

DISERTASI

ANALISIS ENERGI BANGUNAN GREEN BUILDING TERHADAP PENGGUNAAN AC (*AIR CONDITIONER*) DALAM RANGKA KONSERVASI ENERGI LISTRIK.



Nama : Surya Darma
NIM : 03013682227007
BKU : Teknik Elektro
Promotor : Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IP-M.
Ko Promotor : Prof. Dr. Ir. HM. Taufik Toha, DEA.
Ko Promotor : Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T.

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN
DISERTASI
(TEK 010317)

**ANALISIS ENERGI BANGUNAN GREEN BUILDING TERHADAP
PENGUNAAN AC (AIR CONDITIONER) DALAM RANGKA
KONSERVASI ENERGI LISTRIK.**

Oleh:
Surya Darma
NIM : 03013682227007

Telah disetujui
Pada September 2025

Promotor



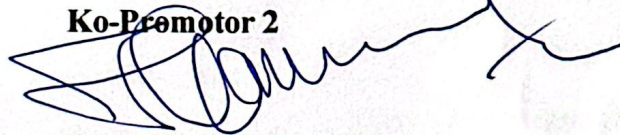
Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502112003121002

Ko-Promotor 1



Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA.
NIP. 195308141985031002

Ko-Promotor 2



Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T.
NIP. 196411031995121001

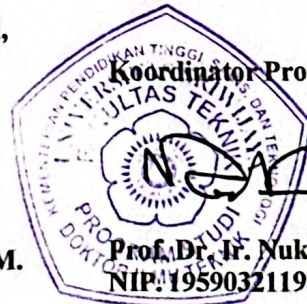
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik




Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502112003121002

Koordinator Program Studi

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

HALAMAN PERSETUJUAN

Disertasi berjudul "Analisis Energi Bangunan Green Building Terhadap Penggunaan Ac (Air Conditioner) Dalam Rangka Konservasi Energi Listrik." telah dipresentasikan dihadapan Tim Penguji Disertasi pada Program Studi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada *hari, Rabu tanggal 30 Juli 2025.*

Palembang, 30 Juli 2025

Tim Penguji Disertasi berupa Disertasi:

Ketua Tim Penguji:

Nama: Ir. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.

NIP : 197112251997021001

()

1. N a m a : Dr. Ir. M. Ary Heryanto, M.Eng., IPU., Asean. Eng (

N I D N : 0631057304

()

2. N a m a : Dr. Ir. Herlina, S.T., M.T.

N I P : 198007072006042004

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,

Koordinator Program Studi


Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP: 197502112003121002


Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP: 195903211987031001

ABSTRAK

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 vertical 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%.

Key words: *green building*, konservasi energi, Lee Kwan Yew

Promotor



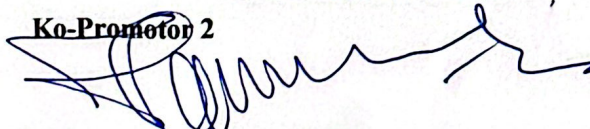
Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502112003121002

Ko-Promotor 1



Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA.
NIP. 195308141985031002

Ko-Promotor 2



Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T.
NIP. 196411031995121001

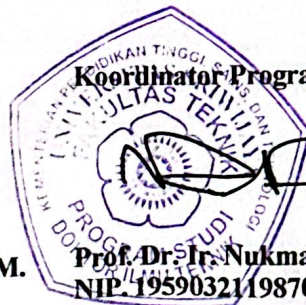
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,




Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502112003121002

Koordinator Program Studi

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Surya Darma
NIM : 03013682227007
Program Studi : Doktor Ilmu Teknik
BKU : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa disertasi saya dengan judul "**Analisis Energi Bangunan Green Building Terhadap Penggunaan Ac (Air Conditioner) Dalam Rangka Konservasi Energi Listrik.**", bebas dari fabrikasi, falsifikasi, plagiat, kepengarangan yang tidak sah dan konflik kepentingan dan pengajuan jamak, seperti yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021.

Bilamana ditemukan ketidaksesuaian dengan hal-hal di atas, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarnya.

Palembang, Juli 2025

Yang menyatakan



Surya Darma

NIM. 03013682227007

DISERTASI

ANALISIS ENERGI BANGUNAN *GREEN BUILDING* TERHADAP PENGGUNAAN AC (*AIR CONDITIONER*) DALAM RANGKA KONSERVASI ENERGI LISTRIK.



