

KAJIAN IMPLEMENTASI EFISIENSI ENERGI KONSEP BANGUNAN GEDUNG HIJAU PADA KANTOR DINAS CIPTA KARYA PROVINSI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN EDGE

Hukama Almer Khansa

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
d300220147@student.ums.ac.id

Wilda Maulina

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
wm387@ums.id

ABSTRAK

Meningkatnya konsumsi energi pada sektor bangunan mendorong perlunya penerapan konsep Bangunan Gedung Hijau (BGH) sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan prinsip BGH dengan fokus pada efisiensi energi pada bangunan perkantoran pemerintah melalui pendekatan evaluasi kuantitatif. Studi kasus dilakukan pada Kantor Dinas Cipta Karya Provinsi Jawa Timur dengan metode studi literatur, observasi lapangan, serta analisis karakteristik iklim dan fisik bangunan. Evaluasi kinerja efisiensi energi dilakukan menggunakan perangkat lunak EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) sebagai alat utama untuk menilai potensi penghematan energi secara kuantitatif berdasarkan kondisi eksisting dan alternatif desain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan strategi desain pasif dan optimalisasi elemen bangunan yang responsif terhadap iklim tropis berpotensi meningkatkan kenyamanan ruang sekaligus menurunkan konsumsi energi bangunan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam evaluasi dan pengembangan perancangan bangunan perkantoran pemerintah yang adaptif terhadap iklim tropis serta selaras dengan ketentuan Bangunan Gedung Hijau di Indonesia.

KEYWORDS:

Bangunan Gedung Hijau; Efisiensi Energi; Pencahayaan Alami; Ventilasi Alami; Kenyamanan Termal; Bangunan Perkantoran

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor konstruksi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan kebutuhan pembangunan infrastruktur dan gedung pemerintahan. Namun, pertumbuhan tersebut berimplikasi langsung terhadap meningkatnya konsumsi energi, penggunaan sumber daya alam, serta emisi karbon yang berdampak pada penurunan kualitas lingkungan. Sektor bangunan diketahui sebagai salah satu penyumbang konsumsi energi terbesar, baik pada tahap konstruksi maupun operasional bangunan, sehingga diperlukan upaya sistematis untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan bangunan (Wiyono, 2019; Zuo & Zhao, 2014).

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, pemerintah Indonesia telah mengembangkan kebijakan Bangunan Gedung Hijau (BGH) yang diatur dalam Peraturan

Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau. Regulasi ini menekankan bahwa bangunan gedung harus dirancang, dibangun, dioperasikan, dan dipelihara dengan memperhatikan aspek efisiensi energi, konservasi air, pengelolaan material, serta kualitas lingkungan dalam ruang.

Penerapan BGH pada bangunan pemerintah memiliki arti penting, tidak hanya dalam mewujudkan efisiensi sumber daya, tetapi juga sebagai bentuk komitmen terhadap tanggung jawab sosial dan lingkungan. Salah satu contoh penerapan konsep tersebut adalah pada Bangunan Dinas Cipta Karya Provinsi Jawa Timur, yang telah menjalani proses peningkatan kualitas bangunan menuju standar Bangunan Gedung Hijau melalui kegiatan *retrofit*. Upaya ini menunjukkan langkah konkret pemerintah dalam

mengimplementasikan prinsip pembangunan berkelanjutan di sektor fasilitas publik. Penerapan BGH diharapkan mampu meningkatkan kinerja bangunan secara berkelanjutan sepanjang siklus hidupnya (Kementerian PUPR, 2021).

Kantor Dinas Cipta Karya Provinsi Jawa Timur sebagai bangunan pemerintahan memiliki peran strategis dalam menjadi contoh penerapan konsep Bangunan Gedung Hijau, khususnya dalam aspek efisiensi energi. Sebagai institusi yang bergerak di bidang pembangunan infrastruktur dan permukiman, penerapan prinsip BGH pada gedung kantor Dinas Cipta Karya diharapkan tidak hanya meningkatkan kinerja energi bangunan, tetapi juga menjadi model penerapan bangunan berkelanjutan di lingkungan pemerintahan daerah.

Dalam rangka mengevaluasi kinerja efisiensi energi bangunan, diperlukan alat bantu analisis yang terukur dan terstandar. Pada penelitian ini evaluasi kinerja efisiensi energi menggunakan EDGE (*Excellence in Design for Greater Efficiencies*), yaitu perangkat lunak yang dikembangkan oleh *International Finance Corporation* (IFC) untuk menilai efisiensi energi, air, dan material pada bangunan. EDGE memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi desain dan menghitung potensi penghematan energi secara kuantitatif berdasarkan kondisi iklim lokal dan karakteristik bangunan (IFC, 2020). Suatu bangunan dinyatakan memenuhi standar EDGE apabila mampu mencapai minimal 20% penghematan energi, air, dan energi material dibandingkan bangunan konvensional sejenis, sehingga berkontribusi dalam pengurangan emisi karbon, penurunan biaya operasional, serta mendukung prinsip pembangunan bangunan gedung hijau yang berkelanjutan. Dengan edge hasil dari Beberapa studi menyebutkan bahwa penggunaan EDGE efektif dalam mendukung proses perancangan dan evaluasi bangunan hijau, khususnya pada tahap perencanaan dan analisis awal (Pratama et al., 2021). Setelah mengetahui hasil implementasi efisiensi energi dari desain perencana diperlukan alternatif desain sebagai pembanding guna memperoleh solusi perencanaan yang lebih optimal dan

efisien sehingga memaksimalkan dari kekurangan bangunan yang sudah di bangunan dari desain perencanaan.

Latar belakang yang menjadi rumusan masalah:

1. Sistem ventilasi apakah yang paling cocok di aplikasikan dan dapat menurunkan hawa di kawasan relatif panas serta dampak pengurangan dalam rangka efisiensi energi?
2. Strategi pencahayaan yang paling optimal dan jenis terbaik untuk di gunakan agar mendapatkan optimal cahaya masuk untuk efisiensi energi dalam gedung?
3. Berapa perbandingan persentase reduksi konsumsi energi dari penurunan suhu termal desain perencana awal dan desain evaluasi alternatif bagi penghawaan gedung?

