

**TATA VEGETASI HORIZONTAL SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN
KUALITAS TERMAL UDARA PADA LINGKUNGAN PERUMAHAN
DI MALANG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh:

AHMAD ZAKKISIROJ

NIM. 0710653030

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

**TATA VEGETASI HORIZONTAL SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN
KUALITAS TERMAL UDARA PADA LINGKUNGAN PERUMAHAN
DI MALANG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:
AHMAD ZAKKISIROJ
NIM. 0710653030

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Ir. Damayanti Asikin, MT.Ars
NIP. 19681028 199802 2 001

Dosen Pembimbing II

Ir. Rr. Haru Agus Razziati, MT
NIP. 19511220 198303 2 002

**TATA VEGETASI HORIZONTAL SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN
KUALITAS TERMAL UDARA PADA LINGKUNGAN PERUMAHAN
DI MALANG**

Disusun oleh:

AHMAD ZAKKISIROJ

NIM. 0710653030

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

tanggal 22 Agustus 2014

DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I

Dosen Peguji II

Agung Murti Nugroho, ST., MT., PhD
NIP. 19740915 200012 1 001

Ir. Rinawati P. Handajani, MT
NIP. 19660814 199103 2 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Arsitektur

Agung Murti Nugroho, ST., MT., PhD
NIP. 19740915 200012 1 001

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya, yang tersebut di bawah ini:

Nama : AHMAD ZAKKISIROJ

NIM : 0710653030-65

Judul Skripsi : **Tata Vegetasi Horizontal Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas
Termal Udara Pada Lingkungan Perumahan Di Malang**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya, bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam hasil karya Skripsi saya, baik berupa naskah maupun gambar tidak terdapat unsure-unsur penjiplakan karya Skripsi yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, serta tidak terdapat karya atau pendapat orang lain yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata terdapat unsure-unsur penjiplakan yang dapat dibuktikan di dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima pembatalan atas Skripsi dan gelar Sarjana Teknik yang telah diperoleh serta menjalani proses peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU. No20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 Pasal 70).

Malang, 4 September 2014

Yang membuat pernyataan,

Ahmad Zakkisiroj

NIM. 0710653030-65

Tembusan:

1. Kepala Laboratorium Dokumentasi dan Tugas Akhir Jurusan Arsitektur FTUB
2. Dosen pembimbing Skripsi yang bersangkutan
3. Dosen Penasehat Akademik yang bersangkutan

RINGKASAN

Ahmad Zakkisiroj, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2014, *Tata Vegetasi Horizontal Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Termal Udara Pada Lingkungan Perumahan*. Dosen Pembimbing: Ir. Damayanti Asikin, MT dan Ir. Rr. Haru Agus Razziati, MT.

Kenyamanan termal merupakan salah satu kebutuhan manusia terhadap kondisi fisik di sekitarnya agar merasa nyaman dalam menjalankan aktivitas. Pada wilayah khatulistiwa, Lippsmeir (1994) mengemukakan bahwa batas kenyamanan udara adalah pada suhu $22,5^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$ dengan kelembapan antara 20% – 50%. Di Kota Malang, pada 2012, tercatat bahwa suhu tertinggi harian mencapai $32,6^{\circ}\text{C}$ dan suhu terendah mencapai $14,2^{\circ}\text{C}$. Salah satu penyebab tingginya suhu maksimum tersebut adalah fenomena Urban Heat Island, yang merupakan dampak pembangunan kota, dimana lahan terbuka hijau banyak beralih fungsi menjadi bangunan. Untuk mengatasi masalah tersebut, terkait kenyamanan termal dan RTH, dalam hal ini peran vegetasi dalam menurunkan suhu, maka dilakukan beberapa penelitian sebelumnya oleh Rahwuli (2013) dan Luddityawan (2014) dengan menggunakan tanaman produktif, yakni sayur dan TOGA sebagai penerapan konsep sustainability, yang diaplikasikan dengan penataan vertikal sebagai sistem pendingin udara pada bangunan rumah tinggal.

Mengacu pada 2 penelitian tersebut, penelitian terhadap penggunaan tata vegetasi horizontal sebagai upaya meningkatkan kualitas termal bangunan dan lingkungan sekitarnya ini dilakukan agar dapat menjadi alternatif untuk mengatasi masalah kenyamanan termal dan kurangnya RTH di wilayah perkotaan, khususnya perumahan. Melalui pengukuran dan analisa terhadap suhu, kelembapan, kadar karbondioksida dan oksigen pada udara, diperoleh penataan vegetasi yang efektif dalam meningkatkan kualitas termal udara.

Kata kunci: tata vegetasi, kenyamanan termal, kualitas udara, bangunan perumahan



SUMMARY

Ahmad Zakkisiroj, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Brawijaya University, August 2014, Horizontal Vegetation Arrangement as an Effort to Improve Air Thermal Quality on Residential Neighborhood in Malang. Supervisor: Ir. Damayanti Asikin, MT and Ir. Rr. Haru Agus Razziati, MT.

Thermal comfort is one of the human need on surrounding physical conditions to provide convenient feeling in activities. In equatorial territories, Lippesmeir (1994) suggested the limit of thermal comfort at a temperature range of 22.5°C – 29°C with humidity between 20% – 50%. In Malang, in 2012 noted that daily highest temperature reaches 32.6°C and the lowest temperature reached 14.2°C. One of the phenomena that caused high temperature is the Urban Heat Island phenomenon which is a result of city development, where green spaces converted into buildings. To overcome these problems, researches done by Rahwuli (2013) and Luddityawan (2014) using productive plants, such as vegetables and herbs as the application of sustainability concept, applied to a vertical arrangement as an air conditioning systems in residential building.

Referenced to those studies, horizontal vegetation arrangement, as an effort to improve thermal quality of building and surrounding environment, could be used as an alternative to overcome thermal comfort and the lack of green space problems in urban areas, particularly housing. Through measuring and analyzing the temperature, humidity, carbon dioxide and oxygen levels in the air, the effective arrangement of vegetation in improving the thermal quality of the air can be found.

Keywords: vegetation arrangement, thermal comfort, air quality, residential building



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan segala rahmat-Nyalah penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik, sebagai langkah untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik.

Proses panjang ini tidak bisa dilalui tanpa dukungan doa, semangat, dan perhatian yang tiada henti dari Ibu dan Bapak dosen dan semua pihak yang berkaitan.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Agung Murti Nugroho, ST., MT., PhD. sebagai Kepala Jurusan Arsitektur FT-UB ketika skripsi ini disusun sekaligus selaku Dosen Pengaji 1, atas segala waktu, bimbingan, kerjasama dan arahannya yang sangat membantu dalam proses penelitian skripsi ini.
2. Ibu Ir. Damayanti Asikin, MT. sebagai Dosen Pembimbing I atas segala diskusi, kerjasama, serta arahannya yang sangat berarti dalam menyelesaikan proses pengerjaan laporan skripsi ini.
3. Ibu Ir. Rr. Haru Agus Razziati, MT. sebagai Dosen Pembimbing II sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik atas masukan dan arahan yang juga turut membimbing dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.
4. Ibu Ir. Rinawati P. Handajani, MT. sebagai Kepala Laboratorium Studio Skripsi dan selaku Dosen Pengaji 2 atas kritik maupun masukan untuk kesempurnaan laporan skripsi ini.
5. Teman-teman satu angkatan 2007, terutama rekan-rekan sayap kanan yang selalu menemani dalam proses penyusunan laporan skripsi ini.
6. Seluruh Staf Pengajar dan Pegawai Tata Usaha di lingkungan Jurusan Arsitektur FT-UB.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan laporan skripsi ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua terlebih pada lingkup studi arsitektur, khususnya di Universitas Brawijaya.