**SURYA DARMA
03013682227007**

Promotor:

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IP-M.

Co-Promotor:

Prof. Dr. Ir. HM. Taufik Toha, DEA.

Co-Promotor:

Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T.

**PROGRAM STUDI DOKTORAL ILMU TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal disertasi. Usulan disertasi ini berjudul “Analisis Energi Bangunan *Green Building* Terhadap Penggunaan AC (*Air Conditioner*) Dalam Rangka Konservasi Energi Listrik.”. Untuk itu, setiap kritik dan saran yang bersifat positif akan diterima dengan segala kerendahan hati dan lapang dada, karena hal ini merupakan suatu langkah untuk peningkatan kualitas diri dan juga pembekalan pengetahuan di masa yang akan datang.

Selain ucapan terima kasih kepada Allah SWT. yang telah memberikan kesempatan bagi penulis, tak lupa pula ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditunjukkan bagi semua pihak yang telah membantu jalannya usulan disertasi ini, mulai dari pelaksanaan hingga selesainya usulan disertasi ini, yaitu antara lain :

1. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IP-M. selaku promotor. Prof. Dr. Ir. HM. Taufik Toha, DEA. selaku co-promotor dan Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T. selaku co-promotor yang telah banyak memberikan bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam menulis usulan disertasi ini.
2. Prof. Dr. Taufiq Marwa, SE. M.Si. selaku Rektor Universitas Sriwijaya. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IP-M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T. selaku Kepala Program Studi S3 Ilmu Teknik Universitas Sriwijaya beserta Karyawan dan Staff Program Studi S3 Ilmu Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Teman-teman Program Studi S3 Ilmu Teknik 2022 yang tak bisa diucapkan satu per satu.
4. Istri dan Anak tercinta yang menjadi sumber semangat, terima kasih juga atas doa, usaha dan dukungan yang telah diberikan.

Demikian, penulis berharap semoga usulan disertasi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis pribadi dan bagi Program Studi Doktoral Ilmu Teknik di Universitas Sriwijaya.

Palembang, September 2025

Penulis

Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
1. Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Ruang Lingkup.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
2. Tinjauan Pustaka.....	4
2.1. <i>Green Building</i>	4
2.1.1. Tinjauan Khusus Utilitas Bangunan Tinggi.....	5
2.1.2. Teknik Optimasi Desain AC (Air Conditioner).....	8
2.1.2.1. Hilangnya Kelembaban Dan Konsumsi Energi AC.....	8
2.1.2.2. Kendala Dalam Desain AC (Air Conditioner).....	9
2.1.2.3. Fungsi Objektif Pada Optimasi Desain AC (Air Conditioner).....	10
2.1.3. Kriteria <i>Green Building</i>	10
2.2. Asimilator Karbon.....	12
2.3. Spesifikator AC (<i>Air Conditioner</i>).....	14
2.4. Pemodelan Termodinamik.....	18
2.4.1. Indikator Energi Untuk AC (Air Conditioner).....	18
2.4.2. Jenis Tanda Energi Yang Digunakan Dalam AC (Air Conditioner)..	19
2.4.2.1. Sistem Siklus Terbalik Pada AC (Air Conditioner).....	19
2.4.2.2. Pra-Pendinginan.....	20
2.4.2.3. Pendinginan Bebas.....	20
2.5. <i>Vertical Garden</i>	20
2.6. Pengaruh <i>Vertical Garden</i> Terhadap Lingkungan.....	25
2.7. Kajian Preseden <i>Green Building</i>	27
2.7.1. Suhu (<i>Temperature</i>).....	27