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis tingkat penerapan prinsip Bangunan Gedung Hijau (BGH) dalam strategi penghematan energi tanpa mengurangi kenyamanan ruang.
2. Pengembangan desain efektifitas penghematan energi dengan menunjang sistem ventilasi untuk kenyamanan termal dan udara baru
3. Membandingkan persentase reduksi konsumsi energi dari penurunan suhu termal desain perencana awal dan desain evaluasi alternatif bagi penghawaan gedung menggunakan Skoring EDGE

TINJAUAN PUSTAKA

Bangunan Gedung Hijau (BGH) dan Efisiensi Energi

Bangunan Gedung Hijau (BGH) merupakan konsep pembangunan yang menekankan pada efisiensi penggunaan sumber daya, khususnya energi dan air, serta pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan sepanjang siklus hidup bangunan. Di Indonesia, konsep BGH diatur secara resmi dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021, yang menyatakan bahwa bangunan hijau harus mampu menunjukkan kinerja energi yang efisien tanpa mengabaikan

aspek kenyamanan pengguna bangunan. Efisiensi energi menjadi salah satu indikator utama dalam penilaian BGH, terutama pada bangunan gedung perkantoran yang memiliki tingkat konsumsi energi relatif tinggi akibat penggunaan sistem pencahayaan, pendinginan, dan peralatan elektronik (Kementerian PUPR, 2021).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan prinsip bangunan hijau mampu menurunkan konsumsi energi hingga 20–30% dibandingkan bangunan konvensional. Wiyono (2019) menyimpulkan bahwa strategi desain pasif seperti orientasi bangunan, bukaan, dan ventilasi alami memiliki kontribusi signifikan terhadap penghematan energi operasional. Oleh karena itu, analisis tingkat penerapan prinsip BGH menjadi penting untuk menilai sejauh mana strategi penghematan energi telah diterapkan tanpa mengurangi kenyamanan ruang.

Selain itu desain bukaan maupun jendela menjadi faktor optimalisasi penghematan energi karena mampu menurunkan kebutuhan pencahayaan hingga 50% dalam rekomendasi tersebut salah satu metode desain bukaan fasad yang di desain melalui analisa lintasan matahari dapat meningkatkan efisiensi menurut publikasi baker et al. (2019) *Sustainable Cities and Society*

Strategi Penghematan Energi dan Kenyamanan Ruang

Efisiensi energi dalam bangunan tidak dapat dipisahkan dari aspek kenyamanan termal dan kualitas ruang. Kenyamanan ruang dipengaruhi oleh suhu udara, kelembapan, kecepatan aliran udara, serta kualitas pencahayaan alami. Menurut Szokolay (2014), bangunan yang dirancang dengan pendekatan iklim tropis harus mengoptimalkan ventilasi alami dan meminimalkan ketergantungan pada sistem pendingin mekanis untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi energi dan kenyamanan penghuni.

Penelitian oleh Handoko dan Putra (2020) menyatakan bahwa strategi penghematan energi yang tidak memperhatikan kenyamanan ruang justru berpotensi meningkatkan konsumsi energi secara tidak langsung, karena pengguna akan

mengandalkan perangkat tambahan seperti kipas angin atau pendingin udara. Oleh sebab itu, penerapan prinsip BGH harus mampu mengintegrasikan efisiensi energi dengan kenyamanan ruang secara simultan.

Sistem Fresh Air dan Desain Penghawaan Searah

Sistem penghawaan dengan suplai udara segar (*fresh air system*) merupakan salah satu pendekatan penting dalam bangunan gedung hijau untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruang sekaligus mendukung efisiensi energi. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan udara luar yang diolah secara alami maupun mekanis untuk memenuhi kebutuhan ventilasi bangunan. Menurut ASHRAE (2019), pengaturan aliran udara segar yang efektif dapat mengurangi beban pendinginan dan meningkatkan kenyamanan termal penghuni. Selain itu Givoni (2018) dalam *Architecture and Environmental Design Journal* menekankan bahwa sirkulasi alami tidak hanya menghemat energi tetapi juga mendukung kesehatan bagi pengguna karena meningkatkan sirkulasi udara baru.

Desain penghawaan searah (*unidirectional airflow*) memungkinkan terjadinya sirkulasi udara yang lebih stabil dan efisien, terutama bila dikombinasikan dengan ventilasi alami seperti *cross ventilation* dan *stack effect*. Penelitian oleh Prasetyo et al. (2021) menunjukkan bahwa desain penghawaan searah mampu meningkatkan efektivitas sirkulasi udara hingga 25% serta menurunkan penggunaan energi pendinginan secara signifikan. Dengan demikian, pengembangan efektivitas penghematan energi melalui sistem fresh air dan desain penghawaan searah menjadi aspek penting dalam evaluasi bangunan perkantoran berbasis BGH.

Evaluasi Efektivitas dan Keterbatasan Sistem Penghematan Energi

Evaluasi efektivitas sistem penghematan energi bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat keberhasilan penerapan strategi efisiensi energi serta menemukan kelemahan yang masih terdapat dalam perencanaan maupun operasional

bangunan. Menurut Yuliani dan Nugroho (2022), evaluasi kinerja energi bangunan dapat dilakukan melalui pendekatan simulasi energi, pengukuran konsumsi energi aktual, serta analisis desain bangunan. Salah satu alat yang digunakan dalam proses evaluasi tersebut adalah software EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies), yaitu sistem penilaian bangunan hijau yang bertujuan mendorong efisiensi sumber daya secara terukur dan berkelanjutan. EDGE menilai kinerja bangunan berdasarkan tiga aspek utama, yaitu efisiensi energi, efisiensi penggunaan air, dan efisiensi material bangunan, dengan kriteria pencapaian minimal penghematan sebesar 20% dibandingkan bangunan konvensional. Berdasarkan tingkat pencapaiannya, EDGE memiliki beberapa tingkatan sertifikasi, yaitu EDGE Certified ($\geq 20\%$ efisiensi), EDGE Advanced ($\geq 40\%$ efisiensi energi), dan EDGE Zero Carbon (bangunan dengan emisi karbon operasional nol), yang menunjukkan peningkatan kinerja efisiensi dan komitmen terhadap keberlanjutan bangunan.

Namun demikian, beberapa penelitian mencatat bahwa keterbatasan sistem penghematan energi sering kali dipengaruhi oleh faktor desain awal bangunan, orientasi tapak, serta perilaku pengguna. Studi oleh Sari et al. (2020) mengungkapkan bahwa meskipun bangunan telah menerapkan konsep hijau, kurangnya optimalisasi ventilasi alami dan sistem penghawaan dapat mengurangi tingkat efisiensi energi yang dicapai. Oleh karena itu, identifikasi efektivitas dan kekurangan sistem penghematan energi menjadi dasar penting dalam perbaikan desain dan pengelolaan bangunan gedung hijau.

Kriteria penilaian BGH pada Permen PUPR No. 21/2021 meliputi enam indikator utama, yaitu pengelolaan tapak, efisiensi energi, konservasi air, penggunaan material ramah lingkungan, kualitas udara dalam ruang, serta manajemen lingkungan bangunan. Setiap indikator memiliki tolok ukur kuantitatif dan kualitatif yang menentukan klasifikasi sertifikasi Pratama, Madya, Utama, hingga Utama Plus. Sari (2022) menemukan bahwa penerapan prinsip BGH pada Asrama Mahasiswa Nusantara Surabaya berhasil meningkatkan efisiensi energi hingga 25 % dan

memperoleh kategori Utama. Penelitian Putra dan Kurniawan (2023) terhadap Redesain Gedung Flat Dosen Muda ITS Surabaya menunjukkan bahwa optimalisasi pencahayaan alami, penggunaan material bersertifikat ramah lingkungan, serta penerapan ventilasi alami mampu meningkatkan skor penilaian dari 42,4 % menjadi 58,7 % (kategori Pratama). Wibowo (2021) juga meneliti Bangunan Ekspansi DP Mall Semarang dengan hasil capaian 66 % pada tahap perencanaan teknis (kategori Intermediate). Temuan-temuan tersebut membuktikan bahwa penerapan prinsip BGH yang mengacu pada Permen PUPR No. 21/2021 dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan sumber daya pada berbagai proyek, meskipun pengawasan pascakonstruksi masih perlu diperkuat.

