

ANALISIS ENERGI GREEN BUILDING TANAMAN LEE KWAN YEW TERHADAP PANAS (THERMAL) DAN KELEMBABAN (HUMIDITY)

Surya Darma¹, Ikahariya Pratiwi Matra², Taufik Toha³, Armin Sofijan⁴

1 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Palembang, Indonesia

2 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Palembang, Indonesia.

3 Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya

4 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya

Corresponding Author: Surya Darma (suryadarma.stmt@gmail.com)

ABSTRAK

Green Building merupakan salah satu konsep yang muncul dalam mendukung pembangunan rendah karbon yakni melalui kebijakan dan program peningkatan efisiensi energi, air dan material bangunan serta peningkatan penggunaan teknologi rendah karbon. *Vertical garden* atau *vertical greenery* menurut Blanc (2008) adalah tanaman yang disusun berbentuk vertikal untuk keseimbangan lingkungan sehingga mampu menciptakan iklim mikro yang spesifik di sekitarnya. *Vertical garden* dapat digunakan sebagai ide untuk membuat sebuah lingkungan perkotaan menjadi tampak alami. Tanaman Lee Kwan Yew telah banyak digunakan untuk taman vertikal di dinding kantor dan gedung tinggi untuk melindungi dinding kaca dari paparan sinar matahari. Vertical Greenery System memiliki empat efek utama: pembayangan, pendinginan, insulasi, dan penahan angin. Dalam hal penghematan energi, efek pembayangan dianggap sebagai dampak yang paling signifikan dari vertical greenery system. Efek pembayangan yang dihasilkan oleh tanaman, yang mampu menyerap radiasi matahari pada permukaan bangunan, adalah subjek hampir semua analisis studi sebelumnya. Pada cuaca panas, VGS dapat menurunkan konsumsi energi air conditioner dan menjadi insulator panas pada cuaca dingin. Jika suhu ruangan turun 1°C, itu akan menurunkan konsumsi energi sekitar 5,2–6,2%. Dalam penelitian ini, penurunan suhu tertinggi adalah 1,2°C, yang berarti penurunan konsumsi energi paling besar adalah 6,2–7,44%. Penurunan suhu rata-rata adalah 0,3°C, yang berarti penurunan konsumsi energi sekitar 1,56–1,92%.

Kata Kunci: *green building*, konservasi energi, Lee Kwan Yew,

I. PENDAHULUAN

Provinsi Sumatera Selatan merupakan provinsi tropis yang rata-rata kondisi cuaca berada pada tingkat kepanasan tertinggi di angka 32°C hingga 33°C dan tingkat kesejukan terendah di angka 24°C hingga 23°C. Hal ini menjadikan penggunaan Air Conditioner di Provinsi Sumatra Selatan meningkat disebabkan oleh cuaca yang cukup panas. Sebelum itu Green Building merupakan konsep pembangunan infrastruktur yang ramah lingkungan yang dapat mengurangi globalisasi pada bumi. Dari perspektif lingkungan, bangunan hijau membantu meningkatkan keanekaragaman hayati perkotaan dan melindungi ekosistem melalui penggunaan lahan yang berkelanjutan (Henry et al, 2012). Bangunan hijau umumnya memberikan kinerja yang lebih tinggi tercermin dari efisiensi energi, efisiensi air dan pengurangan emisi karbon. Sejumlah besar emisi CO₂ dapat dikurangi (berasal dari efisiensi energi) jika alat pemeringkat LEED diadopsi di semua pekerjaan konstruksi baru di Seoul (Bianchini et al, 2012). Penyebab utama meningkatnya penggunaan AC (Air Conditioner) di Provinsi Sumatra Selatan adalah meningkatnya suhu atau temperatur udara di Provinsi Sumatra Selatan. Hal ini juga disebabkan banyaknya kegiatan industri yang berlangsung yang disebabkan oleh polusi industri yang meningkat. Oleh karena itu, perlu adanya asimilasi karbon yang disebabkan oleh meningkatnya penggunaan AC di setiap gedung yang ada di Provinsi Sumatra Selatan dengan menerapkan sistematisa bangunan hijau yang ramah lingkungan supaya mampu mengurangi penggunaan AC dan menciptakan suasana nyaman dan relaks dengan efisiensi penggunaan tumbuhan atau tanaman hijau disekitar gedung. Maka dari itu, dalam penelitian ini akan menganalisis serta mengembangkan teknologi bangunan hijau (Green Building) yang dapat mengassimilasi penggunaan karbon yang terdapat pada spesifikator AC (Air Conditioner) dengan efisiensi tumbuhan atau tanaman hijau disekitar bangunan gedung infrastruktur. Adapun judul penelitian ini “Analisis Energi Bangunan Gedung Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Dalam Rangka Konservasi Energi Listrik.”

II. TINJAUAN PUSTAKA

Green Building merupakan salah satu konsep yang muncul dalam mendukung pembangunan rendah karbon yakni melalui kebijakan dan program peningkatan efisiensi energi, air dan material bangunan serta peningkatan penggunaan teknologi rendah karbon. Penerapan *Green Building* bukan saja memberikan manfaat secara ekologis, tetapi juga bernilai ekonomis, dengan cara menurunkan biaya operasional dan perawatan gedung. Bangunan ramah lingkungan (*Green Building*) menurut peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 8 tahun 2010 tentang Kriteria dan Sertifikasi Bangunan Ramah Lingkungan, adalah suatu bangunan yang menerapkan prinsip lingkungan dalam perancangan, pembangunan, pengoperasian, dan pengelolaannya dan aspek penting penanganan dampak perubahan iklim.