2.7.2. Kelembaban (<i>Humidity</i>).....	27
2.7.3. <i>Human Comfort</i>	28
2.7.4. Indeks Kenyamanan Termal Menurut Temperatur Efektif (<i>Te</i>).....	30
2.7.5. Gandom Office Building (Iran).....	31
2.7.6. Unilever Headquarters (Jakarta, Indonesia).....	32
2.7.7. Green Office Park (GOP) 9 BSD City, Jakarta, Indonesia.....	34
2.7.8. The Khabele School (Austin, Texas).....	35
2.7.9. Rancangan Skematik Detail Bangunan.....	35
2.8. Konservasi Energi (<i>Energy Conservation</i>).....	47
2.8.1. Tren Konsumsi Energi Pada Sektor Perumahan.....	48
2.8.2. Konsumsi Energi Listrik Per Sektor, Region dan Kapita.....	50
2.8.3. Permintaan Energi Listrik.....	52
2.8.3.1. Permintaan Konsumsi Listrik Nasional per Sektor.....	54
2.8.3.2. Permintaan Konsumsi Listrik per Region.....	55
2.8.3.3. Permintaan Kapasitas Pembangkit Listrik.....	55
2.8.3.4. Permintaan Kapasitas Pembangkit Listrik per Region.....	57
2.8.3.5. Permintaan Produksi Listrik.....	58
2.8.3.6. Permintaan Konsumsi Listrik per Kapita Sebagai Indikator Energi.....	59
2.7.3.7. Proyeksi Permintaan Pembangkit Listrik.....	60
2.8.4. Konservasi Energi dan Perubahan Perilaku.....	61
2.8.5. Penerapan Startegi Konservasi Energi.....	66
3. Rencana Metodologi Penelitian.....	69
3.1. Studi Literatur.....	69
3.2. Alat Penelitian.....	69
3.2.1. Termometer Ruangan.....	69
3.2.2. Alat Ukur Kelembaban.....	70
3.3. Alur Penelitian.....	70
3.2.1. Langkah I.....	72
3.2.2. Langkah II.....	72
3.2.3. Langkah III.....	73

3.2.4. Langkah IV.....	73
4. Analisa dan Pembahasan.....	74
4.1. Pengaruh Posisi Penanaman Terhadap Keberhasilan Tumbuh Tanaman Lee Kwan Yew.....	74
4.2. Pengaruh Vertical Garden (Lee Kwan Yew) Terhadap Lingkungan Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum, Palembang, Indonesia.....	76
4.3. Hubungan Antara Tanaman Lee Kwan Yew Terhadap Panas (Thermanl) dan Kelembaban (Humidity) Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia.....	77
4.4. Hubungan Antara Suhu Substrat (Substrat Temperature), Suhu Kontrol Dinding (CW Temperature) dan Kelembaban (Humidity) Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew dan Air Conditioner (AC) (Ruang 2).....	81
4.5. Hubungan Antara Suhu Ambien (Ambience Temperature) Dengan Suhu Substrat (Substrats Temperature) Pada Gedung Kopitiam X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew dan Air Conditioner (AC) (Ruang 2).....	82
4.6. Hubungan Antara Suhu Ambien (Ambience Temperature), Suhu Substrat (Substrats Temperature) dan Kelembaban (Humidity) Pada Gedung Kopitiam X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Dengan Tanaman Lee Kwan Yew dan Air Conditioner (AC) (Ruang 1).....	85
4.7. Hubungan Antara Suhu Substrat (Substrats Temperature), Suhu Control Wall (CW Temperature) dan Kelembaban (Humidity) Pada Gedung Kopitiam X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Dengan Tanaman Lee Kwan Yew Tanpa Air Conditioner (AC) (Teras Ruang 1).....	87
4.8. Hubungan Antara Arus Listrik, Tegangan Listrik dan Daya Listrik Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	90
4.9. Hubungan Antara Arus Listrik, Tegangan Listrik dan Daya Listrik Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew.....	92

4.10. Hubungan Antara Arus Listrik, Tegangan Listrik dan Daya Listrik Terhadap Penggunaan Kipas Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	93
4.11. Hubungan Antara Arus Listrik, Tegangan Listrik dan Daya Listrik Terhadap Penggunaan Kipas Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew.....	95
4.12. Hubungan Antara Daya Listrik Dengan Temperatur Ambien Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	97
4.13. Hubungan Antara Daya Listrik Dengan Temperatur Ambien Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew.....	98
4.14. Hubungan Antara Daya Listrik Dengan Temperatur Ambien Terhadap Penggunaan Kipas Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	100
4.15. Hubungan Antara Daya Listrik Dengan Temperatur Ambien Terhadap Penggunaan Kipas Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew.....	102
4.16. Konservasi Energi Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	104
5. Kesimpulan Dan Saran.....	106
5.1. Kesimpulan.....	108
5.2. Saran.....	