Penelitian internasional juga memperlihatkan kecenderungan serupa. Lee et al. (2020) melaporkan bahwa gedung perkantoran hijau di Malaysia menggunakan energi 20–30 % lebih sedikit dibandingkan bangunan konvensional. Ahn et al. (2022) di Korea Selatan menemukan bahwa penerapan sistem ventilasi alami serta material berdaya serap panas rendah mampu menurunkan beban pendinginan hingga 28 %. Menurut United Nations Environment Programme (2023), sektor bangunan secara global menyumbang sekitar 37 % dari total emisi CO₂ dunia, sehingga implementasi konsep bangunan hijau menjadi langkah strategis dalam mendukung target net-zero emission 2050.

Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami merupakan faktor terpenting dalam upaya penghematan energi, optimalisasi integrasi cahaya alami secara signifikan mengurangi konsumsi energi bangunan hingga $\pm 17\%$ dan meningkatkan kualitas pencahayaan, sehingga mendukung tujuan desain berkelanjutan (Arun & Gopan, 2025), serta pemilihan warna ruang sangat menunjang seberapa efektif pemanfaatan cahaya alami menurut peneliti (Escobar et al., 2024) reflektansi dan transmitansi material interior, khususnya warna dinding, lantai, dan jenis kaca, berpengaruh signifikan terhadap

kualitas pencahayaan alami dan buatan di suatu ruang. Material berwarna terang dengan transmittansi kaca tinggi menghasilkan pencahayaan fotopik dan melanopik yang lebih optimal, sehingga berkontribusi pada efisiensi energi dan peningkatan kenyamanan visual penghuni.

Faktor pencahayaan alami maksimal juga perlu memikirkan titik yang pas, seperti penelitian (Purnama et al., 2025) menyebutkan penentuan penempatan dan orientasi juga jendela sangat memengaruhi bagaimana sinar matahari masuk dan menerangi ruang interior, sehingga mengurangi ketergantungan pada energi pencahayaan buatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif komparatif dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi penerapan prinsip Bangunan Gedung Hijau (BGH) pada Gedung Dinas Perumahan Rakyat, Kawasan Permukiman, dan Cipta Karya Provinsi Jawa Timur, sedangkan metode komparatif digunakan untuk membandingkan desain kinerja bangunan tersebut dengan bangunan desain alternatif dengan fokus pada aspek pencahayaan, desain ventilasi serta aspek ruang lingkup hijau.

Pendekatan **kualitatif** dilakukan melalui observasi lapangan dan analisis deskriptif terhadap penerapan prinsip BGH, meliputi manajemen perencanaan dan evaluasi konstruksi, inovasi proyek berbasis green improvement, pengelolaan limbah konstruksi, serta penerapan perilaku kerja hijau.

Pendekatan **kuantitatif** dilakukan melalui perbandingan potensi efisiensi energi, pemanfaatan air, dan dampak biaya operasional berdasarkan indikator Bangunan Gedung Hijau sesuai Permen PUPR No. 21 Tahun 2021.

Hasil penilaian indikator kemudian dibandingkan antara perencanaan bangunan gedung hijau dalam lapangan dan desain bangunan inovasi untuk mengetahui perbedaan kinerja lingkungan dan efisiensi

sumber daya. Tahap yang dilakukan untuk penelitian ini agar mendapat hasil yang diinginkan :

1. Mengumpulkan data fisik maupun nonfisik baik di lapangan maupun *soft file*.
2. Pembuatan inovasi desain yang dirasa kurang efektif dan kurang maksimal pada kawasan tersebut.
3. Menginput data (permodelan 3D/2D, Simulasi dengan *software* EDGE, data lapangan dan meteoblue yang dikira perlu dalam simulasi untuk mengkomperkan desain lapangan dan desain inovasi yang telah dibuat.
4. Melakukan komperasi antara hasil dari pengeluarann energi dimasing desain.
5. Mendapatkan data evaluasi yang diinginkan untuk menyimpulkan.
6. Menyimpulkan kekurangan maupun kelebihan dari segi desain dan energi yang di keluarkan.



Gambar 1. Tahapan Desain
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025).

Data maupun desain yang di amati dari perencanaan awal yang di ambil sebagai pembanding :

1. Desain bukaan maupun jendela.
2. Ruang Terbuka Hijau.
3. Sistem penunjang fresh air gedung.
4. *Secondary skin*.
5. Penataan Ruang untuk cahaya masuk.
6. Penempatan energi terbarukan/ panel surya.

Data dari desain inovasi yang di ambil sebagai pembanding :

1. Sistem air bergerak sebagai filter udara sekaligus penurun suhu ruang
2. *Roof Garden* dan vertikal garden
3. *Secondary skin*.

TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data yakni dengan cara :

1) Observasi (Pengamatan Langsung serta tidak langsung)

Melakukan Observasi langsung di lapangan pada proyek pembangunan gedung hijau dinas cipta karya provinsi jawa timur, meliputi data identifikasi struktur, arsitektur dan MEP Serta data monitoring pekerjaan di lapangan dengan data yang diperoleh aktual dan faktual. Metode tersebut dapat menjadikan pemahaman bagi penulis akan kondisi awal hingga akhir pekerjaan pada aspek fisik maupun non fisik pada proyek.

Selain itu, observasi tidak langsung dengan pengumpulan data sebagai pembanding dengan berupa dokumentasi, foto, video atau laporan maupun data histori proyek sejenis, maupun pembanding serta efisiensi dari segi waktu maupun biaya. Dari hasil observasi dokumentasi didapatkan bahwasannya sistem pencahayaan dan pendingin untuk mengetahui efisiensi energi, Penggunaan air dengan perlengkapan sanitasi dan sistem pemanfaatan air alternatif untuk mengetahui efisiensi air, penggunaan material bangunan yang ramah lingkungan dan bersertifikasi ecogreen untuk mengetahui efisiensi material. Sesuai dengan 3 aspek utama EDGE

2) Studi Dokumentasi

Studi dokumentasi dilakukan dengan menganalisis data sekunder berupa gambar perencanaan, laporan teknis, dokumen proyek, dan dokumen pendukung lainnya yang berkaitan dengan aspek arsitektur, konstruksi, dan lingkungan binaan. Data dokumentasi digunakan untuk mengidentifikasi penerapan prinsip Bangunan Gedung Hijau pada objek penelitian serta sebagai dasar evaluasi kinerja bangunan.