Tanaman Lee Kwan Yew telah banyak digunakan untuk taman vertikal di dinding kantor dan gedung tinggi untuk melindungi dinding kaca dari paparan sinar matahari. Sekarang, orang juga mulai menggunakannya untuk membuat taman vertikal di rumah. Tanaman Lee Kwan Yew (*Vernonia elliptica*) berasal dari India, Myanmar, dan Thailand. Ini juga dikenal sebagai Curtain Creeper, Bridal Veil Creeper, Parda bel, dan *Vernonia Pemanjat* (Lau and Frohlich, 2012 dalam Prasetyaningsih dan Sitawati, 2019). Stek batang adalah salah satu cara untuk memperbanyak tanaman Lee Kwan Yew. Namun, belum ada laporan tentang tingkat persentase keberhasilan stek batang tanaman ini. Salah satu jenis pembiakan vegetatif adalah stek batang. Penanaman stek batang lebih efisien daripada metode lain karena pertumbuhan yang lebih cepat. Bibit dapat diberikan dalam jumlah besar dan dapat dilakukan kapan pun sumber stek tersedia. Faktor-faktor yang harus diperhatikan untuk kesuksesan pembiakan vegetatif dengan stek, yaitu jarak pemotongan sekitar 2-2,5 cm dari kedua mata tunas bagian bawah dan atas (Setiadi, 2007 dalam Prasetyaningsih dan Sitawati, 2019).



Gambar 1. Tanaman Merambat *Vernonia Elliptica* (Lee Kwan Yew) (Sumber: Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia.)

Keberhasilan pertumbuhan stek batang Lee Kwan Yew benar-benar dipengaruhi oleh perawatan posisi penanaman dan pemberian zat pengatur tumbuh. Posisi penanaman stek horizontal menghasilkan lebih banyak tanaman Lee Kwan Yew karena jumlah mata tunas yang ditanam. Baik posisi penanaman vertikal maupun horizontal menunjukkan persentase keberhasilan tumbuh lebih dari 80% sejak 58 HST (kecuali untuk tanaman yang ditanam pada posisi penanaman vertikal). Pada 86 jam, posisi penanaman vertikal dengan penambahan Root-Up memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil stek. Ini menunjukkan persentase keberhasilan tumbuh sebesar 98,33%, jumlah tunas lebih dari 3, Panjang tanaman rata-rata 148,72 cm, jumlah daun rata-rata 56,15 helai, panjang akar rata-rata 32,63 cm, dan bobot kering akar 1,71 gram per tan (Prasetyaningsih dan Sitawati, 2019).

Kajian Preseden Green Building**Suhu (Temperatur)**

Suhu dapat diukur dengan termometer dan menunjukkan derajat panas suatu benda. Suhu adalah besaran termodinamika yang menunjukkan besarnya energy kinetik translasi rata-rata molekul dalam system gas (Pudjaatmaka, 2002 dalam Sunardi, 2017). Energi yang dimiliki suatu benda ditunjukkan oleh suhunya, yang dapat diamati secara mikroskopis. Setiap atom dalam suatu benda bergerak, baik dalam bentuk getaran atau perpindahan. Suhu suatu benda meningkat seiring dengan energy atomatom penyusunnya. Temperatur udara dan temperatur radiasi adalah faktor iklim yang mempengaruhi kenyamanan termal. Lingkungan fisik, aspek personal, dan lainnya dipengaruhi oleh faktor-faktor ini sebagai berikut (Ginting et al, 2020):

1. Temperatur Udara (T_a)

Faktor utama yang mempengaruhi kenyamanan di dalam suatu ruangan adalah temperatur udara. Suhu udara di setiap tempat bervariasi karena berbagai faktor, termasuk arah angin, ketinggian, awan, lamanya penyinaran, arus laut, dan sudut datang sinar matahari. Alat pengukur suhu dan kelembaban udara Thermorecorder digunakan untuk mengukur suhu.

2. Temperatur Radiasi (T_r)

Suhu ruangan dipengaruhi secara signifikan oleh suhu radiasi. Panas ini biasanya berasal dari radiasi matahari.

Kelembaban (Humidity)

Kelembaban adalah tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh uap air. Temperatur sangat memengaruhi tingkat kejenuhan. Grafik yang menunjukkan tingkat kejenuhan tekanan uap air terhadap suhu pepadatan akan terjadi jika tekanan uap parsial sama dengan tekanan uap air yang jenuh. Kelembaban relatif (RH) adalah prosentase perbandingan antara tekanan uap air parsial dan tekanan uap air jenuh secara matematis. Ada banyak definisi kelembaban. Persentase uap air relatif adalah rasio dari jumlah uap air yang terkandung dalam volume tersebut dibandingkan dengan jumlah uap air maksimum yang dapat terkandung dalam volume tersebut selama saturasi. Selain itu, relative humidity adalah persentase rasio dari tekanan uap air saat pengukuran dan saat saturasi.

Human Comfort

Dengan mengingat bahwa tubuh manusia membutuhkan kenyamanan termal, manusia menciptakan lingkungan binaan yang memenuhi kebutuhan ini, baik di dalam maupun di luar bangunan. Perancangan taman kota menunjukkan kemampuan manusia untuk mengolah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan termal manusia. Sebagai tempat publik yang baik, taman kota harus dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan yang beragam dari setiap pengunjung (Sastrawan dan Mustika, 2018).