Daftar Pustaka

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema AC Direct Cooling.....	7
Gambar 2.2. Skema AC Indirect Cooling	7
Gambar 2.3. Kategori dari Emisi	13
Gambar 2.4. Implementasi Komponen Lingkungan Hidup Sektor Transportasi dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap	14
Gambar 2.5. Efek Seebeck	15
Gambar 2.6. Thermoelectric Module	16
Gambar 2.7. Prinsip Modul Termoelektrik.....	16
Gambar 2.8. Tanaman Rambat <i>Epipremnum aureum</i> (Sirih Gading).....	20
Gambar 2.9. Tanaman Merambat <i>Vernonia Elliptica</i> (Lee Kwan Yew).....	21
Gambar 2.10. Pola Pertumbuhan Tanaman Lee Kwan Yew.....	23
Gambar 2.11. Detail Tanaman Merambat <i>Vernonia Elliptica</i> (Lee Kwan Yew....	24
Gambar 2.12. Contoh <i>Vertical Garden</i> Pada Gedung Tinggi.....	26
Gambar 2.13. Grafik Effective Temperature.....	31
Gambar 2.14. Gandom Office Building (Iran).....	32
Gambar 2.15. Unilever Headquarters (Jakarta, Indonesia) dan Daerah Bangunan Unilever Headquarters.....	33
Gambar 2.16. 3D Green Office Park (GOP) 9.....	34
Gambar 2.17. Sistem Teknologi <i>Naava Smart Green Walls</i>	35
Gambar 2.18. Detail Green Façade.....	36
Gambar 2.19. Green Wall.....	37
Gambar 2.20. Desain Vertical Greenery System Dengan Tipe Green Façade (kiri) dan Desain Vertical Greenery System Dengan Tipe Green Wall (kanan).....	38
Gambar 2.21. Klasifikasi Dinding Hijau Sesuai Dengan Karakteristik Konstruksinya.....	38
Gambar 2.22. Fasad Hijau Langsung. Rumah Pribadi, Golega, Portugal.....	39
Gambar 2.23. Fasad Hijau Tidak Langsung.....	40
Gambar 2.24. Sistem Dinding Hidup Berkelanjutan, Caixa Forum, Madrid, Juni 2013.....	41

Gambar 2.25. Modular Living Wall System, Natura Tower, Lisbon, August 2012.....	42
Gambar 2.26. Living Walls System Lanjutan.....	43
Gambar 2.27. Modular Living Walls System.....	44
Gambar 2.28. Modular Living Walls Dengan Tanaman Yang Dapat Dikonsumsi.....	45
Gambar 2.29. Konsumsi Energi Residensial dan Komersial Ditampilkan Sebagai Persentase Konsumsi Energi Nasional 2012.....	49
Gambar 2.30. Konsumsi Energi Di Perumahan Sektor 2011.....	50
Gambar 2.31. Konsumsi Listrik Perumahan di Malaysia (ktoe).....	50
Gambar 2.32. Konsumsi Listrik per Sektor Tahun 2012-2021.....	51
Gambar 2.33. Konsumsi Listrik per Region Tahun 2021.....	52
Gambar 2.34. Konsumsi Listrik per Kapita Tahun 2016-2021.....	52
Gambar 2.35. Elastisitas Energi Indonesia Tahun 2012-2021.....	53
Gambar 2.36. Konsumsi Energi Final per Sektor Tahun 2012-2021.....	54
Gambar 2.37. Permintaan Energi Listrik Nasional per Sektor.....	54
Gambar 2.38. Konsumsi Energi Listrik per Region.....	55
Gambar 2.39. Kapasitas Pembangkit Listrik per Skenario.....	56
Gambar 2.40. Kapasitas Pembangkit EBT per Skenario.....	56
Gambar 2.41. Kapasitas Pembangkit Listrik per Region.....	57
Gambar 2.42. Kapasitas Pembangkit EBT per Region.....	58
Gambar 2.43. Produksi Listrik per Jenis Energi.....	59
Gambar 2.44. Produksi Listrik dari Pembangkit EBT.....	59
Gambar 2.45. Konsumsi Listrik per Kapita.....	60
Gambar 2.46. Proyeksi Permintaan Pembangkit Listrik per Jenis Energi Tahun 2021-2023.....	61
Gambar 2.47. Proyeksi Permintaan Kapasitas Pembangkit Listrik per Region....	61
Gambar 2.48. Emisi CO ₂ dari Pembakaran Bahan Bakar.....	62
Gambar 2.49. Emisi Karbon Kedua Skenario.....	62
Gambar 2.50. Emisi GRK per Kapita.....	63
Gambar 2.51. Proyeksi Emisi Energi per Sektor Tahun 2021-2023.....	65
Gambar 2.52. Proyeksi Emisi Energi per Region Tahun 2021-2023.....	66