Analisis data sekunder berupa gambar, laporan teknis, atau dokumen pendukung. Dalam konteks arsitektur, konstruksi, dan lingkungan binaan

3) Studi Literatur

Menggunakan metode studi literatur dengan menelaah berbagai sumber tertulis, seperti jurnal ilmiah, artikel, laporan penelitian, serta dokumen resmi yang berkaitan dengan konsep Bangunan Gedung

Hijau. Kajian literatur tersebut digunakan sebagai dasar teoritis sekaligus alat pembanding terhadap temuan observasi lapangan, serta untuk memastikan bahwa penelitian yang dilakukan selaras dengan regulasi dan standar yang berlaku

Indikator penilaian dalam penelitian mengacu pada Permen PUPR No. 21 Tahun 2021

- Pengolahan Tapak
- Efisiensi energi
- Konservasi air
- Penggunaan material ramah lingkungan
- Kualitas udara dan kenyamanan ruang
- Manajemen lingkungan bangunan

Indikator tersebut digunakan sebagai dasar analisis konsep Bangunan Gedung Hijau.

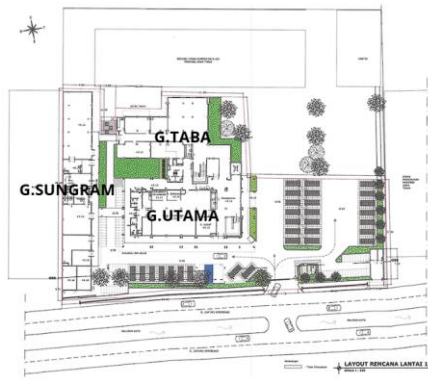
Gambaran Umum Objek Penelitian

Bangunan Kantor Dinas Cipta Karya Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu bangunan pemerintahan yang sedang dikembangkan menuju penerapan konsep Bangunan Gedung Hijau. Dalam proses pembangunannya, Bangunan ini mengimplementasikan sejumlah prinsip BGH, antara lain efisiensi energi, efisiensi air, pengelolaan dan siklus material, kenyamanan dan kesehatan ruang, pengolahan tapak, serta manajemen bangunan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data Fisik Bangunan

Memahami akan tampak baik eksisting, fisik, topografi serta lingkungan adalah tahap terpenting dalam perancangan, sehingga lokasi tidak sekedar latar belakang tetapi dasar dari menentukan konsep serta bentuk bangunan, pemahaman kondisi eksisting tampak akan terdapatnya desain yang sesuai dengan karakteristik lingkungan (Baper & Ismael, 2024)



Gambar 2. Rencana Layout Gedung
(Sumber: Dokumen Penulis 2025).

(Li, 2025) menunjukkan bahwa strategi desain seperti optimasi tata letak bangunan, penggunaan material insulasi efisiensi tinggi, dan pemanfaatan teknologi energi terbarukan secara signifikan mengurangi konsumsi energi operasional gedung suatu perkantoran hingga 24% dan mengurangi konsumsi dari panas dan pendingin hingga sampai 30% efektivitas desain yang berkelanjutan dapat meningkatkan efisiensi bangunan

Upaya efisiensi energi dilakukan melalui optimalisasi pencahayaan alami dengan penyediaan bukaan jendela pada berbagai sisi bangunan, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan lampu dan sistem pendingin udara. Selain itu, bangunan ini juga memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi terbarukan untuk membantu menekan konsumsi listrik konvensional. Efisiensi air diterapkan melalui pemanfaatan air hujan yang ditampung dan digunakan kembali untuk kebutuhan *flush closet* dan penyiraman tanaman. Dalam aspek material, bangunan menggunakan material yang memiliki sertifikasi ramah lingkungan (*eco-green material*), serta menerapkan prinsip *reuse* terhadap material bangunan lama yang masih layak digunakan. Material sisa pembongkaran, seperti puing bangunan, dimanfaatkan kembali sebagai urukan elevasi lantai guna meminimalkan limbah konstruksi. Penggunaan energi bangunan juga dipantau melalui sistem pengendalian dan monitoring untuk memastikan efisiensi operasional. Selain aspek fisik bangunan, penerapan prinsip Bangunan Gedung Hijau juga mencakup perilaku kerja di lingkungan proyek. Pekerja

diwajibkan menerapkan praktik kerja berkelanjutan, seperti penggunaan alat pelindung diri, menjaga kebersihan area kerja, penerapan kawasan bebas rokok dengan area khusus, serta pengelolaan lingkungan kerja



Gambar 3. Konsep bangunan kantor gedung utama dan sungram.
(Sumber: Dokumen Gambar Perencana 2025).

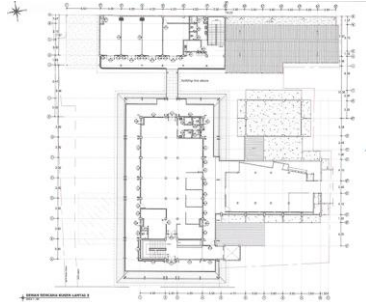


Gambar 4. Konsep bangunan kantor gedung utama dan taba.
(Sumber: Gambar Perencana 2025).

(Amirkhani et al., 2017) menyatakan bahwa strategi desain pencahayaan yang efisien, melalui pemanfaatan pencahayaan alami dari bukaan jendela serta integrasi sistem pencahayaan buatan yang dirancang secara tepat, berpengaruh signifikan terhadap konsumsi energi pada gedung perkantoran. Pendekatan tersebut tidak hanya meningkatkan kenyamanan visual ruang, tetapi juga mengurangi kebutuhan energi untuk pencahayaan buatan sehingga mendukung optimalisasi konsumsi energi bangunan secara keseluruhan.

Letak kondisi site pada bangunan gedung dinas cipta karya yang berada Jl. Gayungan kebonsari No.169, Gayungan, Kec.gayungan, Surabaya, Jawa Timur sebagai objek bangunan gedung hijau. Bangunan sendiri dengan perencanaan 3 masa bangunan, bangunan utama 4 lantai, bangunan lainnya yakni pendukung seperti sungram 3 lantai dan taba 2 lantai

Dalam rancangan ini terdapat beberapa masa bangunan namun pada data penelitian ini akan berfokus pada gedung utama pada lantai 3 dan gedung taba lantai 1 yang merupakan berfokus pada tujuan penelitian.



Gambar 5. Gambar Rencana Kusen Lantai 3 Gedung Utama Kantor Dinas PRKPCK
(Sumber: Dokumen Gambar Perencana 2025).



Gambar 6. Gambar Rencana Kusen Lantai 1 Gedung Taba Kantor Dinas PRKPCK
(Sumber: Dokumen Gambar Perencana 2025).

Hasil identifikasi lahan

- Kawasan terletak pada daerah perkantoran di wilayah provinsi Jawa timur dengan batasan sisi utara Gedung SDA Prov. Jawa Timur, selatan Jalan Gayung Kebonsari, Timur SHM (Usaha Cuci Mobil), Barat Gedung Dinas Perkebunan Prov. Jawa Timur.
- Kondisi sungai yang hampir sama dengan lahan sehingga harus melakukan pendekatan khusus pada sistem buangan/drainase
- Bangunan yang semula bangunan kantor lama di retrofiting membuat tantangan dalam desain dan penataan ruang sehingga perlu pendekatan lebih akan perancangan dalam struktur maupun pondasi.

