatik adalah:

- a. Pendinginan pasif
Pendinginan pasif merupakan strategi untuk menurunkan suhu bagian dalam bangunan. Enam strategi pendinginan pasif biasanya digunakan untuk pendinginan pasif dan penerapannya bergantung pada iklim lokal adalah: (1) Ventilasi yang nyaman; (2) Ventilasi malam; (3) *Radiant cooling*; (4) Pendinginan evaporatif; dan (5) *Earth effect*.



Gambar 3. Skema pendinginan pasif yang memanfaatkan halaman dalam (Hyde, 2012)

- b. Pencahayaan (*daylighting*)
Pencahayaan siang hari pada bangunan yang terletak di iklim tropis memerlukan pertimbangan perolehan panas akibat radiasi matahari. Hal penting dari pencahayaan ruang yang efektif pada siang hari adalah terkait distribusi cahaya dalam ruang yang memadai dan seragam, proyeksi bayangan alami, dan menghindari silau. Semua itu dipengaruhi oleh (1) Kondisi langit; (2) Kenyamanan visual terkait iluminasi langit; (3) Bentuk, kedalaman, dan

permukaan desain ruang; dan (4) Jendela – ukuran, lokasi, orientasi, penyebaran cahaya.

- c. Pengurangan kebisingan
Pengurangan kebisingan dapat direncanakan dengan mengetahui beberapa faktor, antara lain (1) Kebisingan lingkungan luar – jarak, zonasi, *screen and barrier*, bukaan, dan insulasi; (2) Kebisingan dalam bangunan; dan (3) Implikasi kebisingan dari iklim.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif analisis. Menurut (Winartha, 2006), metode analisis deskriptif kualitatif merupakan metode penelitian yang mencoba melakukan analisis, menggambarkan atau mendeskripsikan, serta meringkas dari berbagai situasi dan kondisi yang dikumpulkan melalui wawancara maupun observasi lapangan. Obyek studi kasus penelitian adalah bangunan Rumah Heinz Frick yang terletak di Jl. Srinindito Selatan VII/16 Ngemplak Simongan, Semarang Barat, Kota Semarang. Data dikumpulkan melalui beberapa teknik, antara lain:

- a. Observasi: mengamati kondisi fisik serta aktivitas pada obyek studi kasus.
- b. Dokumentasi: pengambilan gambar terhadap bagian bangunan yang relevan dengan pembahasan.
- c. Wawancara: berupa pertanyaan struktur terbuka untuk menggali data dan informasi dari narasumber.

Data-data yang berhasil dikumpulkan kemudian ditinjau dari kajian teori mengenai desain bioklimatik dalam buku "*Bioclimatic Housing – Innovative Design for Warm Climates*" karya (Hyde, 2012).

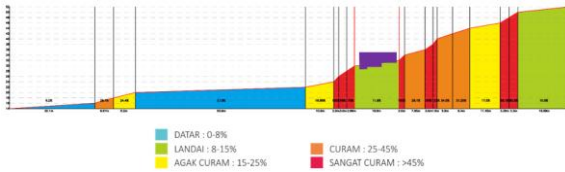
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Studi Kasus: Rumah Heinz Frick Semarang

Obyek studi kasus merupakan sebuah rumah tinggal yang terletak di atas tebing tengah Kota Semarang. Bangunan memiliki tingkat keberlanjutan yang cukup tinggi dengan penerapan konservasi energi, penggunaan material bekas dan terbaharukan, pengolahan dan penggunaan kembali limbah *in situ*, peningkatan kualitas udara, penerapan desain pasif, serta strategi adaptif yang memaksimalkan potensi iklim guna menciptakan hunian yang nyaman dan selaras dengan lingkungan setempat. Rumah milik seorang pengajar sekaligus pegiat bangunan ramah lingkungan ini menjadi sebuah laboratorium ekologis yang masih dapat dipelajari langsung hingga hari ini.