Malang, 4 September 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.1.1. Penggunaan Lahan di Kecamatan Lowokwaru	4
1.1.2. Kualitas Lingkungan Bangunan Perumahan	4
1.1.3. Tata Vegetasi dengan Tanaman Produktif sebagai Pendingin Udara Alami	5
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Rumusan Masalah	7
1.4. Batasan Masalah	7
1.5. Tujuan	8
1.6. Manfaat dan Kegunaan	8
1.7. Kerangka Pemikiran	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Tinjauan Umum Kota Malang	12
2.1.1. Tinjauan Kecamatan Lowokwaru	12
2.1.2. Iklim Kota Malang	13
2.2. Ruang Terbuka Hijau	15
2.3. Kualitas Rumah Sehat	16
2.3.1. Kebutuhan Kesehatan dan Kenyamanan	19

2.4. Kenyamanan Termal	20
2.5. Evapotranspirasi Tanaman	22
2.6. Tinjauan Umum Tata Vegetasi sebagai Elemen Luar	23
2.6.1. Karakteristik Tanaman dalam Pembentukan Ruang	25
2.7. Tinjauan Tanaman Produktif (Sayur dan Tanaman Obat Keluarga)	27
2.7.1. Tanaman Sayur dan TOGA pada Lingkungan Rumah Tinggal	27
2.7.2. Tinjauan Umum Tanaman Kumis Kucing	28
2.7.3. Tinjauan Umum Tanaman Bayam Merah	29
2.8. Penelitian Terdahulu	30
 BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1. Pendekatan dan Jenis Penelitian	32
3.2. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data	32
3.3. Populasi dan Sampel Penelitian	33
3.4. Variabel Penelitian	35
3.4.1. Definisi Operasional Variabel Penelitian	35
3.5. Tahapan, Alat, Lokasi dan Waktu Penelitian	36
3.5.1. Tahapan Penelitian	36
3.5.2. Alat Ukur	36
3.5.3. Lokasi Pengukuran	38
3.5.4. Waktu dan Metode Pengukuran	40
3.6. Analisis Data	41
3.7. Metode Penelitian	43
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Iklim Keadaan Lingkungan Objek Penelitian	44
4.2. Pengukuran Suhu dan Kelembapan pada Objek Penelitian	47
4.2.1. Pengukuran Suhu dan Kelembapan pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing	53
4.2.2. Pengukuran Suhu dan Kelembapan pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)	73
4.2.3. Analisa Data Hasil Pengukuran Suhu pada Objek Penelitian	93
4.2.4. Analisa Data Hasil Pengukuran Kelembapan pada Objek Penelitian	100
4.3. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian	107

4.3.1. Pengukuran CO ₂ dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing	109
4.3.2. Pengukuran CO ₂ dengan Penataan Tanaman Bayam Merah (Ingler).....	115
4.3.3. Analisis Data Hasil Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian	120
4.4. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian	122
4.4.1. Pengukuran Kadar O ₂ dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing	123
4.4.2. Pengukuran Kadar O ₂ dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)..	128
4.4.3. Analisis Data Hasil Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian	134
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	136
5.2. Saran	136
DAFTAR PUSTAKA	137



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Keadaan Cuaca Kota Malang 2011 – 2013	2
Tabel 1.2. Luas Lahan Menurut Kecamatan dan Penggunaannya pada 2012	4
Tabel 2.1. Temperatur Udara Kota Malang Setiap Bulan pada 2012	13
Tabel 2.2. Kecepatan Angin Kota Malang Setiap Bulan pada 2012	14
Tabel 2.3. Lembap Nasbi (%) Kota Malang Setiap Bulan pada 2012	15
Tabel 2.4. Penelitian Terdahulu dan Variabelnya	31
Tabel 3.1. Jenis Konfigurasi Penelitian	41
Tabel 4.1. Rerata Suhu dan Kelembapan pada Lingkungan Objek Penelitian	46
Tabel 4.2. Data Suhu Ruang Luar (T_O) dan Ruang Dalam (T_I) pada Objek Penelitian Tanpa Vegetasi	50
Tabel 4.3. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_O) dan Ruang Dalam (RH_I) pada Objek Penelitian Tanpa Vegetasi	51
Tabel 4.4. Data Suhu Ruang Luar (T_O) dan Ruang Dalam (T_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0 m	55
Tabel 4.5. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_O) dan Ruang Dalam (RH_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0 m	56
Tabel 4.6. Data Suhu Ruang Luar (T_O) dan Ruang Dalam (T_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0,5 m	60
Tabel 4.7. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_O) dan Ruang Dalam (RH_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0,5 m ..	61
Tabel 4.8. Data Suhu Ruang Luar (T_O) dan Ruang Dalam (T_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 1 m	65
Tabel 4.9. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_O) dan Ruang Dalam (RH_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 1 m	66
Tabel 4.10. Data Suhu Ruang Luar (T_O) dan Ruang Dalam (T_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 1,5 m	70
Tabel 4.11. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_O) dan Ruang Dalam (RH_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 1,5 m ..	71
Tabel 4.12. Data Suhu Ruang Luar (T_O) dan Ruang Dalam (T_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0 m	75
Tabel 4.13. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_O) dan Ruang Dalam (RH_I) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)	



Berjarak 0 m	76
Tabel 4.14. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0,5 m	80
Tabel 4.15. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (Rho) dan Ruang Dalam (RH_1) pada Objek Penelitian dengan vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0,5 m	81
Tabel 4.16. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1m	85
Tabel 4.17. Data kelembapan Udara Rung Luar Luar (Rho) dan Ruang Dalam (RH_1) pada Objek Penelitian dengan vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1 m	86
Tabel 4.18. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1,5 m	90
Tabel 4.19. Data kelembapan Udara Rung Luar Luar (Rho) dan Ruang Dalam (RH_1) pada Objek Penelitian dengan vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1,5 m	91
Tabel 4.20. Tabel Perbandingan Rerata Suhu Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Kumis Kucing	94
Tabel 4.21. Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Kumis Kucing	95
Tabel 4.22. Tabel Perbandingan Rerata Suhu Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Marah (ingler)	97
Tabel 4.23. Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Bayam Merah (ingler)	99
Tabel 4.24. Tabel Perbandingan Rerata Kelembapan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Kumis Kucing	101
Tabel 4.25. Selisih Rerata kelembapan Udara Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Kumis Kucing	102
Tabel 4.26. Tabel Perbandingan Rerata Kelembapan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah (ingler)	104
Tabel 4.27. Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Bayam Merah (ingler)	106
Tabel 4.28. Pengukuran CO_2 pada Objek Penelitian Tanpa Adanya Tanaman	108

