**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 Number 3, Tahun, 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:

# INTEGRASI PEMANENAN AIR HUJAN PADA SISTEM FASAD TERMO-AKTIF: ANALISIS EFISIENSI ENERGI DAN KONSERVASI AIR PADA BANGUNAN HOTEL TROPIS

**Natalia Sari Pujiastuti[1], Gunawan Bima Kusuma[2], Ika Fistiana[3], Nayla Rahma sari[4]**
[12345]Universitas Semarang, Indonesia

**ARTICLE INFO**

**Article history:**
Received Juli 2026
Revised Juli 2026
Accepted Juli 2026
Available Juli 2026

natalia@usm.ac.id[1],
gunawanbima00@gmail.com[2],
Ikafistiana.99@gmail.com[3],
sarinaylarahma@gmail.com[4]

*This is an open access article under the CC BY-SA license.*
*Copyright © 2023 by Author. Published by Cahaya Ilmu Bangsa Institute*

**A B S T R A K**

Bangunan hotel di wilayah tropis menghadapi tantangan besar terkait konsumsi energi pendinginan ruang dan kebutuhan air bersih yang tinggi. Tingginya intensitas radiasi matahari menyebabkan peningkatan suhu ruang yang signifikan sehingga penggunaan sistem pendingin udara menjadi sangat dominan dalam operasional bangunan hotel. Di sisi lain, kebutuhan air bersih untuk aktivitas hotel seperti sanitasi, penyiraman taman, pencucian area publik, hingga operasional cooling tower terus meningkat setiap tahun. Penelitian ini mengeksplorasi inovasi Thermo-Active Wall yang diintegrasikan dengan sistem Rainwater Harvesting (RWH) sebagai pendekatan arsitektur berkelanjutan pada bangunan hotel tropis. Sistem ini memanfaatkan air hujan sebagai media pendingin yang dialirkan melalui jaringan pipa di dalam fasad bangunan untuk menyerap panas radiasi matahari sebelum masuk ke dalam ruang interior. Metode penelitian dilakukan melalui pendekatan studi literatur, simulasi termal bangunan, serta analisis neraca air pada bangunan hotel tropis bertingkat menengah. Hasil simulasi menunjukkan bahwa integrasi sistem fasad termo-aktif dan pemanenan air hujan mampu menurunkan suhu permukaan dinding sebesar 4–6°C dibandingkan fasad konvensional. Penurunan temperatur tersebut berdampak langsung pada berkurangnya beban pendinginan ruangan atau cooling load sebesar 15–20%, khususnya pada jam puncak siang hari. Selain itu, sistem pemanenan air hujan dapat memenuhi hingga 30% kebutuhan air non-potabel hotel sehingga membantu mengurangi ketergantungan terhadap air tanah dan jaringan PDAM. Integrasi kedua sistem ini menunjukkan bahwa fasad bangunan tidak hanya berfungsi sebagai elemen pelindung visual dan struktural, tetapi juga sebagai media aktif pengelolaan energi dan konservasi sumber daya air. Penelitian ini menegaskan bahwa penerapan sistem fasad termo-aktif berbasis air hujan memiliki potensi besar untuk mendukung pengembangan bangunan hotel tropis yang lebih hemat energi, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

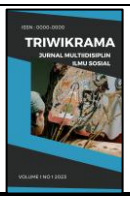
**Kata Kunci***:* Thermo-Active Wall, Rainwater Harvesting, bangunan hotel tropis, efisiensi energi, arsitektur berkelanjutan

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri pariwisata di kawasan tropis terus mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Perkembangan sektor perhotelan menjadi salah satu indikator utama pertumbuhan ekonomi di berbagai kota wisata, terutama di negara berkembang yang memiliki iklim tropis seperti Indonesia. Hotel modern dituntut untuk menyediakan kenyamanan termal yang optimal bagi pengunjung selama 24 jam. Namun, kenyamanan tersebut sering kali dicapai melalui penggunaan energi listrik yang sangat besar, khususnya pada sistem pendingin udara atau Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC).

*Corresponding author
E-mail addresses: natalia@usm.ac.id

**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 No 3, Tahun 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:




Bangunan hotel termasuk dalam kategori bangunan dengan konsumsi energi tinggi karena beroperasi secara terus-menerus tanpa jeda. Penggunaan pendingin ruangan, pencahayaan, lift, sistem ventilasi, pompa air, serta fasilitas penunjang lainnya menjadikan hotel sebagai salah satu penyumbang emisi karbon yang cukup besar di sektor bangunan. Dalam kondisi iklim tropis, tingginya suhu udara luar dan intensitas radiasi matahari menyebabkan beban pendinginan bangunan meningkat secara signifikan.