- a. Lokasi
Bangunan ini terletak di Jl. Srinindito Selatan VII/16 Ngemplak Simongan, Semarang Barat, Kota Semarang, sebuah permukiman padat di tengah kota. Rumah ini dibangun untuk mengakomodasi iklim tropis bersuhu relatif tinggi di Kota Semarang dengan permasalahan angin karena terletak di atas tebing.
- b. Deskripsi tapak
Tapak berada di atas tebing dengan kondisi lerengan (lokasi 11.9%; rata-rata 17.5%). Karena lokasinya ini, bangunan menghadapi

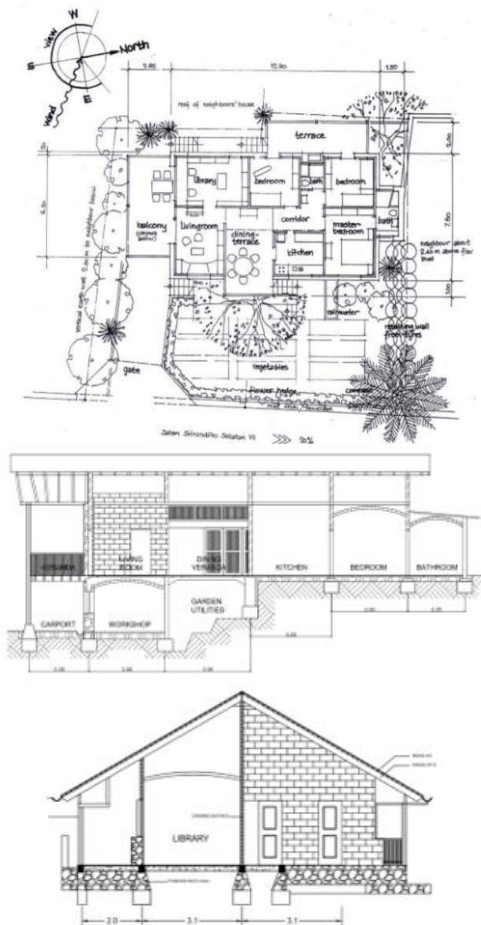
pergerakan angin yang cukup besar di waktu-waktu tertentu. Bangunan terletak di tengah permukiman padat dengan bangunan rendah di sekitarnya dan sedikit vegetasi sehingga menyebabkan efek *heat island*.



Gambar 4. Potongan topografi sekitar lokasi tapak

c. Konsep

Konsep dasar rumah ini adalah “selaras dengan lingkungan dan dapat menghidupi dirinya sendiri”. Konsep ini diwujudkan dengan menerapkan atribut-atribut desain pasif yang adaptif dan memaksimalkan kondisi lingkungan, serta pemenuhan dan pengolahan sumber daya secara mandiri.



Gambar 5. Denah dan potongan bangunan Rumah Heinz Frick

(Tanuwidjaja *et al.*, 2013, Dokumentasi pribadi 2018)

d. Konstruksi dan struktur bangunan

Rumah ini memiliki dua lantai dengan model terasering sebagai respon terhadap topografi. Dirancang oleh Dr. Ir. Heinz Frick sendiri dengan menggunakan sistem struktur rangka dan *shear wall* sekaligus. *Shear wall* berfungsi sebagai penahan tanah untuk menghindari terjadinya pergerakan tanah/longsoran. Material utama bangunan terdiri dari baja, beton, batu belah, dan kayu yang diperuntukkan bagi fungsinya

masing-masing. Atap pelana besar memungkinkan perlindungan bangunan dari radiasi yang dapat menurunkan perolehan panas dari matahari.

e. Sistem pendinginan pasif

Orientasi bangunan memanjang diagonal arah barat daya – timur laut untuk meminimalisasi permukaan bangunan yang terpapar radiasi matahari. Orientasi ini juga memungkinkan bangunan untuk menangkap pergerakan udara yang lebih besar dari sisi timur. Ventilasi silang dirancang maksimal dengan keberadaan bukaan di seluruh sisi bangunan. Dinding *shear wall*, terutama yang berada di sisi barat, terdapat tanaman rambat (vertikal garden). Beranda yang terletak di sisi barat daya diberi perlindungan berupa dinding ganda dan kisi-kisi pada jendela. Atap pelana yang besar memungkinkan naungan dan penyediaan ruang atap yang besar untuk pendinginan. Di atas plafon terdapat gudang yang sekaligus berfungsi sebagai penahan panas agar tidak turun ke ruang fungsional. Dinding gunungan diberi kisi-kisi yang berfungsi sebagai ventilasi untuk melepas panas dalam ruang atap.