Gambar 3.1. Termometer Digital Ruangan.....	70
Gambar 3.2. Thermorecorder.....	70
Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian.....	71
Gambar 3.4. Ilustrasi Arah Matahari Terhadap Gedung Dengan Ukuran 1 m ³ Tebal Dinding ½ Bata.....	72
Gambar 3.5. Ilustrasi Arah Matahari Terhadap Gedung Dengan Ukuran 1 m ³ Tebal Dinding 1 Bata.....	73
Gambar 4.1. Dokumentasi Perletakan Tanaman Lee Kwan Yew Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia.....	77
Gambar 4.2. Dokumentasi Tampak Depan Tanaman Lee Kwan Yew Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia...	77
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Antara Suhu (Temperatur) Dengan Dinding 1 Dan Kontrol Dinding.....	78
Gambar 4.4. Kondisi Ruang 1 Bagian Dalam (Sebelah Kiri) dan Bagian Luar (Sebelah Kanan).....	78
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Antara Suhu (Temperatur) Dengan Dinding Dalam dan Kontrol Dinding 2.....	80
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Antara Suhu Ruang 1 dan Suhu Ruang 2.....	80
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Temperatur Ambien dan Ruang.....	80
Gambar 4.8. Kondisi Ruang 2 Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew & AC.....	81
Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Temperatur Substrat ruang 2 & CW Ruang 2..	82
Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Temperatur Substrat ruang 2 & Ambien Ruang 2.....	84
Gambar 4.11. Dokumentasi Perbandingan Temperatur Substrat Ruang 2 & Ambien Ruang 2.....	84
Gambar 4.12. Grafik Perbandingan Suhu Ambien Ruang 1 dan Suhu Substrat Ruang 1.....	86
Gambar 4.13. Dokumentasi Perbandingan Suhu Ambien Ruang 1 dan Suhu Substrat Ruang 1 Pada Tanaman Lee Kwan Yew.....	87
Gambar 4.14. Dokumentasi Perbandingan Suhu Ambien Ruang 1 dan Suhu Substrat Ruang 1.....	87

DAFTAR TABEL

2.1. Tabel Persentase Rata-rata Keberhasilan Tumbuh Tanaman Lee Kwan Yew (<i>Vermonia Elliptica</i>) Akibat Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh.....	22
2.2. Tabel Persentase Rata-rata Jumlah Tunas Tanaman Lee Kwan Yew (<i>Vermonia Elliptica</i>) Akibat Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh.....	23
2.3. Tabel Persentase Rata-rata Panjang Akar dan Jumlah Akar Tanaman Lee Kwan Yew (<i>Vermonia Elliptica</i>) Akibat Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh.....	24
2.4. Tabel Standar Kenyamanan SNI 03-6572-2001.....	28
2.5. Tabel Indikator Energi per Skenario.....	63
2.6. Tabel Proyeksi Energi Regional Tahun 2032 Skenario BaU.....	64
2.7. Tabel Proyeksi Energi Regional Tahun 2032 Skenario OPT.....	65
4.1. Tabel Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh Pada Persentase Rata-Rata Keberhasilan Tumbuh Tanaman Lee Kwan Yew (<i>Vermonia Elliptica</i>).....	75
4.2. Tabel Pengaruh Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh Pada Persentase Rata-Rata Jumlah Tunas Tanaman Lee Kwan Yew (<i>Vermonia Elliptica</i>).....	75
4.3. Tabel Persentase Panjang dan Jumlah Akar Rata-Rata Tanaman Lee Kwan Yew (<i>Vermonia Elliptica</i>) Karena Posisi Penanaman dan Zat Pengatur Tumbuh.....	75
4.4. Tabel Perbandingan Rata-Rata Suhu Dengan Kelembaban Per Hari Di Bagian Luar Bangunan.....	78
4.5. Tabel Perbandingan Rata-Rata Suhu Dengan Kelembaban Per Hari Di Bagian Dalam Ruangan.....	79
4.6. Tabel Perbandingan Rata-rata Suhu (Temperature) Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew (CW Ruang 2 dan Substrat Ruang 2).....	82