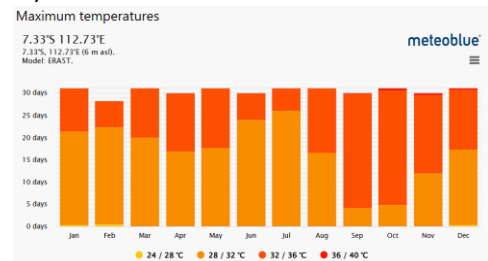
Analisa lingkungan sekitar

Analisis iklim bangunan menjadi aspek penting dalam upaya optimalisasi kenyamanan

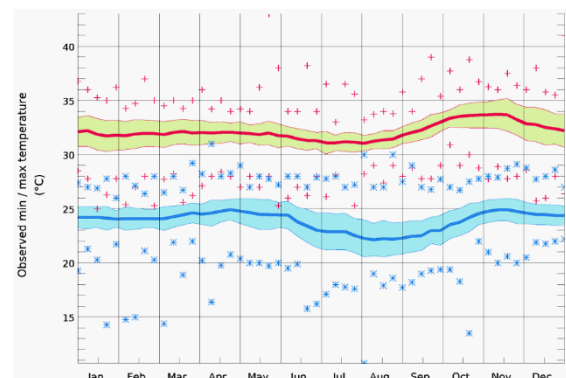
termal dan efisiensi energi, karena pemahaman terhadap kondisi iklim lokal memungkinkan perancangan ruang yang selaras dengan perubahan suhu, kelembaban, dan aliran udara. Studi tinjauan menunjukkan bahwa pendekatan komprehensif terhadap parameter kenyamanan termal memungkinkan pengurangan konsumsi energi sekaligus peningkatan kesejahteraan penghuni, sehingga memegang peranan penting dalam desain bangunan berkelanjutan (Kajjoba et al., 2025).

A. Analisa Temperatur

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 261/MENKES/SK/II/1998, standar suhu ruang yang baik adalah antara 21 –30 °C sedangkan untuk kelembapan adalah 65% -95% (RI, 1998)



Gambar 7. Diagram Suhu Maksimal Kawasan
(Sumber: Dokumen Analisis Metoeblue 2025).



Gambar 8. Diagram Suhu amatan minimal dan maksimal

(Sumber: Dokumen Analisis Metoeblue 2025).

Table 1. Suhu Rata-rata metoeblue

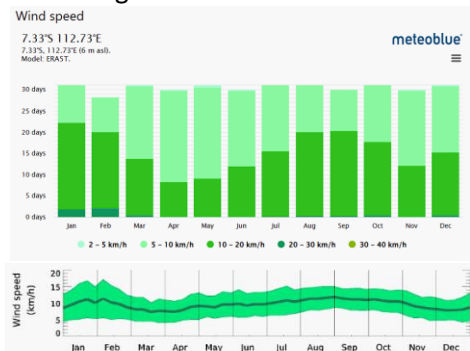
Bulan	Suhu rata-rata harian	Suhu maksimum harian
Januari	28–30 °C	32–34 °C
Februari	28–30 °C	32–34 °C
Maret	28–30 °C	34–36 °C
April	29–31 °C	34–36 °C
Mei	29–31 °C	34–36 °C
Juni	30–32 °C	34–36 °C

Bulan	Suhu rata-rata harian	Suhu maksimum harian
Juli	30–32 °C	34–36 °C
Agustus	29–31 °C	34–36 °C
September	30–32 °C	36–38 °C
Oktober	30–32 °C	36–38 °C
November	29–31 °C	34–36 °C
Desember	28–30 °C	32–34 °C

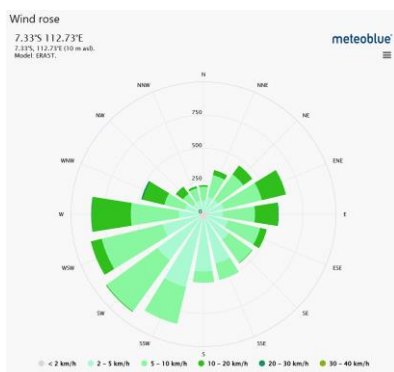
(Sumber: Analisis penulis, 2025)

Analisa temperatur menggunakan metodeblue mendapatkan variasi suhu Berdasarkan grafik distribusi suhu maksimum harian dari meteoblue (model ERA5T) pada lokasi wilayah tersebut memiliki iklim tropis panas dengan suhu rata-rata harian berkisar 28–32 °C sepanjang tahun. Suhu maksimum harian umumnya berada pada rentang 32–36 °C, dengan peningkatan hingga sekitar 36–38 °C terutama pada bulan September–Oktober. Kondisi termal ini menunjukkan dominasi paparan panas yang cukup tinggi, sehingga menuntut penerapan strategi desain pasif yang responsif terhadap iklim, seperti pengendalian radiasi matahari dan optimalisasi ventilasi alami guna meningkatkan kenyamanan termal bangunan.

B. Analisa angin

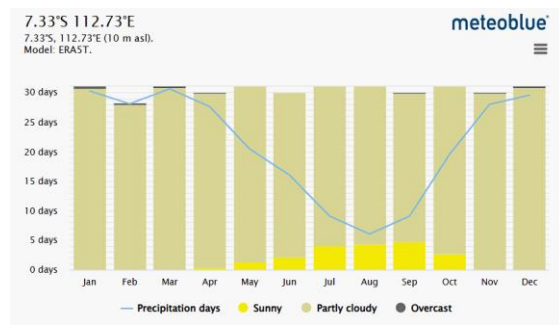


Gambar 9. Diagram Kecepatan Angin
(Sumber: Dokumen Analisis Meteoblue 2025).



Gambar 10. Diagram Wind Rose Kawasan
(Sumber: Dokumen Analisis Meteoblue 2025).

C. Analisa kondisi cuaca



Gambar 11. Diagram Cuaca

(Sumber: Dokumen Analisis Meteoblue 2025).

Dari analisa temperatur, angin dan cuaca menunjukkan bahwa lingkungan sekitar dan site bangunan memiliki iklim relatif panas khususnya pada bulan september yakni 36–38°C dan kecepatan angin 2,2-8 m/s dengan arah rentan barat ke timur sehingga desain yang di sesuaikan harus tepat agar dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Konsep Desain Bangunan Gedung hijau

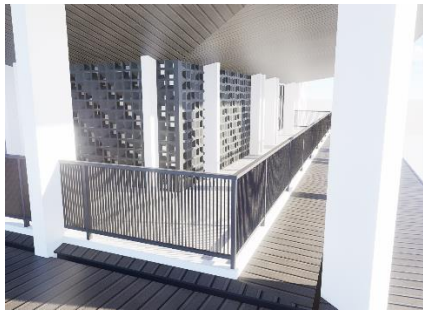
Desain Bangunan Gedung Hijau berperan dalam strategi jangka panjang (Wang et al., 2024) menegaskan bahwa konsep bangunan hijau mulai dari perancangan merupakan kunci dalam efisiensi energi, mengurangi dampak lingkungan dan tanggung jawab tentang tantangan iklim di masa mendatang. Dalam penelitiannya menunjukkan bahwa bangunan hijau tidak soal penghematan sumber daya saat ini saja tetapi pondasi bagi pembangunan dalam jangka panjang.

a. Desain 1



Gambar 12. Desain perencanaan

(Sumber: Dokumen Penulis, 2025).