Gambar 6. Strategi sistem pendinginan pasif pada bangunan

f. Pemanfaatan matahari

Penyinaran matahari dimanfaatkan secara maksimal untuk pencahayaan alami di siang hari dengan keberadaan banyak bukaan. Hal ini terlihat pada kondisi ruang dalam yang cukup terang di siang hari. Selain itu, cahaya matahari juga dimanfaatkan untuk sumber energi bagi panel surya (PV).

g. Naungan

Naungan matahari terutama didapat dari atap yang memiliki tritisan lebar. Selain itu, ditempatkan *shading*/kisi-kisi di beberapa jendela, terutama yang terletak pada bagian barat bangunan. Dinding pada sisi barat dan selatan dibuat lebih masif untuk memberi perlindungan dari beban matahari. Desain lansekap yang asri juga bermanfaat sebagai naungan sekaligus pengalir udara



Gambar 7. Dinding massif dengan taman vertikal (kiri); lansekap tapak (kanan)

h. Insulasi

Insulasi didapatkan dari plafon kayu yang menempel pada rangka atap dan plafon batako yang terletak di bawahnya. Dinding masif yang terdapat tanaman rambat juga membantu fungsi insulasi bangunan.

- i. Efek tanah (*earth effect*)
Kelembaban merespon dengan cara peninggian peil lantai rumah dan pemilihan material beton yang dilapisi aspal sebagai transisi antara tanah dengan rumah, sehingga tidak berinteraksi secara langsung dengan tanah. Manfaat dari strategi ini adalah untuk membantu menstabilkan suhu internal.
- j. Sistem pasokan energi
Sebagian energi listrik masih dipasok dari PLN. Namun sudah ada usaha penggunaan sumber daya terbarukan melalui panel surya (PV) pada atap bagian barat. Pemanas air juga memanfaatkan dari energi termal matahari.



Gambar 8. Instalasi *rainwater harvesting*

- k. Daur ulang dan konservasi air
Terdapat 2 jenis talang pada rumah ini, yaitu talang vertikal dan horisontal. Air hujan yang jatuh ke genteng dikumpulkan oleh talang vertikal dan kemudian disalurkan oleh talang horisontal ke dua bak air yang berada dipermukaan tanah. Air yang berada di bak akan dipompa ke bak air ketiga yang letaknya di utara rumah. Selanjutnya air disalurkan ke kamar mandi, tempat cuci di dapur, tempat cuci di tuang laundry, dan ke keran-keran yang berada di dalam rumah maupun halaman. Penyaluran ini tidak memanfaatkan gaya gravitasi karena bak ketiga tempatnya lebih tinggi.
- l. Pengolahan limbah
Di dalam tapak terdapat instalasi pengolahan limbah padat organik. Selain itu, *grey water* yang tidak digunakan akan diresapkan melalui lubang biopori.
- m. Material
Beberapa material struktural menggunakan baja kanal C bekas. Lantai di beberapa ruangan memanfaatkan keramik dan tegel bekas. Rumah ini juga menggunakan plafon yang daur ulang kertas. Beberapa material kayu memanfaatkan limbah PIKA. Material keras yang ditempatkan di ruang luar juga memanfaatkan kerikil, batako, dan besi-besi bekas. Finishing bangunan berupa cat dengan campuran bahan organik seperti buah naga, kunyit, dll.



Gambar 9. Plafon daur ulang kertas; lantai keramik bekas; plafon kayu bekas

Pembahasan

Menurut (Hyde, 2012) dalam buku "*Bioclimatic Housing – Innovative Design for Warm Climates*", proses desain bioklimatik mencakup 6 prinsip, 6 elemen, serta 3 strategi dan teknik yang dapat diimplementasikan untuk memperoleh bangunan dengan desain pasif hemat energi. Kajian bangunan rumah tinggal Heinz Frick akan ditinjau dari kriteria proses desain bioklimatik tersebut, sehingga dapat diketahui seberapa jauh desain rumah tinggal Heinz Frick dalam beradaptasi dan memaksimalkan potensi lingkungan setempat. Hasil analisis penerapan desain Rumah Heinz Frick adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Prinsip Desain Bioklimatik