4.7. Tabel Perbandingan Rata-rata Suhu (Temperature) Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew (Ambien Ruang 2 dan Substrat Ruang 2).....	84
4.8. Tabel Perbandingan Rata-rata Suhu (Temperature) Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Dengan Tanaman Lee Kwan Yew dan Air Conditioner (AC) (Ambien Ruang 1 dan Substrat Ruang 1).....	86
4.9. Tabel Perbandingan Rata-rata Suhu (Temperature) Pada Gedung Kopitiam dan X.O Suki Dimsum Palembang, Indonesia Dengan Tanaman Lee Kwan Yew Tanpa Air Conditioner (AC) (CW Ruang 1 dan Substrat Ruang 1).....	89
4.10. Tabel Hubungan Antara Arus Listrik, Tegangan Listrik dan Daya Listrik Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	90
4.11. Tabel Hubungan Anantara Arus Listrik, Tegangan Listrik dan Daya Listrik Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew.....	92
4.12. Tabel Hubungan Antara Arus Listrik, Tegangan Listrik dan Daya Listrik Terhadap Penggunaan Kipas Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	94
4.13. Tabel Hubungan Antara Arus Listrik, Tegangan Listrik dan Daya Listrik Terhadap Penggunaan Kipas Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew.....	96
4.14. Tabel Hubungan Antara Daya Listrik Dengan Temperatur Ambien Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	98
4.15. Tabel Hubungan Antara Daya Listrik Dengan Temperatur Ambien Terhadap Penggunaan AC (Air Conditioner) Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew.....	99

4.16. Tabel Hubungan Antara Daya Listrik Dengan Temperatur Ambien Terhadap Penggunaan Kipas Dengan Tanaman Lee Kwan Yew.....	
4.17. Tabel Hubungan Antara Daya Listrik Dengan Temperatur Ambien Terhadap Penggunaan Kipas Tanpa Tanaman Lee Kwan Yew.....	103

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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.”

1.2. Rumusan Masalah

- 1.2.1. Bagaimana pengaruh kondisi temperature *Green Building* yang disebabkan oleh arah gedung, ketebalan dinding dan tanaman hijau yang merambat?
- 1.2.2. Bagaimana hubungan antara temperature dengan energi konservasi AC (*Air Conditioner*)?
- 1.2.3. Apa saja manfaat dari konservasi energy dan asimilasi karbon pada *Green Building* yang terserap oleh tanaman hijau merambat?

1.3. Tujuan Penelitian

- 1.3.1. Menganalisis variabel tebal dinding *Green Building* dan arah matahari untuk mengetahui pengaruhnya terhadap temperatur ruangan.
- 1.3.2. Menganalisis pengaruh variabel tebal dinding dan jenis tanaman terhadap konservasi energy AC.
- 1.3.3. Menganalisis manfaat *Green Building* sebagai isolator dan assimilator karbondioksida (CO₂).

1.4. Ruang Lingkup

- 1.4.1. Analisis variabel pengaruh arah matahari, ketebalan dinding dan *Green Building* (jenis tanaman hijau merambat Sirih Gading) terhadap temperaturnya.
- 1.4.2. Analisis kemampuan energi penggunaan AC terhadap teknik, ekonomi dan lingkungan.
- 1.4.3. Analisis penggunaan tanaman merambat untuk *Green Building*.
- 1.4.4. Melakukan eksperimen skala laboratorium pengaruh tebal dinding, arah matahari dan *Green Building*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mengurangi penggunaan AC terhadap gedung yang dapat mengurangi globalisasi pada gedung seperti pemanfaatan dalam tanaman hijau merambat sebagai pengurangan efek termal yang diakibatkan menipisnya lapisan ozon (O₃) yang dapat menyebabkan globalisasi pada bumi. Penambahan tumbuhan hijau disekitar gedung tidak hanya memberikan kesan

estetik namun menjadikan tumbuhan tersebut sebagai media pertukaran reaksi kimia antara karbon monoksida/dioksida dengan oksigen. Hal ini merupakan salah satu cara yang dapat dijadikan solusi dalam efisiensi penggunaan tumbuhan atau tanaman hijau pada bangunan gedung.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun rencana sistematika penulisan dari proposal thesis yang berjudul Analisis Energi Bangunan Gedung Terhadap Penggunaan Ac (*Air Conditioner*) Dalam Rangka Konservasi Energi Listrik ini terdiri dari lima bab, sebagai berikut:

1. Pendahuluan
2. Tinjauan pustaka
3. Rencana metodologi penelitian
4. Rencana penelitian
5. Daftar pustaka

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, *Agrucultural 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 Fasilitasi 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 Confrence on Science Engineering and Technologi. 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 Technologi. Pekan Baru, 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., Kwoh, 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 and Comfort Chifley Passive House : A Case Study in Energy Efficiency and Comfort 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 Pro 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 Resear*
(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 Kenyaman 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: 1 .
<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.
- [58] Fujioka, R., L. Pang Wang, G. Dodbiba, and T. Fujita. 2013. Application of progressive freeze concentration for desalination. *Desalination*, 319 33–37.
- [59] Heuvelink, E., and M. Dorais. 2012. chapter 4, (ed. By Heuvelink E.), “TOMATOES”, CABI Pub., USA, pp.85-144.

- [60] Kozai, T. 2013. Background, Challenges and Trends in Plant Factory, Refrigeration, 88, pp.3-10 (in Japanese).
- [61] Matsuo, S., R. Fujioka, L. P. Wang, K. Okaya, and T. Fujita. 2011. Energy saving of air-conditioning system in greenhouse using evaporation heat of desalting system in irrigation water under arid climate. Proc. Int. Symposium of Resource Recycling, Kaohsiung, Taiwan pp.668-671.
- [62] Okazaki, A. , Pat J. -F. Yeh., K. Yoshimura, M. Watanabe, M. Kimoto, and T. Oki. 2012. Changes in Flood Risk under Global Warming Estimated Using MIROC5 and the Discharge Probability Index. Journal of the Meteorological Society of Japan, 90: 509-524.
- [63] Matsuo, S., Suzuki, M., Iwasaki, Y., Fujita, T., and Umeda, U. 2015. The Optimum Air-Conditioning System Design Of Water-Saving Greenhouse And Its Effects On Growth In Plants. Agric Eng Intl: CIGR Journal Japan, 133-140.
- [64] Abas, A.E., Mahlia, T.M., 2018. Development of energy labels based on consumer perspective: Room air conditioners as a case study in brunei darussalam. Energy Rep. 4, 671–681. A.
- [65] Chen, W.H., Mo, H.E., Teng, T.P., 2018. Performance improvement of a split air conditioner by using an energy saving device. Energy Build. 174, 387.
- [66] Andrade, A., Restrepo, A., Tibaquirá, J.E., 2019. A comprehensive review of using cooling seasonal performance factor (CSPF) compared to energy efficiency ratio (EER) for air conditioning equipment in Colombia. In: ECOS 2019- Proceedings of the 32nd International Conference on

Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Wroclaw, pp. 979–997.

- [67] Serrato, D., Andrade, A., Restrepo, A., Tibaquirá, J., 2019. Experimental assessment of an air – conditioning prototype working with HC-290 under different refrigerant load conditions. In: ECOS 2019- Proceedings of the 32nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Wroclaw, pp. 1147–1162.
- [68] Yoon, M.S., Lim, J.H., Qahtani, T.S., Nam, Y., 2018. Experimental study on comparison of energy consumption between constant and variable speed airconditioners in two different climates. In: ACRA 2018-9th Asian Conference on Refrigeration and Air-Conditioning.
- [69] Khammayon, N., Maruyama, N., Chauchana, C., 2020. Simplified Model Of Cooling/Heating Load Prediction For Various Air-Conditioned Room Types. Energy Rep. 6, 344-351.
- [70] Kara;li, N., Shah, N., Park, W.Y., Khanna, N., Ding, C., Lin, J., Zhou, N., 2020. Improving The Energy Efficiency Of Room Air Conditioners In China: Costs And Benefits. Appl. Energy 258, 114023.
- [71] Lim, J., Yoon, M.S., Al-Qahtani, T., Nam, Y., 2019. Feasibility Study On Variable-Speed Air Conditioner Under Hot Climate Based On Real-Experiment And Energy Simlation. Energies 12 (1489).
- [72] Hitchin, R., Knight, I., 2015. Daily Energu Consumption Signatures And Control Charts For Air-Conditioned Buildings. Elsevier Journal, Energy and Buildings 112 (2016) 101-109.