Gambar 13. Desain perencanaan secondary skin
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025).

b. Desain 2

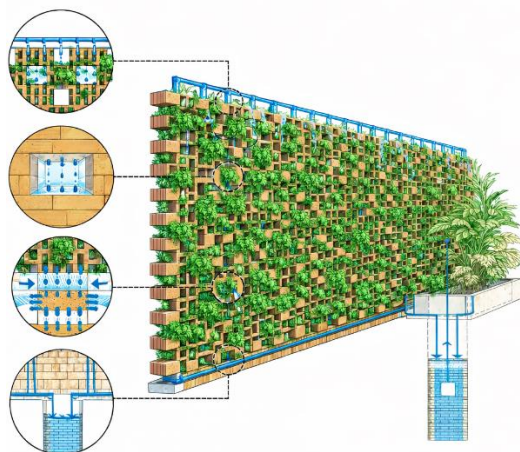


Gambar 14. Desain alternatif
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025).



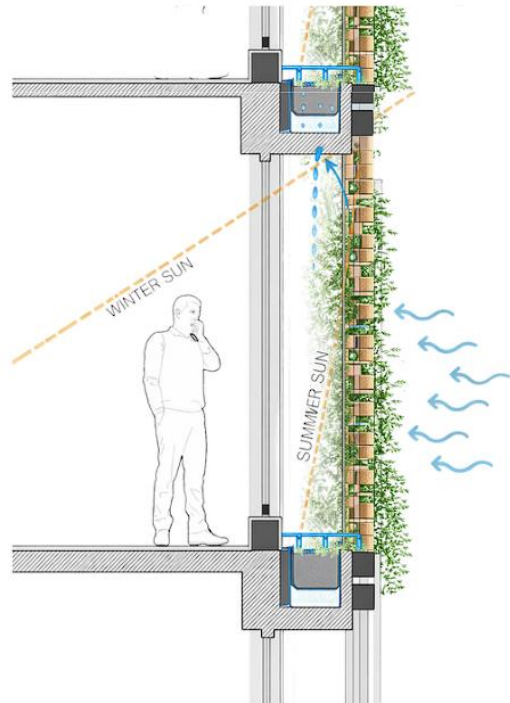
Gambar 15 Desain alternatif secondary skin
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025).

Strategi Desain alternatif



Gambar 16. Ilustrasi Desain Alternatif
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Penerapan sistem CoolAnt Beehive sebagai elemen fasad bangunan menunjukkan potensi signifikan dalam meningkatkan kinerja penghawaan pasif dan efisiensi energi bangunan. Sistem ini memadukan media roster tanah liat, tanaman rambat, dan aliran air sebagai pendingin alami yang bekerja sebelum udara masuk ke dalam ruang. Hasil analisis menunjukkan bahwa CoolAnt Beehive mampu menurunkan suhu udara masuk, meningkatkan kualitas udara dalam ruang melalui proses penyaringan debu dan partikel, serta mengurangi beban kerja sistem pendingin mekanis. Selain itu, keberadaan vegetasi pada fasad juga berkontribusi dalam mereduksi radiasi panas matahari langsung dan memperbaiki kualitas lingkungan mikro di sekitar bangunan.



Gambar 17. Ilustrasi Desain Alternatif
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025).

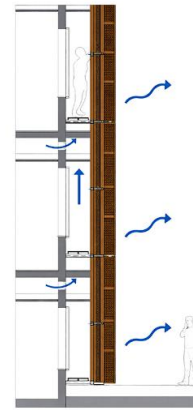
CoolAnt Beehive bekerja dengan mengalirkan air dari tampungan air hujan sehingga air tampungan hujan tidak hanya digunakan untuk kebutuhan sanitasi seperti flush closet menggunakan pompa ke bagian atas fasad, tetapi juga dioptimalkan sebagai

bagian dari sistem pendinginan, cara kerja air tampungan hujan kemudian air dialirkan secara merata melalui media roster tanah liat dan tanaman rambat. Udara luar yang masuk akan melewati media basah tersebut sehingga terjadi proses pendinginan evaporatif, di mana suhu udara menurun sebelum masuk ke ruang dalam. Pada saat yang sama, tanaman dan media roster berfungsi sebagai filter alami, sehingga udara yang masuk menjadi lebih sejuk dan bersih. Sistem ini menghasilkan aliran udara yang lebih sejuk dan sehat, meningkatkan kenyamanan termal serta kualitas udara dalam ruang, sekaligus mendukung prinsip bangunan gedung hijau melalui pengurangan penggunaan energi pendingin mekanis dan pemanfaatan sumber daya air secara berkelanjutan.



Gambar 18. Ilustrasi Desain Alternatif
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025).

Penerapan secondary skin dengan sistem SAUTER Smart Shading berperan efektif dalam meningkatkan kinerja selubung bangunan terhadap pengendalian panas dan pencahayaan alami. Secondary skin ini dirancang menggunakan kayu daur ulang yang berasal dari material bekas bangunan, yang dipilih karena ketersediaannya sebagai limbah konstruksi sekaligus memiliki nilai estetika yang baik. Penggunaan material kayu daur ulang tidak hanya mengurangi limbah bangunan, tetapi juga mendukung prinsip efisiensi material dan keberlanjutan dalam bangunan gedung hijau. Secara kinerja, secondary skin mampu mereduksi radiasi matahari langsung ke dalam ruang, mengurangi beban panas pada fasad, serta membantu menjaga kenyamanan termal dan visual di dalam bangunan.



Gambar 19. Ilustrasi Desain Alternatif
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025).

SAUTER Smart Shading bekerja dengan mengatur bukaan dan sudut elemen secondary skin secara otomatis berdasarkan intensitas cahaya matahari dan kondisi lingkungan. Sistem ini menyesuaikan posisi panel shading untuk meminimalkan panas berlebih sekaligus tetap memaksimalkan pencahayaan alami, sehingga konsumsi energi untuk pendinginan dan pencahayaan buatan dapat ditekan.

Strategi perancangan yang dirumuskan secara terencana dan sistematis sangat berperan penting dalam merealisasikan suatu konsep desain menjadi bangunan yang berfungsi secara optimal. (Lin et al., 2025) menjelaskan bahwasannya pendekatan desain adaptif yang terstruktur mulai dari tahap perencanaan, pengembangan sistem, hingga pemilihan teknologi memungkinkan bangunan untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan kondisi lingkungan dan kebutuhan pengguna sepanjang siklus hidupnya, sehingga kinerja fungsional bangunan dapat dipertahankan secara berkelanjutan.