No.	Prinsip Desain	Penerapan	K
a.	Menggunakan sistem pasif	Geometri denah bangunan berbentuk persegi panjang dengan orientasi memanjang diagonal arah barat daya – timur laut. Berguna untuk meminimalisasi permukaan bangunan yang terpapar matahari dan menangkap pergerakan udara dari arah timur.	v
b.	Mempertahankan dan memulihkan nilai ekologis	<i>Building footprint</i> bangunan hanya sekitar 40% luas tapak, selebihnya dimanfaatkan sebagai ruang terbuka dan hijau.	v
c.	Memanfaatkan energi terbarukan	(1) menggunakan panel surya untuk memenuhi sebagian kebutuhan listrik; (2) menerapkan <i>rainwater harvesting</i> ; (3) pencahayaan alami siang hari.	v
d.	Memanfaatkan bahan (material) berkelanjutan	(1) baja, besi, keramik, kayu, dan batako bekas; (2) plafon daur ulang kertas; (3) cat campur bahan organik.	v
e.	Menerapkan pemikiran <i>life cycle</i>	(1) konservasi dan daur ulang air; (2) pengolahan limbah padat organik <i>in situ</i> .	v
f.	Menciptakan kesehatan dan kesejahteraan	Terpenuhi karena sebagian besar kriteria desain bioklimatik diterapkan.	v

Tabel 2. Elemen Desain Bioklimatik

No.	Prinsip Desain	Penerapan	K
a.	Tata letak bangunan dan perencanaan lokasi	Lingkungan sekitar tumbuh secara organik, sehingga intervensi desain hanya dapat dilakukan di dalam	v

	area tapak. Posisi yang lebih tinggi dari bangunan sekitarnya membuat bangunan ini mendapatkan suplai cahaya dan penghawaan yang melimpah.		vertikal yang menempel pada dinding. Namun tingkat pengurangan kebisingan tidak dapat dinilai lebih jauh karena keterbatasan data.
b.	Ukuran tapak, kepadatan, dan tata letak untuk efisiensi energi	Bangunan berada di lingkungan padat dengan orientasi jalan serong arah barat daya – timur laut. Hal ini berpengaruh terhadap orientasi bangunan yang dapat lebih meminimalisasi paparan matahari.	v
c.	Rencana bentuk dan orientasi	(1) ruang-ruang utama terletak di area utara dan timur, sehingga terlindungi dari radiasi matahari sore; (2) <i>dining terrace</i> didesain terbuka di bagian timur untuk menangkap pergerakan udara.	v
d.	Selubung bangunan	(1) atap pelana lebar menaungi bangunan; (2) <i>shear wall</i> pada sisi selatan dan barat yang dilapisi taman vertikal; (3) <i>shading</i> pada jendela dan teras bagian selatan serta barat; (4) elemen transparan di sekeliling bangunan untuk pencahayaan alami.	v
e.	<i>Solar chimney</i> dan <i>stack effect</i>	Tidak diterapkan.	x
f.	Halaman dan ruang luar	(1) ruang luar di bagian timur dipenuhi tanaman yang berfungsi sebagai peneduh dan mengalirkan udara ke dalam bangunan melalui <i>dining terrace</i> ; (2) teras pada sisi timur – selatan – barat sebagai buffer zone.	v

K = Keterangan; v = diterapkan; x = tidak diterapkan; o = tidak dapat dinilai

KESIMPULAN

Bangunan rumah tinggal Heinz Frick dapat dikatakan telah memenuhi kriteria desain bioklimatik. Rumah Heinz Frick menerapkan 6/6 prinsip, 5/6 elemen, dan 2/3 strategi teknik desain bioklimatik. Kriteria “pengurangan kebisingan” tidak dapat dinilai lebih jauh karena keterbatasan data. Sedangkan kriteria “*solar chimney* dan *stack effect*” tidak diterapkan dalam bangunan. Hal ini membuktikan bahwa desain bioklimatik (sistem pasif hemat energi) dapat diterapkan dalam bangunan skala kecil demi mencapai kenyamanan bangunan bagi penghuninya. Penerapan desain bioklimatik pada bangunan juga merupakan sebuah usaha untuk mengurangi konsumsi energi, sehingga laju pemburukan kualitas lingkungan hidup dapat ditekan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada pengelola Rumah Heinz Frick yang telah memberi izin untuk keperluan pengamatan lapangan, serta berkenan memberikan data dan informasi untuk kepentingan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Almusaed, A. (2011) *Biophilic and Bioclimatic Architecture: Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture*. London: Springer-Verlag London Limited. doi: 10.1007/978-1-84996-534-7.