Tabel 4.29. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi jenis Kumis Kucing Berjarak 0 m Terhadap Bangunan	110
Tabel 4.30. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi jenis Kumis Kucing Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan	111
Tabel 4.31. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi jenis Kumis Kucing Berjarak 1 m Terhadap Bangunan	112
Tabel 4.32. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi jenis Kumis Kucing Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan	114
Tabel 4.33. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi jenis Bayam Merah Berjarak 0 m Terhadap Bangunan	115
Tabel 4.34. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi jenis Bayam Merah Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan	116
Tabel 4.35. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi jenis Bayam Merah Berjarak 1 m Terhadap Bangunan	118
Tabel 4.36. Pengukuran Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi jenis Bayam Merah Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan	119
Tabel 4.37. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian tanpa Penataan Vegetasi ..	122
Tabel 4.38. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0 m Terhadap Bangunan	123
Tabel 4.39. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan	125
Tabel 4.40. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1 m Terhadap Bangunan	126
Tabel 4.41. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan	127
Tabel 4.42. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0 m Terhadap Bangunan	129
Tabel 4.43. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan	130
Tabel 4.44. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1 m Terhadap Bangunan	131
Tabel 4.45. Pengukuran Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan	133



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Pembagian Administratif Jawa Timur	11
Gambar 2.2. Peta Wilayah Kecamatan Lowokwaru	12
Gambar 2.3. Tanaman Kumis Kucing	28
Gambar 2.4. Tanaman Bayam Merah	29
Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian (Perumahan Griya Saxophone)	33
Gambar 3.2. Bangunan Rumah Tinggal Perumahan Griya Saxophone No. 42	34
Gambar 3.3. Denah dan Potongan Bangunan Griya Saxophone No. 42	34
Gambar 3.4. HOBO U12 <i>Temperature / Relative Humidity Data Logger</i>	37
Gambar 3.5. GE Telaire 7000 Series	37
Gambar 3.6. Posisi HOBO U12 <i>Data Logger</i> pada Ruang Luar	38
Gambar 3.7. Area Pengukuran dan Posisi HOBO U12 <i>Data Logger</i> pada Denah	39
Gambar 3.8. Jarak Penataan Tanaman terhadap Bangunan	41
Gambar 3.9. Skema Analisa Data	42
Gambar 4.1. Orientasi Pergerakan Matahari Bulan April – Mei 2014 pada Griya Saxophone No. 42	45
Gambar 4.2. Grafik Rerata Suhu Udara pada Lingkungan sekitar Objek Penelitian	46
Gambar 4.3. Grafik Rerata Kelembapan Udara pada Lingkungan sekitar Objek Penelitian	47
Gambar 4.4. Potongan Objek Penelitian dan Titik Pengukuran Suhu dan Kelembapan	48
Gambar 4.5. Foto Kondisi Eksisting Objek Penelitian Tanpa Adanya Penataan Vegetasi	48
Gambar 4.6. Denah & Potongan Objek Penelitian dan Posisi Titik Pengukuran	49
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Rerata Suhudan Kelembapan Udara pada Objek Penelitian tanpa Vegetasi	52
Gambar 4.8. Penataan Vegetasi Kumis Kucing dengan Jarak 0 m	53
Gambar 4.9. Denah & Potongan Objek Penelitian dengan Penataan Kumis Kucing berjarak 0 m	54
Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0 m	57
Gambar 4.11. Penataan Vegetasi Kumis Kucing dengan jarak 0,5 m	58

Gambar 4.12. Denah & Potongan Objek Penelitian dengan Penataan Kumis	
Kucing Berjarak 0,5 m	59
Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan pada Objek	
Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0,5 m	62
Gambar 4.14. Penataan Vegetasi Kumis Kucing dengan Jarak 1 m	63
Gambar 4.15. Denah & Potongan Objek Penelitian dengan Penataan Kumis	
Kucing Berjarak 1 m	64
Gambar 4.16. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan pada Objek	
Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1 m	67
Gambar 4.17. Penataan Vegetasi Kumis Kucing dengan Jarak 1,5 m	68
Gambar 4.18. Denah & Potongan Objek Penelitian dengan Penataan Kumis	
Kucing Berjarak 1,5 m	69
Gambar 4.19. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan pada Objek	
Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1,5 m	72
Gambar 4.20. Penataan Vegetasi Bayam Merah dengan jarak 0 m	73
Gambar 4.21. Potongan Objek Penelitian dengan Penataan Bayam Merah	
Berjarak 0 m	74
Gambar 4.22. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan pada Objek	
Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0 m	77
Gambar 4.23. Penataan Vegetasi bayam Merah dengan jarak 0,5 m	78
Gambar 4.24. Denah & Potongan Objek Penelitian dengan Penataan Bayam	
Merah Berjarak 0,5 m	79
Gambar 4.25. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan pada Objek	
Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0,5 m	82
Gambar 4.26. Penataan Vegetasi BayamMerah dengan Jarak 1 m	83
Gambar 4.27. Potongan Objek Penelitian dengan Penataan Bayam Merah	
berjarak 1 m	84
Gambar 4.28. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan pada Objek	
Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (ingler) Berjarak 1 m	87
Gambar 4.29. Penataan vegetasi Kumis Kucing dengan jarak 1,5 m	88
Gambar 4.30. Potongan Objek Penelitian dengan Penataan Bayam Merah	
Berjarak 1,5 m	89
Gambar 4.31. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan pada Objek	
Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (ingler) Berjarak 1,5 m	92

Gambar 4.32. Grafik Perbandingan Rerata Suhu Ruang dalam per jarak Penataan Vegetasi Kumis Kucing	94
Gambar 4.33. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Kumis Kucing	96
Gambar 4.34. Grafik Perbandingan Rerata Suhu Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah	98
Gambar 4.35. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah (ingler)	99
Gambar 4.36. Grafik Perbandingan Rerata Suhu Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Kumis Kucing	101
Gambar 4.37. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Kelembapan Ruang Luar dan Ruang Dalam Per jarak Penataan Vegetasi Kumis Kucing	103
Gambar 4.38. Grafik Perbandingan Rerata Kelembapan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah (ingler)	105
Gambar 4.39. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Kelembapan Ruang Luar dan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah	107
Gambar 4.40. Ilustrasi Posisi Pengukuran Manual Kadar Karbondioksida (CO ₂)	108
Gambar 4.41. Grafik Rerata Kadar CO ₂ Tanpa Penataan Vegetasi	109
Gambar 4.42. Grafik Rerata CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada jarak 0 m	110
Gambar 4.43. Grafik Rerata CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada jarak 0,5 m	111
Gambar 4.44. Grafik Rerata CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada jarak 1 m	113
Gambar 4.45. Grafik Rerata CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada jarak 1,5 m	114
Gambar 4.46. Grafik Rerata CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada jarak 0 m	116
Gambar 4.47. Grafik Rerata CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada jarak 0,5 m	117
Gambar 4.48. Grafik Rerata CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada jarak 1 m	118
Gambar 4.49. Grafik Rerata CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada jarak 1,5 m	119