Tabel 1. Standar Kenyamanan SNI 03-6572-2001

Perlakuan	Persentase (%) Pada Umur (hst)	
Kriteria	Temperatur Efektif (T_e)	Kelembaban (Rh)
Sejuk-Nyaman	20,5°C-22,8°C	50%
Ambang Atas	24°C	80%
Nyaman-Optimal	22,8°C-25,8°C	70%
Ambang Atas	28°C	
Panas-Nyaman	25,8°C-27,1°C	60%
Ambang Atas	31°C	

III. METODELOGI PENELITIAN

Langkah I

Pada langkah ini, mulailah dari survei literatur daripada mencoba mengidentifikasi bahkan atau masalah yang terjadi pada proyek dengan pertanyaan penelitian. Setelah itu, pastikan dengan literature review untuk mendapatkan hipotesis sehingga kita tahu bagaimana menetapkan variabel dan literatur seperti jenis tanaman hijau, ketebalan dindingnya, arah gedung dan fluktuasi dari temperatur sebagai data primer sedangkan mencari tahu tentang Green Building, Asimilasi karbon dan spesifikasi AC (*Air Conditioner*) merupakan sebagai data sekunder

Langkah II

Pada langkah ini, dilanjutkan dengan pembuktian laboratorium dimana terdapat pengecekan fluktuasi temperature terhadap gedung seperti pengujian temperature dalam gedung dan luar gedung. Kemudian, pengujian arah gedung dimana arah ini ditentukan mulai dari pukul 8.00 am, 11.00 am, 12.00 pm, 13.00 pm, 14.00 pm, 15.00 pm, 16.00 pm dengan putaran sudut mengikuti arah pukul waktu yang telah ditentukan dengan Pengujian maket bangunan dengan luas 1 m² pada sampel ½ bata di jam yang sama dengan sampel sebelumnya dengan putaran sudut mengikuti arah pukul waktu yang telah ditentukan. Selanjutnya pengujian terhadap pengaruh tanaman hijau merambat di objek gedung.

Langkah III

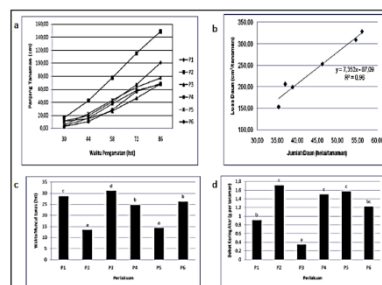
Pada langkah ini, dilakukan pengujian hubungan antara temperature dengan energi konservasi AC (*Air Conditioner*) serta mengetahui manfaat dari konservasi energy dan asimilasi karbon.

Langkah IV

Pada langkah ini, dilanjutkan dengan menganalisis semua data sehingga didapatkan pembahasan mengenai “Analisis Energi Bangunan Gedung Terhadap Penggunaan Ac (*Air Conditioner*) Dalam Rangka Konservasi Energi Listrik.” serta terdapat kesimpulan dan saran dalam penelitian ini.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ragam pada persentase keberhasilan tumbuh stek batang tanaman Lee Kwan Yew menunjukkan bahwa penggunaan berbagai zat pengatur tumbuh dan posisi penanaman benar-benar memengaruhi persentase keberhasilan tumbuh yang dihasilkan pada umur tanaman yang diamati. Tabel 1 menunjukkan tabel rata-rata keberhasilan tumbuh di mana tanaman Lee Kwan Yew yang ditanam dengan penambahan Root-Up memberikan nilai keberhasilan tumbuh lebih dari 80% dalam waktu 2 bulan. Persentase keberhasilan tumbuh menunjukkan kemampuan bahan tanam untuk tumbuh, sehingga dapat menunjukkan keberhasilan stek batang Lee Kwan Yew. Untuk mendapatkan persentase keberhasilan tumbuh yang tinggi, pemberian zat pengatur tumbuh sintetis seperti Root-Up dapat menjadi pilihan yang baik. Hal ini selaras dengan Ramadan, Kendarini dan Ashari (2016) dalam Prasetyaningsih dan Sitawati (2019) menyatakan bahwa zat pengatur tumbuh sintetis adalah komponen lingkungan yang dapat mempengaruhi tingkat keberhasilan stek.



Gambar 2. Persentase Rata-rata Keberhasilan Tumbuh Tanaman Lee Kwan Yew (*Vermonia Elliptica*) Akibat Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh

Tabel 2. Persentase Rata-rata Keberhasilan Tumbuh Tanaman Lee Kwan Yew (*Vermonia Elliptica*) Akibat Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh

Perlakuan	Persentase (%) Pada Umur (hst)				
	30	44	58	72	86
Vertikal + Non-ZPT	41,67 b	50,00 a	83,33 ab	86,67 ab	86,67 a
Vertikal + Root-Up	71,67 d	76,67 ^c	96,67 b	98,33 c	98,33 b
Vertikal + Air Kelapa	23,33 a	45,00 a	70,00 a	78,33 a	83,33 a
Horizontal + Non-ZPT	53,33 c	61,67 b	88,33 b	91,67 bc	91,67 ab
Horizontal + Root-Up	61,67 cd	76,67 c	90,00 b	91,67 bc	96,67 b
Horizontal + Air Kelapa	35,00 b	45,00 a	85,00 b	90,00 bc	90,00 ab
BNT 5%	11,11	11,04	13,77	11,36	9,76

Dalam semua umur pengamatan tanaman, analisis ragam pada jumlah tunas dan panjang tanaman pada stek batang tanaman Lee Kwan Yew (*Vernonia elliptica*) menunjukkan bahwa penggunaan berbagai posisi penanaman dan zat pengatur tumbuh benar-benar memengaruhi jumlah tunas dan panjang tanaman yang dihasilkan. Gambar 4.1 bagian a menunjukkan bahwa tanaman Lee Kwan Yew yang ditanam pada posisi vertikal dengan penambahan Root-Up memberikan panjang tanaman tertinggi dan jumlah tunas tertinggi, mulai dari 30, 44, 58, 72 dan 86 hst (Tabel 4.2).