Fasad bangunan merupakan bagian yang paling banyak menerima paparan radiasi matahari. Ketika panas dari matahari diserap oleh permukaan dinding dan kaca, energi panas tersebut akan berpindah ke dalam ruangan melalui proses konduksi dan radiasi. Akibatnya, suhu interior meningkat dan sistem pendingin udara harus bekerja lebih keras untuk menjaga kenyamanan termal penghuni. Hal ini menyebabkan peningkatan konsumsi energi listrik dan biaya operasional hotel.

Selain persoalan energi, bangunan hotel juga menghadapi tantangan terkait kebutuhan air bersih yang sangat besar. Aktivitas hotel seperti penggunaan toilet, laundry, kolam renang, penyiraman taman, pencucian area luar, hingga kebutuhan operasional cooling tower memerlukan suplai air dalam jumlah besar setiap hari. Di kawasan perkotaan, peningkatan konsumsi air oleh sektor bangunan sering kali menyebabkan eksploitasi air tanah berlebihan dan penurunan kualitas lingkungan.

Ironisnya, wilayah tropis sebenarnya memiliki potensi sumber daya air hujan yang sangat melimpah. Curah hujan tahunan di banyak wilayah tropis dapat mencapai lebih dari 2000 mm per tahun. Namun, sebagian besar air hujan tersebut hanya menjadi limpasan permukaan atau run-off yang akhirnya terbuang menuju drainase kota. Jika tidak dikelola dengan baik, limpasan air hujan juga dapat meningkatkan risiko banjir perkotaan.

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, diperlukan pendekatan desain bangunan yang mampu menjawab tantangan energi dan air secara bersamaan. Salah satu inovasi yang mulai banyak dikembangkan adalah integrasi sistem pemanenan air hujan dengan fasad termo-aktif. Sistem ini memungkinkan air hujan yang telah ditampung digunakan sebagai media pendingin aktif pada dinding bangunan.

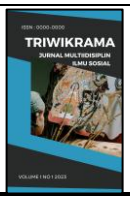
Konsep Thermo-Active Wall bekerja dengan mengalirkan air melalui jaringan pipa yang ditanam di dalam panel fasad. Air yang memiliki temperatur lebih rendah dibanding suhu permukaan dinding akan menyerap panas dari fasad sebelum panas tersebut masuk ke dalam ruang interior. Dengan demikian, suhu dinding dapat dikurangi dan perpindahan panas menuju ruangan menjadi lebih kecil.

Penggunaan air hujan sebagai media pendingin memberikan keuntungan ganda. Pertama, sistem ini membantu menurunkan konsumsi energi pendinginan bangunan. Kedua, sistem ini mengoptimalkan pemanfaatan air hujan sebagai sumber daya alternatif untuk kebutuhan non-potabel. Integrasi tersebut menjadikan bangunan lebih efisien dan ramah lingkungan.

Selain manfaat teknis, penerapan sistem fasad termo-aktif berbasis pemanenan air hujan juga memiliki nilai strategis dalam mendukung konsep green building dan sustainable architecture. Banyak standar bangunan hijau internasional seperti LEED, Greenship, dan BREEAM mulai mendorong penggunaan sistem konservasi energi dan air sebagai bagian penting dari desain bangunan modern.

Penelitian mengenai fasad aktif dan pemanenan air hujan sebenarnya telah berkembang di berbagai negara. Namun, penerapan sistem yang secara spesifik mengintegrasikan kedua teknologi tersebut pada bangunan hotel tropis masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi integrasi sistem pemanenan air hujan pada fasad termo-aktif sebagai solusi efisiensi energi dan konservasi air pada bangunan hotel di iklim tropis.

**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 No 3, Tahun 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:




## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bangunan Hotel Tropis dan Konsumsi Energi

Bangunan hotel di kawasan tropis memiliki karakteristik konsumsi energi yang berbeda dibanding bangunan di iklim subtropis atau dingin. Pada iklim tropis, kebutuhan energi terbesar biasanya berasal dari sistem pendinginan udara karena suhu udara luar yang relatif tinggi sepanjang tahun. Menurut berbagai penelitian mengenai performa bangunan tropis, sekitar 40–60% konsumsi energi hotel digunakan untuk sistem HVAC.

Kondisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti orientasi bangunan, material fasad, luas bukaan kaca, ventilasi alami, serta intensitas radiasi matahari. Bangunan dengan fasad yang tidak dirancang secara optimal cenderung memiliki nilai Overall Thermal Transfer Value (OTTV) yang tinggi. Semakin tinggi nilai OTTV, semakin besar panas yang masuk ke dalam bangunan.