Alsuliman, A. (2014) ‘Bioclimatic architecture: housing and sustainability’, *Journal of Environment and Earth Science*, 4(22), pp. 184–195. Available at: https://www.researchgate.net/publication/297020314_Bioclimatic_Architecture_Housing_and_Sustainability.

Cruz, N. S., Torres, M. I. M. and Silva, J. A. R. M. da (2011) ‘Bioclimatic Architecture Potential in Buildings Durability and in their Thermal and Environmental Performance’, *Bioclimatic Architecture Potential in Buildings Durability and in their Thermal and Environmental Performance*, pp. 1–8. Available at: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB22300.pdf>.

Handoko, J. P. S. and Ikaputra, I. (2019) ‘Prinsip Desain Arsitektur Bioklimatik Pada Iklim Tropis’, *Langkau Betang: Jurnal Arsitektur*, 6(2), p. 87. doi: 10.26418/lantang.v6i2.34791.

Hyde, R. (2012) *Bioclimatic Housing: Innovative Design for Warm Climates, Bioclimatic Housing Innovative Designs for Warm Climates*. Edited by R. Hyde. London: Earthscan. doi: 10.4324/9781849770569.

Juhana (2001) *Arsitektur dalam Kehidupan Masyarakat*:

Tabel 3. Strategi dan Teknik

No.	Prinsip Desain	Penerapan	K
a.	Pendinginan pasif	Menerapkan ventilasi silang dan menaikkan lantai bangunan untuk mengatasi <i>earth effect</i> .	v
b.	<i>Daylighting</i>	Pencahayaan siang hari memanfaatkan terang langit yang masuk pada elemen transparan bangunan.	v
c.	Pengurangan kebisingan	Memanfaatkan tanaman pada ruang luar dan taman	o

Pengaruh Bentuk dan Arsitektur dan Iklim Terhadap Kenyamanan Termal Rumah Tinggal Suku Bajo di Wilayah Pesisir Bajoe Kabupaten Bone Sulawesi Selatan. Semarang: Bendera.

- Karyono, T. H. (2000) 'Report of Thermal Comfort and Building Energy Studies in Jakarta - Indonesia', *Prosiding SEMSINA*, 35, pp. 77–90. doi: 10.1016/S0360-1323(98)00066-3.
- Krisdianto, J., Abadi, A. A. and Ekomadyo, A. S. (2011) 'Bioclimatic Architecture As a Design Approach With a Middle Apartment in Surabaya As a Case Study', *Journal of architecture & ENVIRONMENT*, 10(1), p. 15. doi: 10.12962/j2355262x.v10i1.a516.
- Megawati, L. A. and Akromusyuhada, A. (2019) 'Pendekatan Arsitektur Bioklimatik Pada Konsep Bangunan Sekolah Hemat Energy', *Arsitektura*, 17(1), pp. 77–86. Available at: <https://jurnal.uns.ac.id/Arsitektura>.
- Mufidah, Purwanto, L. M. F. and Sanjaya, R. (2021) 'Adaptasi Kinerja Bangunan Rumah Tinggal dengan Ventilasi Atap Responsif', *RUAS*, 19(1), pp. 80–91. Available at: <https://ruas.ub.ac.id/index.php/ruas/article/view/370>.
- Sardjono, A. B. (2011) 'Respon Rumah Tradisional Kudus terhadap Iklim Tropis', *MODUL Vol.11 No.1 Januari 2011*, 11(1), pp. 7–16. doi: <https://doi.org/10.14710/mdl.11.1.2011.%25p>.
- Suwarno, N. (2020) 'ARSITEKTUR BIOKLIMATIK: Usaha Arsitek Membantu Keseimbangan Alam dengan Unsur Buatan', *Jurnal Arsitektur Komposisi*, 13(ARSITEKTUR BIOKLIMATIK), pp. 1–7. Available at: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/komposisi/article/view/3400/1865>.
- Tanuwidjaja, G. *et al.* (2013) 'Desain Rumah Heinz Frick yang Ramah Lingkungan dan Terjangkau', *Tesa Arsitektur*, 11(1). doi: <https://doi.org/10.24167/tesa.v11i1.223>.
- Winartha, I. M. (2006) *Metodologi Penelitian Sosial Ekonomi*. Yogyakarta: Andi Offset.
<https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/sustainable-buildings>