Analisis ragam jumlah dan luas daun pada stek batang tanaman Lee Kwan Yew (*Vernonia elliptica*) menunjukkan bahwa penggunaan berbagai zat pengatur tumbuh dan posisi penanaman benar-benar memengaruhi jumlah dan luas daun. Pada parameter komponen hasil mengenai panjang akar yang dilakukan pada 90 hst, diketahui bahwa perlakuan vertikal dan horizontal dengan penambahan Root-Up secara nyata menghasilkan hasil akar yang paling panjang (Tabel 4.3). Ini diduga karena auksin pada Root-Up mempengaruhi proses pemanjangan akar, dan IBA dalam Root-Up akan menstimulasi pemanjangan akar tanaman Lee Kwan Yew.

Tabel 3. Persentase Rata-rata Jumlah Tunas Tanaman Lee Kwan Yew (*Vermonia Elliptica*) Akibat Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh.

Perlakuan	Jumlah Tunas (tunas/stek) Pada Umur (hst)				
	30	44	58	72	86
Vertikal + Non-ZPT	2,55 bc	2,80 b	3,35 bc	3,85 cd	3,85 cd
Vertikal + Root-Up	3,25 c	3,60 c	4,05 c	4,70 d	4,70 d
Vertikal + Air Kelapa	1,90 ab	2,75 b	2,70 b	3,00 bc	3,00 bc
Horizontal + Non-ZPT	1,45 a	1,65 a	1,70 a	2,20 ab	2,45 ab
Horizontal + Root-Up	2,40 b	2,55 b	2,65 b	2,75 ab	2,75 ab
Horizontal + Air Kelapa	1,55 a	1,65 a	1,60 a	1,85 a	1,85 a
BNT 5%	0,83	0,71	0,84	1,06	1,02

Tabel 4. Persentase Rata-rata Panjang Akar dan Jumlah Akar Tanaman Lee Kwan Yew (*Vermonia Elliptica*) Akibat Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh

Perlakuan	Panjang Akar (cm)	Jumlah Akar (buah/stek)
Vertikal + Non-ZPT	30,83 bc	8,85 a
Vertikal + Root-Up	32,63 c	18,75 b
Vertikal + Air Kelapa	25,95 a	9,35 a
Horizontal + Non-ZPT	28,07 ab	10,70 a
Horizontal + Root-Up	32,47 c	25,40 c
Horizontal + Air Kelapa	27,55 ab	11,10 a
BNT 5%	3,29	4,57

Pengaruh Vertical Garden (Lee Kwan Yew) Terhadap Lingkungan Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia.

Sebagai salah satu alternatif penghijauan, *vertical garden* mempunyai beberapa pengaruh terhadap lingkungan gedung Central Pavilion, sebagai berikut:

1. Kualitas Udara

Udara dengan kandungan oksigen yang banyak menjadi kebutuhan paling penting untuk kehidupan manusia. Pergerakan udara yang terus menerus merupakan syarat kenyamanan termal guna membuang panas yang berlebih dalam tubuh. Bangunan, langit-langit, dinding, dan lantai dapat membatasi pergerakan udara sehingga pergerakannya menjadi lamban dan menimbulkan ketidaknyamanan. Sehingga *vertical garden* sangat diperlukan bagi bangunan untuk mengoptimalkan kecepatan pergerakan udara baik di luar maupun di dalam bangunan. Selain itu juga dapat berfungsi sebagai pengganti udara yang telah terkontaminasi suhu dan udara baru. Pembuatan *vertical garden* mempunyai peran penting dalam menaikkan kelembaban udara dan menurunkan suhu dengan melakukan reduksi terhadap perpindahan panas antara bangunan dan lingkungan sekitar juga melindungi dari radiasi sinar matahari.

2. Pendingin Alami

Vertical garden mampu mengurangi radiasi matahari dan memberikan efek pendingin alami bagi sebuah ruang bangunan. Udara cenderung berpindah dari daerah yang memiliki tekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi sehingga memungkinkan terjadi aliran udara dalam sebuah bangunan. Kecepatan angin sekitar bangunan harus dikurangi, perangkat pelindung yang paling efektif adalah penghalang yang didirikan tegak lurus terhadap arah angin dan angin dari atas bangunan atau area luar bangunan yang akan dilindungi. Taman vertikal dalam hal ini sebagai perangkat pelindung terhadap laju aliran udara panas pada luar bangunan.

3. Pendukung Konsep Bangunan Berkelanjutan (*Green Building*)

Vertical garden juga berperan sebagai pendukung dari *green building*. *Green building* merupakan konsep bangunan berkelanjutan yang mempunyai persyaratan berupa indikator sistem perencanaan dan perancangan, lokasi, menggunakan prinsip hemat energy serta memiliki dampak positif untuk lingkungan, ekonomi, dan sosial. *Green building* bukan sebatas bangunan hijau saja, melainkan bangunan dengan perancangan berdasarkan aspek kualitas serta kenyamanan udara. *Green building* menggunakan bahan-bahan non toxic untuk meningkatkan kualitas udara dan meminimalisir penyakit akibat udara kotor seperti asma, alergi, maupun *sick building syndrome*.