Dalam arsitektur tropis modern, strategi pengurangan heat gain menjadi sangat penting. Berbagai pendekatan seperti penggunaan shading device, secondary skin, green wall, ventilated facade, dan material reflektif telah diterapkan untuk mengurangi panas matahari. Namun, sebagian besar strategi tersebut masih bersifat pasif.

Perkembangan teknologi bangunan berkelanjutan kemudian mendorong munculnya sistem fasad aktif yang tidak hanya menghambat panas tetapi juga mampu mengelola perpindahan energi secara dinamis.

### 2.2 Konsep Thermo-Active Wall

Thermo-Active Wall merupakan sistem fasad yang memanfaatkan media fluida seperti air untuk mengontrol temperatur permukaan dinding bangunan. Sistem ini biasanya terdiri dari jaringan pipa kapiler yang tertanam di dalam panel beton, panel komposit, atau lapisan fasad tertentu.

Air dialirkan melalui jaringan pipa menggunakan pompa sirkulasi. Ketika air mengalir di dalam dinding, panas yang terserap oleh fasad dari radiasi matahari akan dipindahkan ke air melalui proses perpindahan kalor. Air yang telah menyerap panas kemudian dialirkan kembali menuju tangki penyimpanan atau sistem pelepasan panas.

Prinsip kerja ini serupa dengan radiant cooling system yang digunakan pada plafon atau lantai bangunan. Namun, pada Thermo-Active Wall, proses pendinginan difokuskan pada area fasad yang menjadi sumber utama heat gain.

Keunggulan sistem ini antara lain:

1. Mengurangi temperatur permukaan dinding.
2. Menurunkan beban pendinginan interior.
3. Mengurangi fluktuasi suhu bangunan.
4. Memperpanjang umur material fasad akibat berkurangnya thermal stress.
5. Mendukung desain bangunan rendah energi.

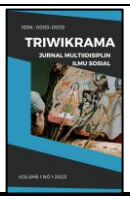
### 2.3 Rainwater Harvesting pada Bangunan

Rainwater Harvesting merupakan sistem pengumpulan dan penyimpanan air hujan untuk dimanfaatkan kembali. Sistem ini umumnya terdiri dari area penangkap hujan, saluran talang, filter awal, tangki penyimpanan, serta jaringan distribusi.

Pada bangunan hotel, air hujan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan non-potabel seperti:

- Penyiraman taman.
- Flushing toilet.
- Pembersihan area luar.
- Cooling tower.

*Corresponding author
E-mail addresses: natalia@usm.ac.id




- Sistem pendingin fasad.

Penerapan RWH memiliki berbagai manfaat lingkungan seperti mengurangi limpasan air hujan, mengurangi konsumsi air tanah, serta membantu mitigasi banjir perkotaan. Selain itu, penggunaan air hujan juga dapat menurunkan biaya operasional bangunan.

### 2.4 Integrasi Sistem Energi dan Air pada Bangunan Berkelanjutan

Konsep bangunan berkelanjutan saat ini tidak lagi memandang energi dan air sebagai sistem yang terpisah. Integrasi keduanya menjadi pendekatan penting dalam menciptakan efisiensi bangunan secara menyeluruh.

Penggunaan air sebagai media pendingin bangunan merupakan salah satu bentuk integrasi sistem energi dan air. Dalam konteks fasad termo-aktif, air hujan yang ditampung tidak hanya berfungsi sebagai cadangan air tetapi juga sebagai media pengendali panas.

Pendekatan ini sejalan dengan prinsip circular building system yang menekankan pemanfaatan sumber daya secara efisien dan berulang.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif melalui simulasi termal bangunan dan analisis konservasi air. Studi dilakukan pada model bangunan hotel tropis bertingkat menengah dengan karakteristik fasad yang menerima paparan radiasi matahari langsung.

### 3.1 Objek Studi

Objek penelitian berupa bangunan hotel tropis dengan spesifikasi:

- Tinggi bangunan: 10 lantai.
- Luas bangunan: 12.000 $m^2$.
- Lokasi simulasi: wilayah tropis lembap.
- Material fasad: panel beton komposit.
- Sistem HVAC sentral.

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang dianalisis meliputi:

1. Temperatur permukaan fasad.
2. Nilai OTTV.
3. Beban pendinginan bangunan.
4. Konsumsi energi HVAC.
5. Volume air hujan tertampung.
6. Kebutuhan air non-potabel hotel.