Gambar 4.50. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing	120
Gambar 4.51. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Kadar CO ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (ingler)	121
Gambar 4.52. Grafik Rerata O ₂ pada Objek Penelitian Vegetasi	122
Gambar 4.53. Grafik Rerata O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0 m Terhadap Bangunan	124
Gambar 4.54. Grafik Rerata O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan	125
Gambar 4.55. Grafik Rerata O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1 m Terhadap Bangunan	126
Gambar 4.56. Grafik Rerata O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan	128
Gambar 4.57. Pengukuran Kadar O ₂ pada Ojek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (ingler) Berjarak 0 m terhadap bangunan	129
Gambar 4.58. Pengukuran Kadar O ₂ pada Ojek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (ingler) Berjarak 0,5 m terhadap bangunan	130
Gambar 4.59. Pengukuran Kadar O ₂ pada Ojek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (ingler) Berjarak 1 m terhadap bangunan	132
Gambar 4.60. Pengukuran Kadar O ₂ pada Ojek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (ingler) Berjarak 1,5 m terhadap bangunan	133
Gambar 4.61. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing	134
Gambar 4.62. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Kadar O ₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing	135



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan sebuah kota tidak lepas dari proses urbanisasi yang mempengaruhi peningkatan jumlah penduduk secara signifikan. Proses ini dapat mengakibatkan peralihan fungsi lahan dari lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun, banyak diantara lahan ini awalnya berupa daerah resapan atau ruang terbuka hijau berubah menjadi kawasan permukiman. Fenomena paling mencolok yang timbul sebagai hasil dari pertumbuhan kota adalah iklim dengan suhu yang lebih tinggi dibandingkan daerah sekitarnya. Gejala ini diakibatkan oleh rendahnya nilai albedo, permukaan vegetasi, dan ketersediaan air dengan didukung oleh panas yang ditimbulkan oleh manusia sehingga meningkatkan efek yang dikenal sebagai efek pulau panas perkotaan (*Urban Heat Island (UHI)*) sebagaimana dikemukakan oleh Lo & Quattrochi (2003).

Urban Heat Island adalah fenomena dimana suhu udara kota yang padat bangunan lebih tinggi daripada suhu udara terbuka di sekitarnya baik di desa maupun pinggir kota. Wilayah perkotaan pada umumnya mempunyai suhu lebih tinggi 1-6 derajat Celsius dibandingkan daerah sekitarnya. Fenomena ini pertama kali ditemukan seorang ahli meteorologi bernama Luke Howard pada tahun 1818 (Aditya, Lestari dan Lestiana, 2012). Peran arsitek dalam terbentuknya fenomena ini dianggap cukup besar, terkait dengan penggunaan energi, sumber daya alam, bangunan, dan aktifitas yang terjadi pada bangunan di perkotaan.

Indonesia yang memiliki iklim tropis basah memiliki banyak kota besar dengan karakteristik beragam, salah satunya adalah Kota Malang. Seperti umumnya daerah lain di Indonesia, Kota Malang mengalami perubahan putaran 2 musim, yaitu musim penghujan, dan musim kemarau. Data statistik pengamatan iklim Kota Malang pada tahun 2011 (Tabel 1.1) menunjukkan bahwa temperatur terendah adalah 17,8° C dan temperatur tertinggi mencapai 29,8° C. Sedangkan data statistik pada 2013 menunjukkan temperatur terendah adalah 17,5° C dan temperatur tertinggi adalah 30,3° C. Selain temperatur, Stasiun Klimatologi Karangploso juga mencatat curah hujan yang relatif tinggi terjadi pada bulan Februari, November, dan Desember. Pada bulan Juni dan September curah hujan relatif rendah. Kecepatan angin maksimum terjadi di bulan Mei, September, dan Juli. Berikut adalah data kondisi cuaca di Kota Malang pada tahun 2011 hingga 2013.

Tabel 1.1 Keadaan cuaca Kota Malang 2011-2013

Indikator	Satuan	2011	2012	2013
Temperatur Minimum	°C	17,8	17,1	17,5
Temperatur Maksimum	°C	29,8	30,3	30,3
Lembab Nisbi Minimum	%	41	43	45
Lembab Nisbi Maksimum	%	100	94	95
Kelembaban Rata-rata	%	76	76	80
Curah Hujan Rata-rata	mm	139	128	184
Jumlah Hari Hujan	hari	179	127	189
Rata-rata Kecepatan Angin	km/jam	6	8	6

Sumber: BMKG Karangploso Malang, 2013

Data pada tabel tersebut menjelaskan bahwa temperatur maksimum setiap tahun di Kota Malang semakin meningkat, hal ini diperkirakan karena peningkatan jumlah penduduk yang juga mengakibatkan pertumbuhan pembangunan dalam skala besar sehingga luasan lahan tidak terbangun termasuk ruang terbuka hijau (RTH) menjadi berkurang di wilayah Kota Malang. Sedangkan menurut Hakim & Utomo (2008:16) penataan RTH secara tepat akan mampu berperan meningkatkan kualitas atmosfer kota, penyegaran udara, menurunkan suhu kota, menyapu debu permukaan kota, menurunkan kadar polusi udara, serta meredam kebisingan.

Pada tahun 1994 jumlah RTH Kota Malang masih sekitar 7.160 ha dari total luasan wilayah kota sebesar 11.060 ha. Kemudian pada tahun 1996 jumlah ruang terbuka hijau terus berkurang menjadi 6.957 ha dan menjadi 6.615 ha pada tahun 1998. Pada tahun 2000 jumlahnya menjadi 6.415 ha dan pada 2002 tinggal 6.367 ha. Sedangkan pada tahun 2012, RTH yang tersisa sekitar 2.942 ha (Kota Malang Dalam Angka, 2013). Dari data tersebut diketahui bahwa RTH di Kota Malang mengalami penyusutan dari tahun ke tahun, sedangkan idealnya, sesuai Undang-Undang (UU) No. 26/2007 tentang tata ruang menyebutkan luas areal ruang terbuka setidaknya 30% dari total luas wilayah, meliputi 20% ruang publik dan 10% untuk ruang privat. Berkurangnya luas RTH di kota Malang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya peralihan fungsi lahan menjadi kawasan bisnis atau perkantoran serta permukiman yang semakin padat karena pertumbuhan jumlah penduduk.