Gambar 2. Dokumentasi Perletakan Tanaman Lee Kwan Yew Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia.. (Sumber: Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang)



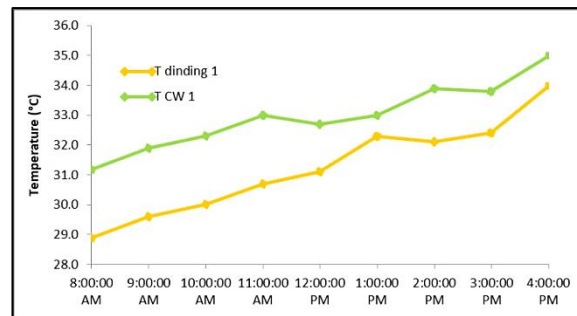
Gambar 3. Dokumentasi Tampak Depan Tanaman Lee Kwan Yew Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia.. (Sumber: Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang)

Hubungan antara Tanaman Lee Kwan Yew Terhadap Panas Termal (Temperatur) dan Kelembaban (Humidity) pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia.

Tabel 1 menunjukkan nilai temperatur dan relatif kelembapan rata-rata selama tiga hari waktu pengambilan data di luar bangunan. Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan suhu rata-rata dinding kontrol dan dinding luar bangunan. Di antara pukul 10.00 dan 11.00, dinding kontrol dan dinding GF mengalami perbedaan suhu paling besar sebesar 2,4°C. Namun, penurunan suhu paling rendah terjadi pada pukul 13.00, yaitu 0,7°C.

Tabel 5. Temperatur dan RH pada Hari Rerata Di Bagian Luar Bangunan

Waktu	Temperatur Ambien	Temperatur Dinding	Temperatur Substrat	Temperatur Control Wall	RH
	°C	°C	°C	°C	%
8:00:00 AM	30,8	28,9	31,4	31,2	57,6
9:00:00 AM	31,2	29,6	31,8	31,9	59,4
10:00:00 AM	31,5	30,0	33,1	32,3	60,6
11:00:00 AM	32,9	30,7	33,4	33,0	59,6
12:00:00 PM	31,7	31,1	32,3	32,7	61,2
1:00:00 PM	34,6	32,3	34,0	33,0	49,4
2:00:00 PM	35,5	32,1	35,5	33,9	49,6
3:00:00 PM	33,1	32,4	33,7	33,8	52,6
4:00:00 PM	33,2	34,0	34,1	35,0	53,2



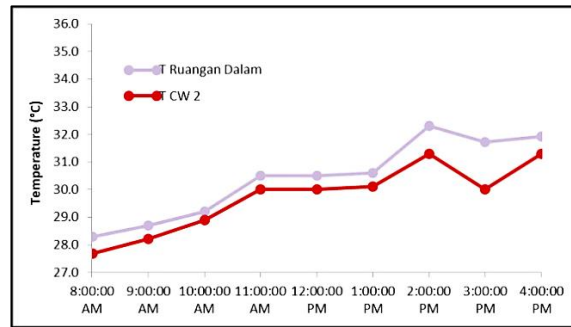
Gambar 4. Grafik Perbandingan Temperatur pada Dinding 1 dan Control Wall

Tabel 5 menunjukkan nilai temperatur dan relatif kelembapan rata-rata pada bagian dalam bangunan selama tiga hari waktu pengambilan data. Temperatur ruangan 1 menunjukkan suhu ruangan yang berada satu meter dari dinding GF yang dipasang, dan suhu ruangan 2 menunjukkan suhu ruangan yang berada satu meter dari dinding kontrol, yang menunjukkan suhu dinding 2 adalah temperatur dinding bagian dalam di luar bangunan yang telah terpasang GF, sedangkan Temperatur dinding kontrol 2 adalah temperatur dinding bagian dalam, dengan perbedaan rata-rata 1,8°C.

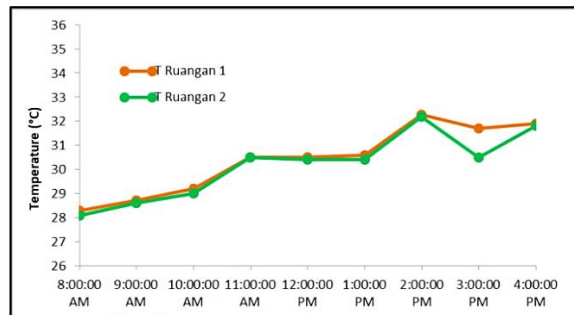
Tabel 6. Temperatur dan RH pada Rerata Di Bagian dalam Bangunan

Waktu	Temperatur Ambien	Temperatur Dinding	Temperatur Substrat	Temperatur Control Wall	RH
	°C	°C	°C	°C	%
8:00:00 AM	28.1	28.3	27.7	28.6	61.7
9:00:00 AM	28.6	28.7	28.2	28.8	64.5
10:00:00 AM	29	29.2	28.9	29.1	66.9
11:00:00 AM	30.5	30.5	30.0	30.3	54.1
12:00:00 PM	30.4	30.5	30.0	30.3	59.3
1:00:00 PM	30.4	30.6	30.1	30.6	54.4
2:00:00 PM	32.2	32.3	31.3	32	49.8
3:00:00 PM	30.5	31.7	30.0	31.5	55.4
4:00:00 PM	31.8	31.9	31.3	31.7	56.5