### 3.3 Simulasi Termal

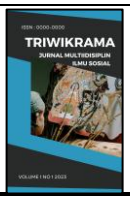
Simulasi termal dilakukan untuk membandingkan performa fasad konvensional dengan fasad termo-aktif. Simulasi memperhitungkan:

- Intensitas radiasi matahari.
- Suhu udara luar.
- Konduktivitas material.
- Kecepatan aliran air.
- Temperatur air dalam sistem.

### 3.4 Analisis Neraca Air

Analisis neraca air dilakukan untuk menghitung potensi pemanfaatan air hujan berdasarkan data curah hujan tahunan dan luas area tangkapan air.
Rumus dasar yang digunakan:

**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 No 3, Tahun 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:




Volume Air Hujan = Curah Hujan × Luas Atap × Koefisien Runoff
Hasil perhitungan dibandingkan dengan kebutuhan air non-potabel hotel.

## 4. MEKANISME KERJA SISTEM

### 4.1 Tahap Pemanenan Air Hujan

Air hujan ditangkap melalui permukaan atap bangunan hotel dan dialirkan menuju sistem talang horizontal maupun vertikal. Sebelum masuk ke tangki penyimpanan, air hujan melewati filter awal untuk memisahkan daun, debu, dan partikel kasar lainnya. Proses filtrasi awal sangat penting untuk menjaga kualitas air dan mencegah penyumbatan pada jaringan distribusi pipa di dalam sistem fasad termo-aktif.

Tangki penyimpanan ditempatkan di area bawah tanah agar suhu air tetap rendah dan stabil. Temperatur air yang lebih dingin dibanding suhu lingkungan luar akan meningkatkan efektivitas pendinginan pada fasad bangunan. Selain itu, penempatan tangki di bawah tanah juga membantu mengurangi penguapan air dan menjaga kapasitas penyimpanan dalam jangka panjang.

### 4.2 Distribusi Air ke Sistem Fasad

Setelah ditampung, air hujan dipompa menuju jaringan pipa kapiler yang tertanam di dalam panel fasad bangunan. Pipa-pipa tersebut disusun secara merata agar proses pendinginan dapat berlangsung optimal di seluruh permukaan dinding yang terkena radiasi matahari langsung.

Air yang mengalir di dalam jaringan pipa berfungsi sebagai media penyerap panas. Ketika suhu permukaan dinding meningkat akibat radiasi matahari, panas akan berpindah menuju air melalui proses perpindahan kalor. Dengan demikian, temperatur fasad dapat dikurangi sebelum panas masuk ke ruang interior bangunan.

### 4.3 Proses Pertukaran Panas

Sistem Thermo-Active Wall bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas antara material dinding dan fluida pendingin. Air hujan yang memiliki temperatur lebih rendah dibanding permukaan dinding akan menyerap energi panas dari fasad.

Pada siang hari, terutama antara pukul 12.00 hingga 15.00, intensitas radiasi matahari berada pada titik tertinggi. Dalam kondisi tersebut, sistem pendingin fasad bekerja lebih aktif untuk menjaga kestabilan temperatur permukaan bangunan. Air yang telah menyerap panas kemudian dialirkan kembali menuju tangki penyimpanan untuk mengalami proses pendinginan alami.

### 4.4 Pemanfaatan Kembali Air

Salah satu keunggulan utama sistem ini adalah penerapan konsep circular water system atau siklus penggunaan air berulang. Air yang telah digunakan untuk pendinginan fasad tidak langsung dibuang, melainkan dimanfaatkan kembali untuk kebutuhan non-potabel lainnya.
Air tersebut dapat digunakan untuk:

- Penyiraman taman hotel.
- Pembersihan area luar bangunan.
- Flushing toilet.
- Kebutuhan cooling tower.
- Sistem irigasi lansekap.

Pendekatan ini membantu meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mengurangi pemborosan sumber daya.