Strategi-strategi yang sejalan dengan Permen PUPR No. 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau:

- a. Efisiensi Energi
 - Ventilasi alami (cross ventilation, stack effect)
 - Sistem AC ber-efisiensi tinggi
 - Orientasi bangunan sesuai lintasan matahari dan arah angin
- b. Pemilihan Material Ramah Lingkungan
 - Pengurangan efek pulau panas
 - Mempertahankan kondisi eksisting tapak

- Ruang terbuka hijau (RTH) dan vegetasi peneduh
- c. Kenyamanan dan kesehatan
 - Kualitas udara dalam ruang yang baik
 - Pencahayaan alami yang merata
 - Hubungan visual dengan ruang luar (view & greenery)
- d. Manajemen dan Operasional Bangunan
 - Fleksibilitas ruang untuk perubahan fungsi
 - Edukasi pengguna terkait perilaku ramah lingkungan
- e. Inovasi dan Teknologi Berkelanjutan
 - Pemanfaatan energi terbarukan
 - Desain adaptif terhadap iklim lokal

Tabel 1. Strategi Desain Perencana

Fokus Aspek	Karakteristik	Strategi Pengaplikasian
Temperatur	a. Rentang: 20–38°C b. Pola iklim tropis c. Fluktuasi moderat	a. Strategi desain selubung bangunan b. Pemilihan material konstruksi c. Sistem penghawaan alami dan mekanis
Kelembaban	a. Rentang: 30–70%	a. Potensi untuk strategi penghawaan alami b. Kebutuhan pengendalian kelembaban pada musim tertentu c. Pertimbangan khusus untuk pemilihan material dan finishing
Karakteristik Angin	a. Arah: Timur ke Barat b. Kecepatan: 2–10 m/s c. Pola konsisten	a. Peluang optimalisasi ventilasi silang b. Potensi pendinginan pasif c. Pertimbangan dalam orientasi bangunan

Tabel 2. Strategi Desain Perencana

Fokus Pembahasan	Karakteristik kawasan	Desain/Strategi
Temperature	1. Suhu Perkotaan 28-38 °C	1. Shading & Pereduksi Panas : kanopi, secondary skin, kisi-kisi. Vegetasi peneduh (pohon, vertical garden). 2. Pengendalian Bukaan (WWR) 20–40% : Kaca Low-e

		3. Ventilasi alam : Cross ventilation, Stack effec 4. Orientasi Bangunan : Memaksimalkan orientasi Utara–Selatan untuk stabilitas suhu. 5. Desain Selubung Bangunan : Warna terang untuk mengurangi serapan panas. 6. Strategi Tata Ruang & Tapak : Kolam air atau elemen air untuk pendinginan mikroklimat.
Wind	1. Kecepatan angin rata-rata: 2,2 – 5 m/s 2. Pola angin bersifat konsisten (stabil) sepanjang tahun, dengan dominasi angin berkecepatan rendah hingga sedang.	1. Desain bukaan : Bukaan fleksibel 2. Elemen arsitek pengarah angin : Secondary skin berpori, kanopi dan balkon sebagai pengarah aliran udara. 3. Desain Tapak & Lanskap : Vegetasi sebagai pengarah dan penyaring angin.
Precipitation	1. Rata-rata curah hujan bulanan 180–220 mm dengan curah hujan tahunan sekitar 2.200–2.500 mm, yang menunjukkan karakteristik iklim tropis basah.	a. Pemilihan material dengan kekuatan suhu serta bersertifikasi eco green b. Pemaksimalan pada finishing untuk menghindari suhu yang berubah

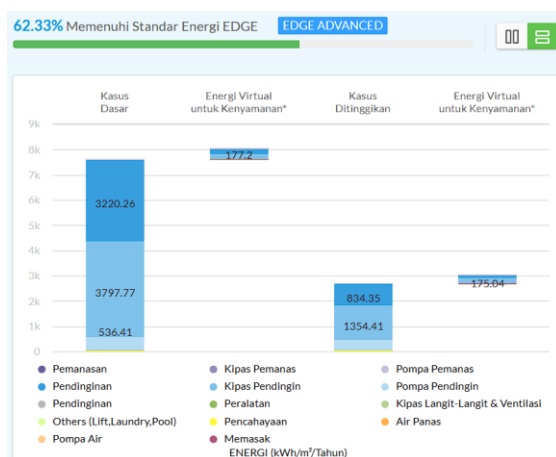
Tabel 3. Strategi Desain Perencana

Fitur Desain	Reduksi Konsumsi Energi	Manfaat
Sisten Fresh air	39.2 % /tahun (Penghawaan)	efisiensi energi listrik, Kesehatan Penghuni dan keberlanjutan lingkungan. (Tergantung Musim Persentasenya)

<i>Taman pada sisi bukaan fresh air</i>	10 kWh/m ² /tahun (pendinginan)	Pendinginan udara langsung masuk serta penyaringan udara
<i>Jendela bukaan variasi</i>	16 kWh/m ² /tahun (pendinginan)	Meningkatkan sirkulasi udara tanpa halangan masuk dan dapat menyesuaikan keinginan pengguna
<i>Skat ruang tanpa penutup</i>	14 kWh/m ² /tahun (pendinginan)	Membantu pengurangan konsumsi listrik, udara tersalurkan merata dan optimal
<i>Panel surya</i>	42% /tahun (pendinginan dan pencahayaan)	Pengurangan daya tarik listrik (Tergantung Musim Persentasenya)

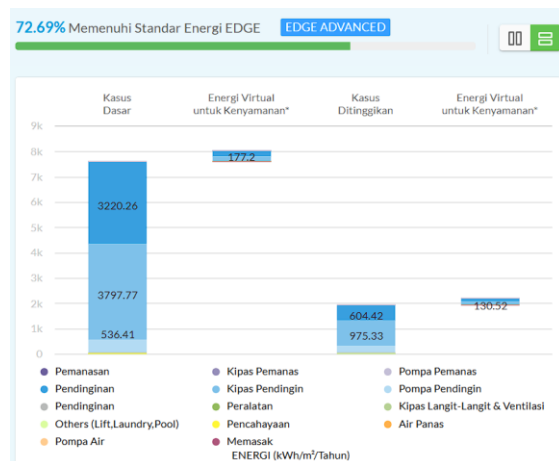
Tabel 4. Strategi Desain Evaluasi

Fitur Desain	Reduksi Konsumsi Energi	Manfaat
<i>Roof Garden dan vertikal garden</i>	14 kWh/m ² /tahun (pemanasan)	Memberikan pendinginan tambahan dan serta penyaring polusi
<i>Sitem air Bergerak di area bukaan</i>	15 kWh/m ² /tahun (pendinginan)	Penurunan suhu udara masuk serta penghawaan dingin pada bangunan
<i>Secondary skin</i>	19 kWh/m ² /tahun (pendinginan)	Menahan sinar berlebih menjaga suhu



Gambar 20. Hasil simulasi efisiensi energi perencana.