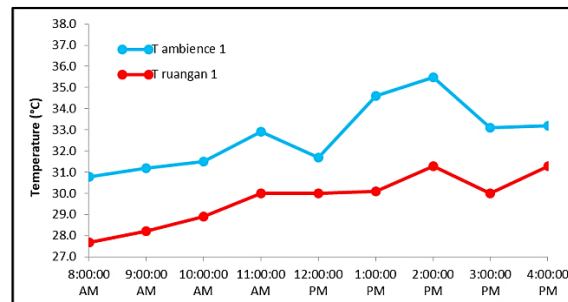
Gambar 5 menunjukkan grafik perbandingan suhu rata-rata antara dinding 2 dan dinding kontrol 2, menunjukkan bahwa suhu paling tinggi mencapai 1,5°C pada pukul 15.00, dan suhu paling rendah mencapai 0,2°C pada pukul 10.00, dengan perbedaan suhu rata-rata 0,6°C. Sedangkan, Gambar 6 menunjukkan grafik perbandingan suhu rata-rata di ruangan 1 dan 2. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, temperatur ruangan 1 dan 2 mengalami perbedaan suhu paling besar sebesar 1,2°C pada pukul 15.00, dan perbedaan suhu paling kecil sebesar 0,0°C pada pukul 11.00, dengan perbedaan suhu rata-rata 0,3°C. Pemasangan VGS pada dinding bangunan dapat menurunkan temperatur yang berasal dari panas yang ditransfer oleh lingkungan ke dalam ruangan. Gambar 4.7 menunjukkan bahwa VGS dapat menurunkan temperatur paling tinggi 4,2°C pada pukul 13.00, dan temperatur paling rendah 1,5°C pada pukul 16.00, dengan perbedaan rata-rata 2,6°C.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Temperatur pada Dinding Dalam dan *Control Wall 2*



Gambar 6. Grafik Perbandingan Ruang 1 dan Ruang 2



Gambar 7. Grafik Perbandingan Temperatur Ambien dan Ruang

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa sistem hijau vertikal berfaçade hijau dapat membantu menurunkan suhu ruangan sebuah bangunan, dengan penurunan tertinggi sebesar 1,2°C dan penurunan rata-rata sebesar 0,3°C selama 8 jam kerja sistem. Jika dibandingkan dengan dinding yang tidak memiliki permukaan yang dipasang, GreenFasad hijau, yang dipasang pada permukaan dinding bangunan, termasuk dalam kategori baik. Karena dapat mengurangi konsumsi energi rata-rata sebesar 1,56-1,92 % sebagai akibat dari penggunaan AC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Henry A, Frascaria-Lacoste N. Comparing Green Structures Using Life Cycle Assessment: A Potential Risk For Urban Biodiversity Homogenization. *Int J LifeCycle Assess* 2012;17(8); 949-50.
- [2] Bianchini F, Hewege K. How Green Are The Green Roofs? Lifecycle Analysis of Green Roof Materials *Build Environ* 2012;48:57-65.
- [3] Jian Z, Zhen-Yu Z. Renewable and Sustainable Energy Reviews: Green Building Research-Current Status and Future Agenda: A Review (2013).
- [4] Bianchini F, Hewege K. How green are the green roofs Life cycle analysis of Green roof materials *Build Environ* 2012;48:57-65.
- [5] Coelho A, de Brito J. Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. *Waste Manage* 2012;32(3):532-41.
- [6] Akadiri PO, Olomolaiye PO. Development of sustainable assessment criteria for building materials selection. *Eng Construct Architect Manage*. 2012;19 (6):666-87.
- [7] Sambas, Wirakusumah. Fundamentals of Ecology, Supporting Knowledge Environmental sciences. Jakarta: Indonesia University (UI Press). 2003
- [8] Suhedi, F. "CO2 emissions from Domestic Energy Consumption". R & D Center. sim.nilim.go.jp/GE/SEMI6/Paper/06-FEN.doc, 2016.
- [9] Juniah, R. "Cooperation of Perhapi with Master Program and Mining Engineering Department Unsri", Working Group Week IV Perhapi 2017, Palembang 12-13 October 2017.
- [10] Ghoustanjiwani A.P, Rio Kusmara, & Wahyu Yanuar. (2011). *Teknologi Vertical Garden : Sustainable Design atau Hanya Sebuah Trend dalam Urban Life Style ?* Scan#2: 2011, 2 (Life Style and Architecture). Retrieved from <http://atmajayarchitecture.wordpress.com/>
- [11] Jayanti, A.V., Purnomo, E.P., Nurkasiwi, A. (2020). *Vertical Garden : Penghijauan Untuk Mendukung Smart Living Di Kota Yogyakarta*. Al-Imarah: Jurnal Pemerintahan dan Politik Islam. Vol. 5, No.1.
- [12] Firman, Saam Zulfan, Y. D. (2014). *Model Penghijauan Danau Sri Bandar Kayangan, Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru*. (Universitas Riau: Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, 2014).
- [13] Ghoustanjiwani A.P, Rio Kusmara, & Wahyu Yanuar. (2011). *Teknologi Vertical Garden : Sustainable Design atau Hanya Sebuah Trend dalam Urban Life Style ?* Scan#2: 2011, 2 (Life Style and Architecture). Retrieved from <http://atmajayarchitecture.wordpress.com/>
- [14] Lestari, W. P. Marpaung, R. T. Yolida, *Pengaruh Vertical Garden Terhadap Suhu Ruangan Sebagai Lembar Kerja Materi Pemanasan Global*. (Universitas Lampung: Bioterdidik, 2019).
- [15] Yu Ziyue, Jiang Sijian, Liu Yu, Deng Xiangzheng, *Agricultural Restructuring For Reducing Carbon Emissions From Residents Dietary Consumption in China* (University of Nottingham Ningbo China: JCP 387, 2023, 135948).
- [16] Prasetyo, S.S, Kusmarini, Y., *Studi Efisiensi Dan Konservasi Energi Pada Interior Gedung P Universitas Kristen Petra*. (Universitas Kristen Petra: Jurnal Intra Vol.4 No.1, 2016).
- [17] Tiro, J.A, Mukhlis, B, Kali, A, M. Maryantho, Mahmudi, I, *Konservasi Energi Listrik Bangunan Gedung Kantor Bupati Tojo Una-Una*. (Universitas Tadulako: Bioterdidik, 2019).
- [18] Suharyati, Pambudi, S. H., Wibowo, J. L., Pratiwi, N. I., Et all, *Buku Energi Outlook Indonesia 2022* (Biro Fasilitas Kebijakan Energi dan Persidangan Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional, 2022).
- [19] Febrianti D dan Samsunan. 2019. Green Building Performance Analysis in The Stimi Campus Building. International Conference on Science Engineering and Technology. Pekanbaru. PP 194-199. DOI: 10.5220/0009149301940199
- [20] SNI 03-6389-2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional
- [21] Green Building Council Indonesia. (2019). Retrieved from <https://gbcindonesia.org>
- [22] Dian Febrianti, dan Samsunan (2019), "Green Building Performance Analysis In The Stimi Campus Building", International Conference On Science Engineering And Technology. Pekanbaru, Riau.
- [23] Convertino, F., Vox, G., dan Schettini, E. 2019. Convective heat transfer in green façade system. *Biosystems Engineering*, 188: 67-81.
- [24] Ardiansyah, A. (2020). Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things). Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