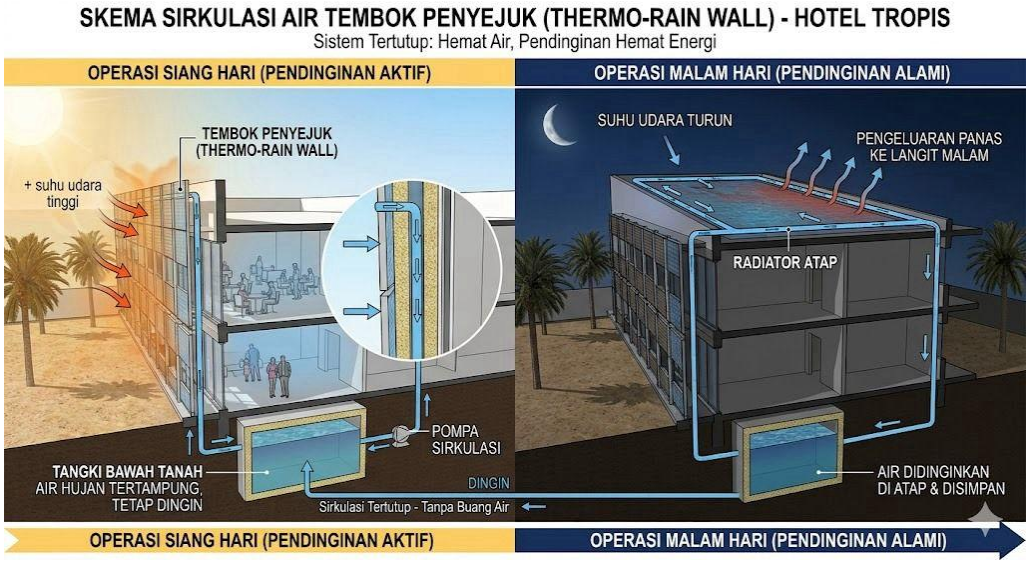
*Corresponding author
E-mail addresses: natalia@usm.ac.id

**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 No 3, Tahun 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:

### 4.5 Integrasi Sistem dengan Bangunan Hotel Tropis

Pada bangunan hotel tropis, sistem ini sangat relevan karena kebutuhan pendinginan ruang dan konsumsi air berada pada tingkat yang tinggi. Hotel umumnya memiliki area atap luas yang mampu menangkap air hujan dalam jumlah besar, terutama di wilayah dengan curah hujan tinggi seperti Indonesia.

Selain itu, bangunan hotel memiliki fasad yang cukup besar sehingga potensi pengurangan heat gain melalui Thermo-Active Wall menjadi lebih signifikan. Dengan integrasi yang tepat antara sistem pemanenan air hujan dan pendinginan fasad, bangunan hotel dapat mengurangi konsumsi energi sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan air.




Sumber: Dokumentasi pribadi / ilustrasi konsep penulis berdasarkan prinsip passive cooling dan rainwater harvesting.

## 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Efisiensi Energi Bangunan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan sistem Thermo-Active Wall mampu menurunkan suhu permukaan dinding hingga 4–6°C dibandingkan fasad konvensional. Penurunan temperatur ini memberikan dampak besar terhadap pengurangan panas yang masuk ke dalam ruang interior bangunan.

Pada bangunan hotel tropis, panas matahari yang masuk melalui fasad merupakan salah satu penyebab utama tingginya beban pendinginan ruang. Ketika suhu fasad berhasil ditekan, sistem HVAC tidak perlu bekerja terlalu berat untuk mempertahankan kenyamanan termal penghuni hotel.

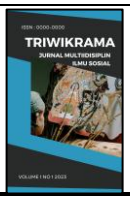
Berdasarkan hasil analisis, cooling load bangunan dapat berkurang hingga 15–20%, terutama pada jam puncak siang hari ketika radiasi matahari berada pada intensitas tertinggi.

### 5.2 Penghematan Konsumsi Listrik

Penurunan cooling load berdampak langsung terhadap konsumsi energi listrik bangunan hotel. Sistem pendingin udara yang sebelumnya bekerja secara maksimal dapat beroperasi lebih efisien karena beban panas dari luar bangunan sudah dikurangi terlebih dahulu melalui pendinginan fasad.

Penghematan energi ini memberikan manfaat ekonomi berupa penurunan biaya operasional hotel dalam jangka panjang. Selain itu, umur operasional perangkat HVAC juga dapat menjadi lebih panjang karena intensitas kerja sistem menjadi lebih ringan.

**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 No 3, Tahun 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:




### 5.3 Konservasi Air Bersih

Sistem Rainwater Harvesting memungkinkan air hujan dimanfaatkan kembali untuk kebutuhan non-potabel hotel. Berdasarkan simulasi neraca air, sistem ini mampu memenuhi sekitar 30% kebutuhan air sekunder bangunan.

Air hujan dapat digunakan untuk:

- Pendinginan fasad.
- Penyiraman taman.
- Flushing toilet.
- Pembersihan area luar.
- Cooling tower.

Pemanfaatan air hujan membantu mengurangi ketergantungan terhadap air tanah maupun pasokan air PDAM, sehingga mendukung upaya konservasi sumber daya air perkotaan.

### 5.4 Efisiensi Lingkungan dan Operasional

Integrasi sistem energi dan air pada bangunan hotel memberikan keuntungan ganda, baik dari sisi lingkungan maupun operasional bangunan. Hotel dapat mengurangi penggunaan listrik dan air secara bersamaan tanpa mengurangi kualitas pelayanan kepada tamu.