Dampak dari pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan ruang huni. Pembangunan perumahan sebagai bentuk pemenuhan kebutuhan permukiman berkembang semakin pesat. Hal ini berpengaruh langsung terhadap peningkatan suhu karena penggunaan alat-alat rumah tangga yang dapat meningkatkan emisi gas. Budihardjo (1991:62) menjelaskan bahwa keberadaan lingkungan perumahan akan mengalami penurunan tingkat pelayanan dan fasilitas umum, menipisnya proporsi ruang terbuka dan taman-taman dalam lingkungan, tidak mencukupinya sarana prasarana lingkungan yang tersedia serta hilangnya ciri khas daerah permukiman.

Pembangunan perumahan yang terjadi dewasa ini sering kali tidak diikuti oleh peningkatan kualitas lingkungan. Banyak perumahan hanya menyediakan sebuah ruang huni tanpa memperhatikan kenyamanan para penghuninya. Hal ini terus menjadi perhatian beberapa peneliti yang mulai mengupayakan peningkatan kualitas lingkungan perumahan melalui pencapaian kenyamanan termal, salah satunya dengan menggunakan penataan vegetasi.

Penataan vegetasi yang tepat dapat memberikan efek terhadap penurunan suhu pada suatu lingkungan secara umum dan rumah secara khusus. Ada banyak cara dalam melakukan penataan sebuah vegetasi, diantaranya adalah dengan penataan vertikal maupun horizontal. Penataan vertikal terbukti dapat menurunkan suhu suatu ruang huni atau perumahan, namun kontribusinya dalam meningkatkan jumlah luasan RTH lingkungan dirasa kurang. Selain itu penurunan suhu ruangan dari penataan vegetasi secara vertikal juga dipengaruhi oleh faktor pembayangan yang terjadi, sehingga fungsi vegetasi sebagai penurun suhu menjadi sedikit dikesampingkan.

Sebagai bentuk tindak lanjut dari penelitian sebelumnya, maka dilakukan sebuah penelitian yang bertujuan sama yaitu meningkatkan kualitas lingkungan perumahan melalui pencapaian kenyamanan termal. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan sistem penataan vegetasi secara horizontal. Bentuk penataan seperti ini dapat memberikan penambahan luas lahan terbuka. Ini akan berpengaruh terhadap keseimbangan proporsi antara luas lahan terbangun dan Ruang Terbuka Hijau dalam skala sebuah bangunan rumah tinggal pada lingkungan perumahan. Diharapkan dengan penataan vegetasi secara horizontal dapat memberikan pengaruh langsung terhadap penurunan suhu sebuah ruangan.

1.1.1. Penggunaan Lahan di Kecamatan Lowokwaru Kota Malang

Kecamatan Lowokwaru memiliki luas 22,6 km² dengan 75,14% lahan terbangun, dan 10,88% berupa lahan sawah, 3,58% berupa tegal, kebun dan lahan huma, penggunaan lahan pada tiap kecamatan di Kota Malang dapat dilihat pada tabel berikut (Tabel 1.2).

Tabel 1.2 Luas lahan menurut kecamatan dan penggunaannya pada 2012

Kecamatan	Bangunan & Pekarangan (ha)	Lahan Sawah (ha)	Tegal, Kebun, Lahan Huma (ha)	Lainnya (ha)	Jumlah Total (ha)
(1)	(2)	(3)	(4)	(6)	(7)
Kedungkandang	1890,37	610	1111	378,07	3989,44
Sukun	976	297	468	355	2096
Klojen	754,25	0	-	128,75	883
Blimbing	1518	129	0	129	1776
Lowokwaru	1698,21	246	81	234,79	2260
Jumlah/Total	6836,83	1282	1660	1225,61	11004,44

Sumber : Kota Malang Dalam Angka 2013

Pada tabel Tabel 1.2 tercatat bahwa Kecamatan Lowokwaru memiliki luas lahan terbangun sebesar 1698,21 ha, menempati posisi kedua setelah Kecamatan Kedungkandang dengan luasan lahan terbangun yang terbesar. Persentase luas lahan terbangun pada Kecamatan Lowokwaru sebesar 75,14% terhadap luas kecamatan, menempati urutan setelah Kecamatan Klojen dan Blimbing dengan persentase luas lahan terbangun sekitar 85% dari luas kecamatan.

Penggunaan lahan terbangun yang mendominasi pada Kecamatan Lowokwaru salah satunya disebabkan oleh pertumbuhan industri dan perumahan yang sangat pesat. Disperindag Kota Malang mencatat bahwa terdapat setidaknya 134 industri yang berlokasi pada Kecamatan Lowokwaru. Selain keberadaan industri yang mempengaruhi kualitas lingkungan di sekitarnya, pertumbuhan perumahan yang pesat juga dapat memperkuat efek dari fenomena *Urban Heat Island* karena berkurangnya lahan terbuka hijau yang berubah menjadi lahan terbangun.

1.1.2. Kualitas Lingkungan Bangunan Perumahan

Pertumbuhan penduduk pada sebuah kota salah satunya karena adanya urbanisasi, menurut Sulistiyan (2002) urbanisasi yang tidak terkendali akan

meningkatkan permintaan potensial akan tempat tinggal. Guna terpenuhi persyaratan perumahan yang memadai dan lingkungan yang baik maka sebuah rumah memerlukan lahan yang cukup. Sementara itu penyediaan lahan untuk memenuhi kebutuhan pembangunan perumahan semakin sempit di perkotaan. Hal ini dibuktikan oleh tipologi perumahan di perkotaan yang sangat variatif meliputi tipe rumah mewah, baik yang berada dalam perkampungan maupun berada dalam komplek perumahan, rumah sederhana, rumah sangat sederhana sampai dengan perumahan yang tidak layak huni.

Perubahan penggunaan lahan tak terbangun menjadi perumahan mengakibatkan terjadinya degradasi kualitas lingkungan. Keadaan yang kurang harmonis antara manusia dengan lingkungan mengakibatkan lingkungan perkotaan hanya maju secara ekonomi namun mundur secara ekologi. Terganggunya kestabilan ekosistem perkotaan juga akan berdampak pada pencemaran udara seperti meningkatnya kadar CO₂, menipisnya lapisan ozon, pencemaran karbondioksida dan belerang serta pemandangan suasana yang gersang dan kering.

Dengan latar belakang permasalahan penggunaan lahan (RTH yang semakin berkurang) dan pesatnya pertumbuhan permukiman dan perindustrian di Kecamatan Lowokwaru yang dapat menimbulkan fenomena *Urban Heat Island* dan memperburuk kualitas lingkungan, terutama udara. Perlu adanya tindakan terhadap lahan pada permukiman yang semakin padat dengan memanfaatkan lahan terbuka pada bangunan rumah secara optimal agar dapat menjadi sebuah solusi terhadap kurangnya lahan terbuka hijau perkotaan, serta dapat menjadi alternatif sistem perbaikan aliran udara dan peningkatan kualitas termal secara alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*).