- [25] Pradanugraha, M. A., & Sudiarto, B. (2022). Pengaruh Sistem Peredupan terhadap Efisiensi Energi Penerangan Jalan Umum pada Universitas Indonesia Berdasarkan Metode Lumen. *PROtek*, 9(1), 63 - 67.
- [26] Dana, G. W. P., Arjana, I. G. D., Partha, C. G. I (2020). Konservasi Energi Pada Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kota Denpasar. *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 7, 2020.
- [27] Yu, Z., Jiang, S., Cheshmehzangi, A., Liu, Y., Deng, X (2023). *Agricultural Restructuring For Reducing Carbon Emissions From Residents' Dietary Consumption in China. Journal of Cleaner Production* 387, 2023.
- [28] Li, G., Huang, D., Sun, C., Li, Y., 2019. Developing interpretive structural modeling based on factor analysis for the water-energy-food nexus conundrum. *Sci. Total Environ.* 651, 309–322.
- [29] Liu, Z., Deng, Z., He, G., Wang, H., Zhang, X., Lin, J., et al., 2022. Challenges and opportunities for carbon neutrality in China. *Nat. Rev. Earth Environ.* 3 (2), 141–155.
- [30] Rosenzweig, C., Mbow, C., Barioni, L.G., Benton, T.G., Herrero, M., Krishnapillai, M., et al., 2020. Climate change responses benefit from a global food system approach. *Nat. Food* 1 (2), 94–97.
- [31] Song, M., Fisher, R., Kwok, Y., 2019. Technological challenges of green innovation and sustainable resource management with large scale data. *Technol. Forecast. Soc. Change* 144, 361–368.
- [32] Sun, Z., Liu, Y., Yu, Y., 2019. China's carbon emission peak pre-2030: exploring multi-scenario optimal low-carbon behaviors for China's regions. *J. Clean. Prod.* 231, 963–979.
- [33] Zhao, X., Ma, X., Chen, B., Shang, Y., Song, M., 2022. Challenges toward carbon neutrality in China: strategies and countermeasures. *Resour. Conserv. Recycl.* 176, 105959.
- [34] Effendy, A., Silviana, M. 2021. Kajian Literatur Konsep *Green Building* Pada Bangunan Tropis. *Arsitekno*, Vol. 8, No. 1, 2021.
- [35] IEA and UNEP, 2019 *Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*, vol. 224. 2019.
- [36] H. Truong and A. M. Garvie, "Chifley Passive House : A Case Study in Energy Efficiency and Comfort ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect Chifley Passive House : A Case Study in Energy Efficiency and Comfort Chifley Passive House : A Case Study in Energy Efficiency a," *Energy Procedia*, vol. 121, no. June, pp. 214–221, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2017.08.020.
- [37] Widianti, Iis Roin, 2019. Tinjauan Studi Analisis Komparatif Bangunan Hijau (*Green Building*) Dengan Metode Asesmen Sebagai Upaya Mitigasi Untuk Pembangunan Konstruksi Yang Berkelanjutan, Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana TEKNIK SIPIL (KNPTS), ISSN 2477-00-86. 2019.
- [38] Hydes, K., Richardson, G. R. A., & Petinelli, G. (2018). World Green building Council: Supporting the Sustainable Transformation of the Global Property Market. Retrieved from <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB7984.pdf>.
- [39] Sofia, R. 2022. Perancangan Kantor Sewa Di Era Disrupsi Dengan Pendekatan *Green Building* Di Kota Semarang. Building Performance & Technology Laboratory, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Program Studi Arsitektur, Universitas Islam Indonesia.
- [40] Arsitektur, J., Teknik, F., Dan, S., & Indonesia, U. I. (2021). Proyek Akhir Sarjana Perancangan Mixed-Use Building Dengan Pendekatan Konservasi Energi Dan Tepat.
- [41] Maharani, N. C. (2020). Makerspace : Arsitektur Sebagai Ruang Kolaborasi Di Era Disrupsi. Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, Dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [42] Zhaki, M., Chadirin, Y., Saptomo, S. K., 2023. *Rancang Bangun Alat Ukur Kenyamanan Ruangan (Termal dan Visual) Berbasis Arduino Uno*. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, EISSN: 2549-1407. Vol. 08. No. 01 April 2023. <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jsil>.
- [43] Sunardi, L. *WEB Based Temperature dan Humidity Monitoring Ruangan Laboratorium Komputer SMA Negeri 9 Lubuk Linggau*. *Jurnal Sigmata*. Vol. 5.No. 2. Edisi: April 2017. ISSN 2303-5786. 2017.
- [44] Chotimah, H. C. Analisis Strategi Keamanan Energi Cina Dalam Upaya Penurunan Emisi Karbon Melalui Pendekatan Konstruktivisme. *Jurnal Politik Internasional*. Vol. 19, No. 1. E-ISSN: 2579-8251. 2017.
- [45] Yun, Gao. (2016). China's response to climate change issues after Paris Climate Change Conference. *Advances in Climate Change Research*, 7 (2016), hlm. 235-240. ScienceDirect.