Selain itu, penerapan teknologi ramah lingkungan juga meningkatkan citra bangunan sebagai hotel berkelanjutan yang peduli terhadap isu perubahan iklim dan konservasi lingkungan.

### 5.5 Dampak terhadap Lingkungan

Integrasi sistem Thermo-Active Wall dan Rainwater Harvesting memberikan dampak positif yang cukup besar terhadap lingkungan perkotaan, khususnya pada kawasan tropis dengan tingkat urbanisasi tinggi. Sistem ini tidak hanya berfokus pada efisiensi bangunan secara internal, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan tekanan lingkungan secara makro.

**A. Pengurangan Emisi Karbon**

Penurunan konsumsi energi HVAC secara langsung berdampak pada pengurangan emisi karbon bangunan. Pada bangunan hotel konvensional, sistem pendingin udara merupakan penyumbang konsumsi listrik terbesar. Ketika cooling load berhasil dikurangi hingga 15–20%, maka penggunaan energi listrik juga ikut menurun.

**B. Pengurangan Urban Heat Island**

Pendinginan aktif pada fasad membantu menurunkan temperatur permukaan bangunan sehingga kontribusi panas terhadap lingkungan sekitar menjadi lebih kecil. Jika diterapkan secara luas, sistem ini berpotensi membantu mengurangi fenomena urban heat island pada kawasan perkotaan tropis.

**C. Pengurangan Limpasan Air Hujan**

Sistem Rainwater Harvesting membantu menampung sebagian besar air hujan sebelum masuk ke drainase kota. Hal ini dapat mengurangi risiko genangan dan membantu pengendalian limpasan air hujan di kawasan perkotaan.

**D. Konservasi Air Tanah**

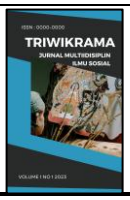
Penggunaan air hujan sebagai sumber air alternatif membantu mengurangi eksploitasi air tanah yang berlebihan. Dengan demikian, risiko penurunan muka tanah dan kerusakan lingkungan akibat pengambilan air tanah dapat ditekan secara bertahap.

## 6. SIMULASI KINERJA SISTEM PADA BANGUNAN HOTEL TROPIS

Untuk memahami efektivitas sistem secara lebih mendalam, dilakukan simulasi hipotetis pada bangunan hotel tropis bertingkat menengah.

*Corresponding author
E-mail addresses: natalia@usm.ac.id

**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 No 3, Tahun 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:




**Spesifikasi Bangunan Simulasi**

Bangunan hotel yang digunakan sebagai objek simulasi memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Jumlah lantai: 10 lantai.
- Luas total bangunan: 12.000 m².
- Luas fasad utama: 4.500 m².
- Luas atap penangkap hujan: 2.000 m².
- Lokasi simulasi: kawasan tropis lembap.
- Temperatur rata-rata harian: 31°C.
- Curah hujan tahunan: 2.500 mm.

Fasad bangunan menggunakan panel komposit beton dengan jaringan pipa kapiler berdiameter kecil yang terhubung ke tangki penyimpanan air hujan bawah tanah.

### 6.1 Hasil Simulasi Temperatur Fasad

Pada kondisi tanpa sistem pendingin fasad, temperatur permukaan dinding mencapai rata-rata 45°C pada siang hari.

Setelah menggunakan sistem Thermo-Active Wall berbasis air hujan, temperatur permukaan turun menjadi sekitar 39–41°C.

Penurunan temperatur ini memberikan dampak besar terhadap pengurangan heat gain interior.

Selain itu, suhu ruang dalam bangunan juga menjadi lebih stabil dengan fluktuasi temperatur yang lebih kecil.

### 6.2 Pengurangan Beban Pendinginan

Cooling load bangunan mengalami penurunan sebesar 15–20% dibanding sistem konvensional. Pada jam puncak panas antara pukul 12.00 hingga 15.00, sistem HVAC menunjukkan konsumsi energi yang lebih rendah karena panas dari fasad telah dikurangi terlebih dahulu.

Dalam skala tahunan, penghematan energi listrik dapat mencapai ribuan kilowatt-hour tergantung ukuran bangunan dan kondisi iklim.

### 6.3 Potensi Penghematan Biaya

Dengan menurunnya konsumsi listrik HVAC dan penggunaan air PDAM, biaya operasional hotel dapat ditekan secara signifikan.

Meskipun investasi awal sistem relatif besar, penghematan jangka panjang mampu memberikan periode balik modal yang cukup kompetitif.

