

ANALISIS MEKANISME PENDINGINAN PASIF SISTEM *GREEN ROOF* MELALUI PROSES EVAPOTRANSPIRASI TANAMAN KROKOT MAWAR (*Portulaca grandiflora*)

BAYU HAKI SUHERMAN



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Mekanisme Pendinginan Pasif Sistem *Green Roof* melalui Proses Evapotranspirasi Tanaman Krokot Mawar (*Portulaca Grandiflora*)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2026

Bayu Haki Suherman
F4401221023

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

BAYU HAKI SUHERMAN. Analisis Mekanisme Pendinginan Pasif Sistem *Green Roof* melalui Proses Evapotranspirasi Tanaman Krokot Mawar (*Portulaca grandiflora*). Dibimbing oleh YUDI CHADIRIN dan SATYANTO KRIDO SAPTOMO.

Peningkatan konsumsi energi bangunan merupakan dampak nyata dari fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di area perkotaan. Penerapan *green roof* ekstensif menjadi salah satu solusi berbasis alam yang potensial, namun kajian mengenai dinamika termal secara diurnal pada kawasan tropis masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis mekanisme pendinginan pasif sistem bervegetasi krokot mawar (*Portulaca grandiflora*) dibandingkan dengan sistem tanpa vegetasi pada kondisi kering dan basah. Metode ini dilakukan secara eksperimental menggunakan kotak uji skala lapangan berukuran $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0,3\text{ m}$ dengan pemantauan kontinu 24 jam terhadap parameter iklim mikro, keseimbangan energi, serta karakteristik distribusi dan perambatan profil suhu multilapis vertikal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem bervegetasi lebih efektif dalam mereduksi fluktuasi panas ekstrem melalui pengalihan energi matahari menjadi fluks panas laten. Pada kondisi kering, suhu puncak permukaan mampu ditekan hingga $11,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ lebih dingin dibandingkan sistem tanpa vegetasi.

Kata kunci: *green roof*, pendinginan pasif, *portulaca grandiflora*.

ABSTRACT

BAYU HAKI SUHERMAN. Analysis of Passive Cooling Mechanisms in Green Roof System through the Evapotranspiration Process of Krokot Mawar (*Portulaca grandiflora*). Supervised by YUDI CHADIRIN and SATYANTO KRIDO SAPTOMO.

The escalating energy consumption in buildings represents a critical consequence of the Urban Heat Island (UHI) phenomenon in metropolitan areas. The implementation of extensive green roofs has emerged as a promising nature-based solution; nevertheless, research elucidating their diurnal thermal dynamics within tropical regions remains profoundly limited. This study aims to investigate the passive cooling mechanisms of a vegetated green roof system utilizing krokot mawar (*Portulaca grandiflora*) in comparison to a non-vegetated system under both dry and wet conditions. An experimental methodology was deployed utilizing field-scale test boxes measuring $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0.3\text{ m}$, integrated with continuous 24-hour monitoring of microclimate parameters, energy balance, as well as vertical multilayer temperature profiles and propagation characteristics. The empirical findings indicate that the vegetated system is more effective in mitigating extreme thermal fluctuations by partitioning solar radiation into latent heat flux. Under dry conditions, the peak surface temperature was successfully suppressed to $11.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ cooler than the non-vegetated system.

Keywords: green roof, passive cooling, *portulaca grandiflora*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ANALISIS MEKANISME PENDINGINAN PASIF SISTEM GREEN ROOF MELALUI PROSES EVAPOTRANSPIRASI TANAMAN KROKOT MAWAR (*Portulaca grandiflora*)

BAYU HAKI SUHERMAN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Dr. Eng. Allen Kurniawan, S.T., M.T.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Analisis Mekanisme Pendinginan Pasif Sistem *Green Roof* melalui Proses Evapotranspirasi Tanaman Krokot Mawar (*Portulaca grandiflora*)

Nama : Bayu Haki Suherman
NIM : F4401221023

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Yudi Chadirin, S.T.P., M.Agr.
NIP. 19740926 199903 1 004



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.T.P., M.Si.
NIP. 19730411 200501 1 002



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan:
Ir. Tri Sudibyو, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIP. 19840530 201404 1 001



Tanggal Ujian: 4 Juni 2026

Tanggal Lulus: 11 JUN 2026

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari sampai bulan Mei 2026 ini ialah *green building*, dengan judul “Analisis Mekanisme Pendinginan Pasif Sistem *Green Roof* melalui Proses Evapotranspirasi Tanaman Krokot Mawar (*Portulaca grandiflora*)”.

Ucapan terima kasih ditunjukkan kepada:

1. Dr. Yudi Chadirin, S.T.P., M.Agr. selaku dosen pembimbing pertama dan Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.T.P., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, kritik, dan saran dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Ir. Tri Sudibyso, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah memberikan dukungan dan izin penelitian.
3. Bapak Arif Nuryadin, Dipl. Kim. selaku Laboran Laboratorium Limbah Padat dan B3 yang telah memfasilitasi serta memberikan arahan selama proses penelitian.
4. Orang tua tercinta, Bapak Suherman dan Ibu Maryanah. Beliau sangat berperan penting dalam penyelesaian studi penulis. Meskipun tidak sempat mengenyam pendidikan hingga bangku perkuliahan, namun semangat, motivasi, serta doa yang tiada henti mereka berikan telah menjadi kekuatan bagi penulis hingga mampu meraih gelar sarjana.
5. Kakak Herlinah Suherman dan Fikih Suherman, atas dukungannya secara moril maupun materiil, terima kasih juga atas segala motivasi yang diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan studi penulis hingga meraih gelar sarjana.
6. Kafka Izdihar Afanino, Muhammad Dinar, Ibnu Aziz Solehudin, Akhmad Hilal Punggawa, Ananda Raihan Zahry, dan Mariana Imelda Fenetiruma atas bantuannya dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Teman-teman Dramaga Learning Center dan Taman Baca Carita, terima kasih atas kerja sama, inspirasi, dan kehangatan yang diberikan selama penulis melaksanakan kegiatan pengabdian masyarakat.
8. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan Angkatan 59 yang telah memberikan dukungan selama penelitian dan penyusunan skripsi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Bayu Haki Suherman