1.1.3. Tata Vegetasi dengan Tanaman Produktif Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Termal Udara Alami

Proses pembentukan iklim mikro oleh vegetasi terjadi melalui proses metabolisme atau fisiologis tumbuhan. Menurut Fandeli dalam Tauhid (2008), proses *ekofisiologi* yang menyebabkan terbentuknya iklim mikro adalah proses *transpirasi* dan *evaporasi*. Proses evaporasi dan transpirasi dapat menyebabkan suhu udara di sekitar tanaman menjadi lebih sejuk karena dalam proses tersebut, tumbuhan akan menyerap air dari tanah dan kemudian dilepaskan ke udara dalam bentuk uap untuk menjaga stabilitas suhu tumbuhan.

Peran penataan taman dalam meningkatkan kenyamanan karena tingginya suhu pada daerah perkotaan di Indonesia yang beriklim panas telah banyak dilakukan, namun penelitian tentang jenis tanaman produktif seperti sayuran dan tanaman obat keluarga (TOGA) yang ternyata mampu menjadi bagian dari sistem desain taman untuk menurunkan suhu dan memperbaiki kualitas udara yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*) belum banyak dilakukan. Beberapa penelitian sebelumnya mengaplikasikan tanaman sayuran dan TOGA sebagai pendingin udara alami melalui taman vertikal (*vertical garden*).

Pada penelitian oleh Luddityawan (2014) tentang taman vertikal dengan menggunakan 4 macam tanaman produktif, yakni bayam merah, seledri, sawi dan kumis kucing diperoleh hasil bahwa tanaman yang paling efektif dalam menurunkan suhu dan kadar CO₂ melalui penataan vertikal adalah sawi dengan luas permukaan tiap daun yang paling lebar dari 3 jenis tanaman lainnya. Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian kali ini merupakan penelitian lanjutan untuk menganalisa efektifitas tata vegetasi menggunakan tanaman produktif dengan penataan secara horizontal sebagai sistem peningkatan kualitas termal alami. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan pada taman halaman sebagai bentuk alternatif untuk meningkatkan kualitas kenyamanan termal pada lingkungan perumahan.

1.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang muncul pada latar belakang terbagi menjadi beberapa poin berikut:

1. Kosentrasi pemanasan global yang semakin meningkat dan berdampak signifikan pada iklim perkotaan, salah satunya adalah fenomena pulau panas perkotaan (*Urban Heat Island*).
2. Berkurangnya Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang akibat laju pembangunan yang terus berkembang sehingga berpengaruh terhadap penurunan kualitas lingkungan rumah tinggal.
3. Pemanfaatan lahan terbuka belum dilakukan secara optimal pada bangunan rumah tinggal sebagai fungsi ruang terbuka hijau privat dalam upaya peningkatan kualitas lingkungan, khususnya kualitas termal lingkungan.

1.3. Rumusan Masalah

Bagaimana penerapan tata vegetasi horizontal menggunakan tanaman produktif (sayuran dan TOGA) melalui pemanfaatan ruang luar secara optimal sebagai upaya peningkatan kualitas termal alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*) pada bangunan rumah tinggal?

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penerapan tata vegetasi horizontal menggunakan tanaman produktif dibagi menjadi batasan spasial yang berkaitan dengan lokasi yang akan dijadikan tempat penelitian dan batasan materi yang berkaitan dengan materi yang akan dibahas dalam penelitian ini.

1.4.1. Batasan Spasial

1. Penelitian ini berlokasi di Perumahan Griya Saxofone No.42, Kelurahan Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru dengan arah hadap facade bangunan ke arah barat sehingga sinar matahari pada pagi dan sore hari mengarah langsung ke facade bangunan.
2. Luas bidang lahan terbuka yang digunakan adalah $3 \times 3 \text{ m}^2$ disesuaikan dengan luas lahan eksisting bangunan perumahan yang ada di lokasi penelitian.

1.4.2. Batasan Materi

Ruang lingkup materi berkaitan dengan bahasan materi pokok dalam penelitian. Dalam hal ini adalah bentuk peletakan vegetasi yang menggunakan sistem horizontal. Secara khusus lingkup materi yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Pemilihan tanaman yang digunakan berupa jenis tanaman produktif (TOGA dan sayuran) berukuran perdu. Tanaman produktif dipilih sebagai salah satu bentuk penerapan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainability development*). Ukuran tanaman yang digunakan relatif kecil sebagai tanggapan atas keterbatasan lahan.
2. Jenis tanaman produktif yang digunakan adalah kumis kucing dan bayam merah (ingler). Dua tanaman ini dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya dan karena daya tahan yang cukup kuat terhadap perubahan cuaca. Selain itu kumis kucing dan bayam merah relatif mudah dalam melakukan perawatan. Masing-masing jenis vegetasi memiliki ketinggian batang antara 60 – 75 cm.
3. Penataan vegetasi dilakukan secara horizontal pada area luar bangunan rumah tinggal. Penataan yang dilakukan di luar rumah bertujuan menambah ruang

terbuka hijau privat, sehingga tak hanya berpengaruh terhadap perbaikan kualitas rumah tinggal, namun juga lingkungan sekitar.

4. Bentuk penataan vegetasi horizontal dilakukan secara linear. Bentuk ini dipilih untuk mengoptimalkan keterbatasan lahan pada lokasi penelitian.
5. Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu udara, kelembapan, kadar karbon dioksida, dan kadar oksigen. Suhu udara dan kelembapan diambil karena berpengaruh langsung terhadap kenyamanan termal suatu ruangan, sedangkan kadar karbondioksida dan oksigen dapat menunjukkan kemampuan tumbuhan dalam proses evapotranspirasi.

1.5. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menyediakan alternatif peningkatan kualitas termal alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*) dengan menggunakan tanaman produktif (sayuran dan TOGA), yakni kumis kucing dan bayam merah, melalui tata vegetasi horizontal.

1.6. Manfaat dan Kegunaan

Manfaat studi mengenai pengembangan tata vegetasi horizontal sebagai upaya peningkatan kualitas termal secara alami guna meningkatkan kualitas hidup lingkungan, antara lain :

1. Bagi Akademisi / Bidang Keilmuan

Pengembangan tata vegetasi horizontal di lahan terbuka pada rumah tinggal sebagai alternatif upaya peningkatan kualitas termal alami diharapkan dapat menjadi solusi dalam menyelesaikan fenomena *Urban Heat Island*, khususnya pada permukiman perkotaan.

2. Bagi Pemerintah

Diharapkan dapat memberikan kontribusi pada bidang kesehatan dan lingkungan dengan upaya meningkatkan kualitas termal udara secara alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*).

3. Bagi Masyarakat

Diharapkan dapat memberikan manfaat kepada masyarakat untuk mengaplikasikan tata vegetasi horizontal pada taman sebagai upaya peningkatan kualitas termal udara secara alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*).

4. Bagi Lingkungan

Diharapkan dapat mengurangi tingginya suhu dan mengendalikan kelembapan lingkungan, khususnya Kota Malang terkait dengan fenomena *Urban Heat Island* dan isu *Global Warming*.