Selain itu, bangunan berkonsep hijau juga memiliki nilai pasar dan citra yang lebih baik di mata konsumen.

## 7. INTEGRASI SISTEM DENGAN KONSEP GREEN BUILDING

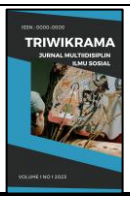
Konsep green building menekankan efisiensi energi, konservasi air, kualitas lingkungan dalam ruang, serta penggunaan sumber daya yang berkelanjutan.

Sistem fasad termo-aktif berbasis air hujan memiliki keterkaitan yang kuat dengan prinsip-prinsip tersebut.

### 7.1 Efisiensi Energi Bangunan

Pengurangan cooling load membantu meningkatkan performa energi bangunan. Dalam sertifikasi bangunan hijau seperti Greenship dan LEED, efisiensi energi menjadi salah satu poin penilaian utama.

**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 No 3, Tahun 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:




### 7.2 Konservasi Air

Rainwater Harvesting merupakan salah satu strategi konservasi air yang paling banyak direkomendasikan dalam standar bangunan hijau.

Penggunaan air hujan membantu mengurangi konsumsi air bersih dan mendukung pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan.

### 7.3 Kesehatan dan Kenyamanan Penghuni

Suhu ruang yang lebih stabil meningkatkan kenyamanan termal tamu hotel. Kenyamanan termal sangat penting dalam industri perhotelan karena berkaitan langsung dengan kualitas pengalaman pengguna.

### 7.4 Pengurangan Dampak Lingkungan

Integrasi sistem energi dan air membantu mengurangi jejak ekologis bangunan. Bangunan tidak hanya menjadi tempat aktivitas manusia, tetapi juga bagian dari sistem lingkungan yang lebih luas.

## 8. TANTANGAN IMPLEMENTASI SISTEM

Walaupun menawarkan banyak manfaat, implementasi sistem Thermo-Active Wall berbasis Rainwater Harvesting masih menghadapi berbagai tantangan.

### 8.1 Investasi Awal yang Tinggi

Salah satu hambatan utama adalah biaya instalasi awal.
Sistem membutuhkan:

- Tangki penyimpanan.
- Jaringan pipa kapiler.
- Pompa sirkulasi.
- Sensor temperatur.
- Sistem filtrasi air.
- Material fasad khusus.

Biaya tersebut relatif lebih tinggi dibanding fasad konvensional.

Namun, jika dihitung dalam jangka panjang, penghematan energi dan air mampu mengurangi biaya operasional secara signifikan.

### 8.2 Kebutuhan Perawatan Berkala

Sistem memerlukan pemeliharaan rutin agar performanya tetap optimal.
Beberapa aspek yang perlu diperhatikan meliputi:

- Pembersihan filter air.
- Pemeriksaan kebocoran pipa.
- Kontrol kualitas air.
- Pemeriksaan pompa sirkulasi.

Jika perawatan diabaikan, efektivitas pendinginan dapat menurun.

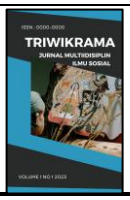
### 8.3 Ketergantungan pada Curah Hujan

Efektivitas sistem sangat dipengaruhi oleh pola curah hujan tahunan. Pada musim kemarau panjang, volume air yang tersedia dapat berkurang sehingga sistem perlu didukung sumber air tambahan. Karena itu, desain kapasitas tangki dan strategi distribusi air menjadi faktor penting.

### 8.4 Kompleksitas Integrasi Desain

Penerapan sistem ini harus direncanakan sejak tahap awal desain bangunan. Integrasi antara struktur, mekanikal, plumbing, dan fasad membutuhkan koordinasi yang baik antar disiplin.

*Corresponding author
E-mail addresses: natalia@usm.ac.id




Pada bangunan eksisting, retrofit sistem mungkin memerlukan biaya dan modifikasi yang lebih kompleks.

## 9. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DI MASA DEPAN

Perkembangan teknologi bangunan pintar membuka peluang besar bagi optimalisasi sistem fasad termo-aktif.

### 9.1 Integrasi Smart Building System

Sensor digital dan Internet of Things (IoT) dapat digunakan untuk memonitor:

- Temperatur fasad.
- Kelembapan udara.
- Debit aliran air.
- Konsumsi energi.
- Kapasitas tangki.

Data tersebut memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dan lebih efisien.

### 9.2 Integrasi Energi Terbarukan

Pompa sirkulasi air dapat ditenagai menggunakan panel surya sehingga konsumsi energi sistem menjadi lebih rendah.

Kombinasi antara pendinginan fasad, pemanenan air hujan, dan energi surya dapat menciptakan bangunan hotel dengan konsep net-zero energy.