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Green Roof</i>	4
2.2 Keseimbangan Energi (<i>Energy balance</i>)	5
2.3 Pendinginan Pasif (<i>Passive cooling</i>)	6
2.4 Evapotranspirasi	7
2.5 Krokot Mawar (<i>Portulaca grandiflora</i>)	7
III METODE	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.4 Pembuatan Model <i>Green Roof</i>	11
3.5 Desain Eksperimen dan Asumsi Penelitian	12
3.6 Keterbatasan Metode	12
3.7 Kalibrasi Sensor	13
3.8 Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data	13
3.9 Teknik Analisis Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Kalibrasi Sensor	19
4.2 Analisis Ketersediaan Air, Stabilitas Kelembapan Media, dan Estimasi Evapotranspirasi Aktual (ETc)	20
4.3 Analisis Karakterisasi Partisi Keseimbangan Energi Permukaan Atap (Fluks LE, H, dan G)	22
4.4 Analisis Respons Iklim Mikro dan Suhu Permukaan Tanah	25
4.5 Analisis Perambatan Panas Multilapis Vertikal, Peredaman Amplitudo (<i>Peak Attenuation</i>), dan <i>Time Lag</i>	30
V SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	39
RIWAYAT HIDUP	45



DAFTAR TABEL

1	Nilai pendekatan asumsi untuk analisis mekanisme pendinginan pasif	12
2	Hasil kalibrasi sensor termokopel	19
3	Perbandingan volume limpasan aktual	21
4	Estimasi nilai evapotranspirasi aktual (ETc) harian	21
5	Sintesis parameter utama performa mekanistik sistem <i>green roof</i>	33

DAFTAR GAMBAR

1	Penampang struktur atap datar dengan <i>green roof</i> yang menunjukkan susunan lapisan atap sebagai struktur konstruksi hijau (dimodifikasi dari Theodosiou (2009) <i>Advances in Building Energy Research</i> . 3:271–288)	4
2	Skema keseimbangan energi pada <i>green roof</i> yang menunjukkan interaksi radiasi gelombang pendek dan panjang, fluks panas konduktif, konveksi, evaporasi, serta evapotranspirasi pada lapisan vegetasi dan media tanam (dimodifikasi dari Theodosiou (2009) <i>Advances in Building Energy Research</i> . 3:271–288)	5
3	Skema perubahan arah dan besaran komponen keseimbangan energi permukaan (R_n , λET , H , dan G) (Teh 2006)	6
4	Peta lokasi penelitian di Unit Laboratorium Terpadu dan Riset Unggulan, Institut Pertanian Bogor (IPB), Kampus Dramaga yang terletak di Kabupaten Bogor, Jawa Barat, Indonesia	8
5	Diagram alir tahapan penelitian	10
6	Tampak atas model sistem bervegetasi krokot mawar (<i>P. grandiflora</i>) dan sistem tanpa vegetasi (kontrol) pada kotak uji	11
7	Penampang model <i>green roof</i> dan tata letak sensor termokopel ($X_1 = 0$ cm, $X_2 = -12,5$ cm, $X_3 = -17,5$ cm, $X_4 = -18,5$ cm, $X_5 = +20$ cm), sensor kelembapan tanah ($Y = -5$ cm), serta sensor suhu udara dan kelembapan relatif ($GS-TH = +120$ cm)	14
8	Hubungan curah hujan dan kelembapan tanah	20
9	Keseimbangan energi diurnal kondisi kering (19 Maret 2026) (a) sistem bervegetasi dan (b) sistem tanpa vegetasi	22
10	Keseimbangan energi diurnal kondisi basah (21 Maret 2026) (a) sistem bervegetasi dan (b) sistem tanpa vegetasi	24
11	Suhu udara dan permukaan diurnal kondisi kering (19 Maret 2026) (a) sistem bervegetasi dan (b) sistem tanpa vegetasi	26
12	Suhu udara dan permukaan diurnal kondisi basah (21 Maret 2026) (a) sistem bervegetasi dan (b) sistem tanpa vegetasi	27
13	Tekanan uap air aktual (ea) diurnal kondisi kering (19 Maret 2026) (a) sistem bervegetasi dan (b) sistem tanpa vegetasi	28
14	Tekanan uap air aktual (ea) diurnal kondisi basah (21 Maret 2026) (a) sistem bervegetasi dan (b) sistem tanpa vegetasi	29
15	Performa suhu multilapis diurnal kondisi kering (19 Maret 2026) (a) sistem bervegetasi dan (b) sistem tanpa vegetasi	30

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

16	Performa suhu multilapis diurnal kondisi basah (21 Maret 2026) (a) sistem bervegetasi dan (b) sistem tanpa vegetasi	31
----	---	----

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil kalibrasi sensor termokopel tipe T dengan termometer alkohol	39
2	Hasil kalibrasi sensor kelembapan tanah sistem <i>green roof</i>	41
3	Fraksi penutup vegetasi	42

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.