1.7. Kerangka Pemikiran

LATAR BELAKANG MASALAH

1. Fenomena *Urban Heat Island*
2. Penggunaan lahan pada Kecamatan Lowokwaru yang didominasi oleh lahan terbangun dengan banyak permukiman didalamnya
3. Penurunan kualitas lingkungankarena perubahan penggunaan lahan tidak terbangun menjadi perumahan
4. Penataan vegetasi dengan tanaman produktif, sayuran dan TOGA, sebagai upaya peningkatan kualitas termal udara secara alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*) dalam upaya meningkatkan kualitas lingkungan (udara).



IDENTIFIKASI MASALAH

1. Konsentrasi pemanasan global semakin meningkat dan berdampak signifikan pada iklim perkotaan, yakni munculnya fenomena pulau panas perkotaan (*Urban Heat Island*)
2. Berkurangnya Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang akibat laju pembangunan yang terus berkembang sehingga mempengaruhi kualitas lingkungan rumah tinggal
3. Pemanfaatan lahan terbuka secara optimal pada bangunan rumah tinggal sebagai fungsi ruang terbuka hijau privat dalam upaya peningkatan kualitas lingkungan.



RUMUSAN MASALAH

Bagaimana penerapan tata vegetasi horizontal menggunakan tanaman produktif (sayuran dan TOGA) melalui pemanfaatan ruang luar secara optimal sebagai upaya peningkatan kualitas termal secara alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*) pada rumah tinggal.



KONTRIBUSI

1. Pengembangan tata vegetasi horizontal di lahan terbuka pada rumah tinggal sebagai alternatif peningkatan kualitas termal secara alami dapat menjadi solusi dalam menyelesaikan fenomena *Urban Heat Island* pada permukiman perkotaan.
2. Dapat memberikan kontribusi pada bidang kesehatan dan lingkungan dengan upaya peningkatan kualitas termal udara secara alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*)
3. Dapat memberikan manfaat kepada masyarakat untuk mengaplikasikan tata vegetasi horizontal pada taman sebagai upaya peningkatan kualitas termal udara alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*)
4. Dapat mengurangi tingginya suhu dan mengendalikan kelembapan lingkungan, khususnya di Kota Malang, terkait dengan fenomena *Urban Heat Island* dan isu *Global Warming*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Kota Malang

Kota Malang merupakan salah satu kota tujuan wisata di Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Kota Malang terletak ditengah-tengah wilayah Kabupaten Malang, dengan luas wilayah 110,06 km² dan memiliki ketinggian antara 440–667 meter di atas permukaan air laut. Secara astronomis Kota Malang terletak pada posisi 112.06° – 112.07° Bujur Timur, 7.06° – 8.02° Lintang Selatan dengan batas wilayah sebagai berikut:

1. Sebelah utara : Kec. Singosari dan Kec. Karangploso Kabupaten Malang
2. Sebelah timur : Kec. Pakis dan Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang
3. Sebelah selatan : Kec. Tajinan dan Kec. Pakisaji Kabupaten Malang
4. Sebelah barat : Kec. Wagir dan Kecamatan Dau Kabupaten Malang

Potensi alam yang ada pada Kota Malang salah satunya adalah pemandangan pegunungan yang mengelilingi Kota Malang, antara lain Gunung Arjuno di sebelah utara, Gunung Semeru di timur, Gunung Kawi dan Panderman di sebelah barat, serta Gunung Kelud di sebelah selatan. Selain dikelilingi oleh pegunungan, potensi alam yang lain adalah sungai-sungai yang mengalir di wilayah Kota Malang antara lain Sungai Brantas, Sungai Amprong dan Sungai Bango.



Gambar 2.1 Peta Pembagian Administratif Jawa Timur

Sumber :Hasil pengolahan

Kota Malang terbagi menjadi lima wilayah kecamatan secara administratif yakni Kecamatan Kedungkandang, Kecamatan Sukun, Kecamatan Klojen, Kecamatan Blimbingsari, dan Kecamatan Lowokwaru.

2.1.1. Tinjauan Kecamatan Lowokwaru

Kecamatan Lowokwaru berada pada bagian utara Kota Malang, dengan luas wilayah kecamatan seluas 22,6 km², merupakan dataran tinggi dengan ketinggian 460 m diatas permukaan laut. Memiliki suhu udara maksimum 28°C dan suhu udara minimum 20°C dengan curah hujan maksimum yang pernah terjadi 2,71 mm dan minimum yang pernah terjadi 2,31 mm. Memiliki batas-batas administratif wilayah sebagai berikut:

1. Sebelah utara dibatasi oleh Kecamatan Karangploso, Kab. Malang
 2. Sebelah selatan dibatasi oleh Kecamatan Klojen, Kota Malang
 3. Sebelah timur dibatasi oleh Kecamatan Blimbing, Kota Malang
 4. Sebelah barat dibatasi oleh Kecamatan Dau, Kab. Malang



Gambar 2.2 Peta wilayah Kecamatan Lowokwaru
Sumber: Hasil pengolahan citra Google Maps

Kecamatan Lowokwaru termasuk dalam BWK (Bagian Wilayah Kota) Malang Utara, dengan fungsi utama sebagai kawasan pendidikan, perdagangan dan jasa, industri besar/menengah dan kecil serta wisata budaya.

Penggunaan lahan pada Kecamatan Lowokwaru didominasi oleh lahan terbangun dengan luasan 1698,21 ha atau sebesar 75,14% dari luas wilayah kecamatan. Dan sisanya terdiri atas 10,88% lahan sawah, kemudian 3,6% tegal, kebun, dan lahan huma serta 10,38% sisanya berupa lahan tidak terbangun (BPS Kota Malang, 2013).

2.1.2. Iklim Kota Malang

Menurut Lippsmeir (1994), terdapat 3 unsur iklim yang berpengaruh terhadap kondisi termal suatu bangunan, terkait dengan faktor kenyamanan termal, yaitu suhu, angin dan kelembapan. Ketiga unsur tersebut berpengaruh penting terhadap kenyamanan termal udara pada ruangan tertutup.

Kondisi iklim Kota Malang selama tahun 2012 tercatat memiliki rerata suhu udara yang berkisar antara 21,6°C - 24,7°C. Dengan suhu maksimum absolut mencapai 32,6°C yang terjadi pada bulan Oktober dan suhu minimum absolut mencapai 14,2°C yang terjadi pada bulan Agustus.

Tabel 2.1. Temperatur udara Kota Malang setiap bulan pada 2012

Bulan	Temperatur (°C)				
	Rerata	Maks	Min	Maks Absolut	Min Absolut
Januari	22,8	27,6	21,2	30,4	20,2
Februari	23,5	28,5	20,3	30,3	19,0
Maret	23,8	27,7	20,9	30,0	17,4
April	23,8	28,8	20,2	29,8	18,3
Mei	23,7	28,0	19,9	29,4	17,8
Juni	22,7	27,9	18,6	29,4	15,8
Juli	21,6	26,7	17,8	29,4	14,6
Agustus	21,7	27,7	17,1	30,1	14,2
September	23,0	29,3	18,1	31,4	14,7
Oktober	24,6	30,3	19,7	32,6	17,4
November	24,7	29,5	21,1	31,3	20,1
Desember	23,8	28,6	20,8	31,0	19,8

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso

Untuk mengetahui batas maksimum suhu dalam bangunan agar terasa nyaman, terkait dengan kenyamanan termal, dapat diukur dengan menggunakan tolak ukur suhu netral. Masing-masing wilayah di Indonesia dapat memiliki suhu

netral yang berbeda-beda tergantung pada suhu bulanannya. Sama halnya dengan perbedaan suhu antara daerah di dataran rendah dengan dataran tinggi.