### 9.3 Pengembangan Material Fasad

Penelitian mengenai material fasad dengan konduktivitas termal tinggi terus berkembang. Material inovatif dapat meningkatkan efektivitas perpindahan panas antara fasad dan air pendingin.

Selain itu, penggunaan material daur ulang juga mendukung konsep ekonomi sirkular pada industri konstruksi.

### 9.4 Pemanfaatan Greywater

Di masa depan, sistem pendinginan fasad tidak hanya menggunakan air hujan tetapi juga greywater hasil daur ulang.

Greywater dari wastafel dan shower dapat diolah kembali untuk mendukung sistem pendinginan bangunan.

## 10. RELEVANSI SISTEM TERHADAP KOTA BERKELANJUTAN

Konsep kota berkelanjutan menekankan pentingnya efisiensi sumber daya, ketahanan iklim, dan pengurangan dampak lingkungan.

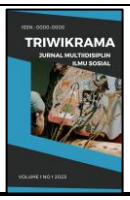
Bangunan hotel sebagai bagian dari infrastruktur perkotaan memiliki tanggung jawab besar dalam mendukung tujuan tersebut.

Sistem Thermo-Active Wall berbasis Rainwater Harvesting relevan dengan berbagai isu perkotaan modern seperti:

- Krisis energi.
- Krisis air bersih.
- Urban heat island.
- Emisi karbon.
- Banjir perkotaan.

Melalui pendekatan ini, bangunan tidak lagi menjadi konsumen sumber daya secara pasif, tetapi juga berfungsi sebagai sistem aktif pengelola energi dan air.

**Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial**
Volume 12 No 3, Tahun 2026
E-ISSN: 2988-1986
Open Access:




Jika diterapkan secara luas, teknologi ini berpotensi membantu menciptakan kawasan perkotaan yang lebih resilien terhadap perubahan iklim.

## 11. KESIMPULAN

Integrasi pemanenan air hujan pada sistem fasad termo-aktif merupakan inovasi arsitektur berkelanjutan yang sangat potensial diterapkan pada bangunan hotel tropis. Sistem ini mampu menjawab dua tantangan utama bangunan modern, yaitu tingginya konsumsi energi pendinginan dan besarnya kebutuhan air bersih.

Melalui pemanfaatan air hujan sebagai media pendingin fasad, temperatur permukaan dinding dapat diturunkan hingga 4–6°C sehingga perpindahan panas menuju interior bangunan berkurang secara signifikan. Penurunan suhu tersebut berdampak langsung pada pengurangan cooling load sebesar 15–20% dan menurunkan konsumsi energi HVAC.

Di sisi lain, sistem Rainwater Harvesting memungkinkan pemanfaatan air hujan untuk berbagai kebutuhan non-potabel seperti pendinginan fasad, flushing toilet, penyiraman taman, dan cooling tower. Hal ini membantu mengurangi ketergantungan terhadap air tanah dan jaringan PDAM.

Selain memberikan manfaat teknis dan ekonomi, sistem ini juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon, mitigasi urban heat island, pengurangan limpasan air hujan, dan konservasi sumber daya air.

Meskipun implementasinya masih menghadapi tantangan seperti biaya awal yang tinggi dan kebutuhan perawatan berkala, perkembangan teknologi bangunan pintar dan energi terbarukan membuka peluang besar untuk optimalisasi sistem di masa depan.

Dengan demikian, penerapan Thermo-Active Wall berbasis Rainwater Harvesting dapat menjadi salah satu strategi penting dalam pengembangan bangunan hotel tropis yang hemat energi, adaptif terhadap perubahan iklim, dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, A. (2019). *Rainwater harvesting systems for sustainable buildings*. *Journal of Sustainable Architecture*.

Bikas, D., Tsikaloudaki, K., & Laskos, K. (2023). Trade-offs in Optimization of Active Insulation Systems and HVAC: A Case Study in Residential Buildings. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/372261764

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 03-6389-2011: Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN. https://id.scribd.com/document/321192806

Chandra, A. (2024). Advancing Water Conservation Techniques in Agriculture for Sustainable Resource Management: A Review. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/378727806

Kumar, R., & Kaushik, S. C. (2005). Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings. *Building and Environment*.

Santamouris, M. (2016). Cooling the cities: A review of reflective and green roof mitigation technologies. *Solar Energy*.

Szokolay, S. V. (2014). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*. Routledge.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). *Global Status Report for Buildings and Construction*.

Wong, N. H. (2007). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*.

*Corresponding author
E-mail addresses: natalia@usm.ac.id