- [73] Mastrucci, A., Byers, E., Pachauri, S., Rao, N.D., 2019. Improving The SDG Energy Poverty Targets: Residential Cooling Needs In The Global South. *Energy & Buildings* 405-415.
- [74] Faiella, I., Lavecchia, A., 2019. Chapter 6: Energy Poverty Indicators. In: Fabbi, Kristian (Ed), *Urban Fuel Poverty*, First ed. Elsevier, United Kingdom, PP. 127-141.
- [75] Phoumin, H., Kimura, F., 2019. The Impacts Of Energy Insecurity On Houshold Welfare In Cambodia: Empirical Evidience and Policy Implications. *Economics Modelling* 82, 35-41.
- [76] Pizer, W.P., Sexton, S., 2019. The Distributional Impacts of Energy Taxes. *Review Of Environmental Economics And Policy* 13 (1), 104-123.
- [77] World Bank, 2019. More People Have Access to Electricity than Ever before, but World Falling Short of Sustainable Energy Goals. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/05/22/tracking-sdg7-the-energy-progress-report-2019>.
- [78] Avgoustaki, D.D.; Xydis, G. Plant factories in the water-food-energy Nexus era: A systematic bibliographical review. *Food Secur.* 2020, 12, 253–268.
- [79] Ghimire, S.R.; Johnston, J.M.; Garland, J.; Edelen, A.; Cissy, X.; Jahne, M. Life cycle assessment of a rainwater harvesting system compared with an AC condensate harvesting system. *Resour. Conserv. Recycl.* 2019, 536–548.
- [80] Amani, M.; Foroushani, S.; Sultan, M.; Bahrami, M. Comprehensive review on dehumidification strategies for agricultural greenhouse applications. *Appl. Therm. Eng.* 2020, 181, 115979.

- [81] Pacak, A.; Jedlikowski, A.; Karpuk, M.; Anisimov, S. Analysis of power demand calculation for freeze prevention methods of counter-flow heat exchangers used in energy recovery from exhaust air. *Int. J. Heat Mass Transf.* 2019, 133, 842–860.
- [82] Canales, F.A.; Gwo 'zdziej-Mazur, J.; Jadwiszczak, P.; Struk-Sokołowska, J.; Wartalska, K.; Wdowikowski, M.; Ka 'zmierzak, B. Long-term trends in 20-day cumulative precipitation for residential rainwater harvesting in Poland. *Water* 2020, 12, 1932.
- [83] ASHRAE. (2019). ANSI/ASHRAE Standard 37-2009 (RA 2019). Methods of Testing for Rating Electrically Driven Unitary Air-Conditioning and Heat Pump Equipment. American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers.
- [84] Cheng, L., Dhillon, P., Horton, W. T., & Braun, J. E. (2021). Automated laboratory load-based testing and performance rating of residential cooling equipment. *International Journal of Refrigeration*, 123, 124–137. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.11.016>.
- [85] CSA. (2019). CSA EXP07:19 Load-based and climate-specific testing and rating procedures for heat pumps and air conditioners.
- [86] Dhillon, P., Horton, W. T., & Braun, J. E. (2021a). Load-Based Testing Methodology for Evaluating Advanced Heat Pump Control Design IEA Heat Pump Conference.
- [87] Dhillon, P., Horton, W. T., & Braun, J. E. (2021b). Demonstration of a Load-Based Testing Methodology for Rooftop Units with Integrated

Economizers. International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Paper 2521.

[88] Dhillon, P., Welch, D., Butler, B., Horton, W. T., & Braun, J. E. (2021c).

Validation of a Load-Based Testing Method for Characterizing Residential Air-Conditioner Performance. International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Paper 210073.

[89] Hjortland, A. L., & Braun, J. E. (2019). Load-based testing methodology for

fixed-speed and variable-speed unitary air conditioning equipment.

Science and Technology for the Built Environment, 25(2), 233–244.

<https://doi.org/10.1080/23744731.2018.1520564>.

[90] Ma, J., Dhillon, P., Horton, W. T., & Braun, J. E. (2021). Heat-Pump Control

Design Performance Evaluation using Load-Based Testing. International

Refrigeration and Air Conditioning Conference, Paper 2520.

[91] Waheed, S.R., Adnan, M.M., Suaib, N.M., Rahim, S.M., 2019. Fuzzy Logic

Controller For Classroom Air Conditioner. International Laser Technology

And Optics Symposium. Journal Of Physics: Conference Series. IOP

Publishing. 1484 (2020) 012018.