- [46] Antara News. (2009, Oktober 23). Lima Negara Diusulkan Masuk Annex-1 Protokol Kyoto. Dipetik Mei 27, 2023, dari Antara News: <https://www.antaranews.com/berita/159023/lima-negara-diusulkan-masukannex-1-protokol-kyoto>.
- [47] Li, X. (2016). Green Evidence for Energy Security Transformation in China: Re-Conceptualization of Energy Security and Its Implication to China's Renewable Energy Policy Change. *Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change-Evidence for Sustainable Development*. Berlin.
- [48] Sastrawan, I. W. W., Mustika, N. W. M. *Presepsi Kenyamanan Termal Ruang Luar Pada Ruang Publik Perkotaan (Studi Kasus: Taman Kota Denpasar di Lumintang, Denpasar)*. Jurnal Arsitektur, Vol. 6, No. 1. P-ISSN 2581-2211 (online). 2018.
- [49] Kaffah, M. F., Firzal, Y., Susilawaty, M. D. 2020. Penerapan Prinsip Biophilic Design Pada Perancangan Apartmen SOHO di Kota Pekanbaru. Jurnal Arsitektur, Vol. 3, No. 1 Mei 2020. E-ISSN 2685-1490, p-ISSN 2615-1472.
- [50] Ginting, R. R., Munir, A., Sofwan. Evaluasi Kenyamanan Termal Pada Ruang Tidur Asrama Putri Ipau di Banda Aceh. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Arsitektur dan Perencanaan, Vol. 4, No. 3. Hal: 24-30. 2020.
- [51] Wicaksono, D., Sugini, S. 2021. *Evaluasi Desain Bangunan Berdasarkan Sistem Sertifikasi DGNB (Studi Kasus: The Khabele School, Austin)*. Jurnal Ilmiah Arsitektur dan Lingkungan Binaan, Vol. 19, Hal: 167-176. <https://doi.org/10.20961/arst.v19i2.47150>
- [52] Widiastuti, R. Potensi Vertical Greenery System di Dalam Mendukung Penghematan Energi Pada Bangunan: Critical Review. E-journal Undip, ISSN (P) 0853-2877 (E) 2598-327X, Modul Vol. 22, No. 2. 2022. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/modul>
- [53] Lee, L. S. H., & Jim, C. Y. (2017). Subtropical summer thermal effects of wirerope climber green walls with different air-gap depths. *Building and Environment*, 126, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.09.021>
- [54] *Living wall systems*. (n.d.). Retrieved July 17, 2020, from https://www.pinterest.com/pin/372250725419680988/?nic_v2=1a1tgJNg
- [55] Noor, M. A., Saputra, P. M. A. 2020. *Emisi Karbon dan Produk Domestik Bruto, Investigasi Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) pada Negara Berpendapatan Menengah di Kawasan ASEAN*. Jurnal Wilayah dan Lingkungan, P-ISSN: 2338-1604 dan E-ISSN: 2407-8751, Vol. 8, No. 3. <http://dx.doi.org/10.14710/jwl.8.3.230-246>
- [56] Prasetyaningsih, D. D., Sitawati. *Pengaruh Posisi Tanaman dan Pemberian Zat Pengatur Tumbuh Terhadap Keberhasilan Pertumbuhan Stek Batang Tanaman Lee Kwan Yew (Vernonia Elliptica)*. Jurnal Produksi Tanaman, Vol. 7, No. 1. ISSN: 2527-8452. Hal: 173-180. 2019.
- [57] Manso, M., Castro-Gomes, J., *Green Wall System: A Review of Their Characteristics*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 41. 863-971. 2015.