(Sumber: EDGE Assessment 2025).



Gambar 21. Hasil simulasi efisiensi energi alternatif. (Sumber: EDGE Assessment 2025).

Rekomendasi

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini membandingkan desain dan mengkaji antara perencanaan dan alternatif yang difokuskan untuk mengetahui seberapa efektif efisiensitas penghematan energi pada kantor dari segi penghawaan, pencahayaan maupun manfaat ruang hijau untuk lingkungan sekitar. Dari hasil kajian analisis di dapat poin penting sebagai berikut : Desain perencana mengikuti poin yang harus di penuhi dalam standart bangunan gedung hijau sudah memenuhi tetapi dapat di lakukang optimalisasi energi dan dari capaian EDGE Advanced mendapatkan 62,33 % dan dari pemaksimalan desain dan inovasi alternatif desain mendapatkan persentase 72.69 % semua desain perencana dan alternatif juga di tunjang dengan kaca low-2 dan sistem monitoring energi, keberhasilan bangunan gedung hijau dari perencanaan membuat setidaknya penghematan energi dari bangunan kantor lama ke bangunan gedung hijau hingga 57% denan kondisi karakteristik kawasan, dengan suhu 28 – 32 °C, dan di tunjang angin 2,2 – 8 m/s sehingga desain dapat berpotensi maksimal dengan bantuan sistem fresh air serta dapat menghemat energi. Kesimpulan Bahwasannya bangunan hijau sangat berpotensi baik mendukung alam karena dari segi material yang persertifikasi eco green dan juga hematnya energi yang sikonfika, gedung perkantoran juga akan tercipta lingkungan

yang sehat dan mendukung mitigasi perubahan iklim. Walau infestasi awal mahal akan murah di segi perawatan dan ekonomi yang di keluarkan, selain itu evaluasi menggunakan perangkat lunak EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) menunjukkan potensi penghematan energi yang signifikan melalui optimalisasi desain pasif dan sistem bangunan. Strategi paling efektif dalam meningkatkan kinerja energi bangunan meliputi optimalisasi pencahayaan alami, penerapan ventilasi alami, penggunaan secondary skin dan sistem shading adaptif, serta pemanfaatan elemen pendinginan pasif berbasis air dan vegetasi yang mampu menurunkan beban pendinginan mekanis tanpa mengurangi kenyamanan ruang. Dari hal tersebut menunjukkan bahwa pendekatan berbasis EDGE tidak hanya relevan sebagai alat evaluasi kinerja energi, tetapi juga dapat menjadi acuan perancangan dan retrofit bangunan pemerintah untuk menekan konsumsi energi, mengurangi biaya operasional jangka panjang, serta memperkuat peran bangunan publik sebagai contoh penerapan pembangunan berkelanjutan sesuai dengan prinsip Bangunan Gedung Hijau dan regulasi yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirkhani, M., Garcia-Hansen, V., Isoardi, G., & Allan, A. (2017). An Energy Efficient Lighting Design Strategy to Enhance Visual Comfort in Offices with Windows. *Energies*, 10(8), 1126. <https://doi.org/10.3390/en10081126>
- Arun, M., & Gopan, G. (2025). Effects of natural light on improving the lighting and energy efficiency of buildings: toward low energy consumption and CO2 emission. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 20, 1047–1056. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctaf057>
- Baper, S. Y., & Ismael, Z. K. (2024). The Impact of Site Contexts in Increasing the Diversity of Architectural Concepts: Using an Interactive Architectural Approach. *Buildings*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/buildings14082567>
- Escobar, I., Orduna-Hospital, E., Aporta, J., & Sanchez-Cano, A. (2024). Efficient Daylighting: The Importance of Glazing Transmittance and Room Surface Reflectance. *Buildings*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/buildings14103108>
- Kajjoba, D., Wesonga, R., Lwanyaga, J. D., Kasedde, H., Olupot, P. W., & Kirabira, J. B. (2025). Assessment of thermal comfort and its potential for energy efficiency in low-income tropical buildings: a review. *Sustainable Energy Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40807-025-00169-9>
- Li, J. (2025). Green building design and energy efficiency improvement in architectural engineering. *Results in Engineering*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106973>
- Lin, Y., Xu, L., Yang, W., Tian, L., & Chan, M. (2025). A Systematic Review on the Research and Development of Adaptive Buildings. In *Buildings* (Vol. 15, Issue 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/buildings15101593>
- Purnama, M. S. S., Sangadji, F. A., Pratama, M. R. D., & Nugraha, D. (2025). The Effect of Window Height and Orientation for Day Lighting. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1488(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1488/1/012076>
- Wang, C., Che, Y., Xia, M., Lin, C., Chen, Y., Li, X., Chen, H., Luo, J., & Fan, G. (2024). The Evolution and Future Directions of Green Buildings Research: A Scientometric Analysis. In *Buildings* (Vol. 14, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).

<https://doi.org/10.3390/buildings14020345>

- Ahn, J., Kim, S., & Lee, Y. (2022). Impact of passive ventilation and low-heat-absorption materials on thermal comfort in green office buildings. *Journal of Sustainable Building Technology*, 17(3), 145–158.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia PUPR. (2023, Maret 14). *Pelatihan guna mendorong implementasi Bangunan Gedung Hijau*. BPSDM PUPR Official Website. <https://bpsdm.pu.go.id>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau*. Kementerian PUPR.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). *Laporan tahunan efisiensi energi Bangunan Gedung Hijau Indonesia*. Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Lee, C. H., Ong, M. T., & Rahman, N. S. (2020). Energy performance comparison of green and conventional office buildings in Malaysia. *Journal of Building Engineering*, 31, 101–118.
- Putra, A., & Kurniawan, D. (2023). Evaluasi penerapan Bangunan Gedung Hijau pada Redesain Gedung Flat Dosen Muda ITS Surabaya berdasarkan Permen PUPR No. 21 Tahun 2021. *Viteks: Jurnal Teknologi Bangunan dan Lingkungan*, 12(2), 55–66.
- Rahman, F., & Utami, S. (2023). Challenges in implementing green building policy in Indonesian public buildings. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 8(1), 44–52.
- Sari, N. (2022). Analisis penerapan konsep Bangunan Gedung Hijau pada Asrama Mahasiswa Nusantara Surabaya. *Konstruksia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 14(1), 12–20.
- United Nations Environment Programme. (2023, Mei 15). *Sustainable Buildings and Construction*. United Nations.
- Wibowo, R. (2021). Analisis dan evaluasi parameter Green Building pada Bangunan Ekspansi DP Mall Semarang berdasarkan Permen PUPR No. 21 Tahun 2021. *Jurnal Arsitektur Tropis*, 9(3), 88–97.
- Yuliani, E. (2022). Evaluasi penerapan Bangunan Gedung Hijau pada fasilitas pemerintahan daerah di Indonesia. *Jurnal Riset Arsitektur Nusantara*, 7(2), 101–111