Suhu Kota Malang relatif sejuk. Namun, berdasarkan data meteorologi dan fenomena pemanasan global yang ada mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu minimum Kota Malang setiap tahunnya. Berkaitan dengan hal tersebut penelitian ini dilakukan pada suhu yang dirasakan melebihi garis batas maksimum zona kenyamanan.

Tabel 2.2. Kecepatan angin Kota Malang setiap bulan pada 2012

Bulan	Kecepatan Angin (Km/Jam)	
	Maksimum	Rata-rata
Januari	41/50	17,5
Februari	38/60	5,5
Maret	40/300	8,5
April	29/80	6,6
Mei	32/50	7,3
Juni	31/50	7
Juli	22/190	6,6
Agustus	27/90	7,7
September	36/40	8,2
Oktober	54/40	7,8
November	41/90	6,4
Desember	32/130	5

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso

Catatan kecepatan angin Kota Malang pada 2012 kecepatan maksimum terjadi di bulan Oktober. Rata-rata kecepatan angin berkisar antara 5 – 17,5 (km/jam) dengan rata-rata maksimum yang terjadi pada bulan Januari dan rata-rata minimum pada bulan Desember.

Kelembapan rata-rata Kota Malang berkisar antara 69 – 85%. Kelembapan maksimum berkisar antara 90 – 98% dengan kelembapan maksimum tertinggi terjadi pada bulan Januari dan Maret. Kelembapan minimum berkisar antara 31,2 – 55% dengan kelembapan minimum terendah pada bulan September.

Tabel 2.3. Lembap nisbi (%) Kota Malang setiap bulan pada 2012

Bulan	Lembap nisbi (%)		
	Rata-rata	Maksimum	Minimum
Januari	83	98	49
Februari	81	96	55
Maret	77	98	45
April	76	92	47
Mei	74	92	45
Juni	72	90	40
Juli	75	91	44
Agustus	73	94	37
September	69	91	31,2
Oktober	71	91	28
November	78	95	46
Desember	85	96	53

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso

Zona kenyamanan termal di dalam suatu bangunan terbentuk dari beberapa faktor yakni kaitan antara suhu, angin dan kelembaban. Pada saat suhu netral 27°C, maka kebutuhan udara di dalam ruang sebaiknya adalah 0,5m/s dengan kelembaban 80% (kelembaban rata-rata adalah 76% ~ 80%). Kecepatan angin di Kota Malang tergolong di atas batas kenyamanan (0,89m/s), sehingga pada kondisi suhu nyaman bangunan perlu meminimalisir masuknya angin ke dalam bangunan (Rawuli, 2013).

2.2. Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.05/PRT/M/2008). Secara definitif, Ruang Terbuka Hijau (*Green Open Spaces*) adalah kawasan atau areal permukaan tanah yang didominasi oleh tumbuhan yang dibina untuk fungsi perlindungan habitat tertentu, dan atau sarana lingkungan/kota, dan atau pengamanan jaringan prasarana, dan atau budidaya pertanian. Selain untuk meningkatkan kualitas atmosfer, menunjang kelestarian air dan tanah, Ruang Terbuka Hijau di tengah-

tengah ekosistem perkotaan juga berfungsi untuk meningkatkan kualitas lansekap kota (Hakim, 2008).

Perencanaan tata hijau berupa konfigurasi RTH menurut Dahlan (1995) dibutuhkan sebagai penyeimbang ruang terbangun di perkotaan. Dalam kaitannya dengan peningkatan kualitas lingkungan perkotaan, menurut Grey dan Deneke (1978), pohon, semak dan rumput mampu mengameliorasi suhu udara lingkungan perkotaan dengan mengontrol radiasi matahari. Efektifitas vegetasi dalam ameliorasi bergantung pada kerapatan, bentuk daun serta pola percabangan.

Menurut fungsi dan bentuknya, Perda Kota Malang No.4 tahun 2011 tentang RTRW Kota Malang 2010-2030, membagi Ruang terbuka hijau (RTH) ke dalam tiga kategori. Ketiga jenis itu, antara lain :

- Fungsi Ekologis, adalah dipertahankannya sistem-sistem penunjang kehidupan dan terpeliharanya keanekaragaman hayati, misalnya dapat meningkatkan kualitas air tanah, mencegah banjir, mengurangi polusi udara dan pengatur iklim mikro.
- Fungsi Sosial-Ekonomi, adalah sebagai ruang interaksi sosial, sarana rekreasi dan sebagai tetenger (*landmark*) kota.
- Fungsi arsitektural adalah, RTH sebagai pendukung dan penambah nilai kualitas lingkungan dan budaya kota sehingga dapat berlokasi dan berbentuk sesuai dengan kebutuhan dan kepentingan arsitektur kota.

Berdasarkan perda tersebut, ketentuan terhadap jumlah luasan RTH perkotaan adalah 30% dari total luas wilayah kota, yang terdiri atas 20% RTH publik dan 10% RTH privat, dengan ketentuan yang berlaku pada kawasan perumahan adalah untuk tiap bangunan perumahan wajib dilengkapi dengan RTH privat minimal 10% dari luas persilnya.

2.3. Kualitas Rumah Sehat

Masalah perumahan telah diatur dalam Undang-Undang pemerintahan tentang perumahan dan pemukiman No.4/1992 bab III pasal 5 ayat 1 yang berbunyi “Setiap warga negara mempunyai hak untuk menempati dan atau menikmati dan atau memiliki rumah yang layak dan lingkungan yang sehat, aman, serasi, dan teratur”.

Kebutuhan ruang per orang dihitung berdasarkan aktivitas dasar manusia di dalam rumah. Aktivitas seseorang tersebut meliputi aktivitas tidur, makan, kerja, duduk, mandi, kakus, cuci dan masak serta ruang gerak lainnya. Untuk menciptakan rumah sehat maka diperlukan perhatian terhadap beberapa aspek yang sangat berpengaruh, yakni sirkulasi udara yang baik, penerangan yang cukup, kebutuhan air bersih yang terpenuhi, serta sistem pembuangan limbah yang diatur dengan baik agar tidak menimbulkan pencemaran. Hal ini diatur dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor: 829/Menkes/SK/VII/1999 yang isinya adalah:

1. Bahan Bangunan

a. Tidak terbuat dari bahan yang dapat melepaskan zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan, antara lain sebagai berikut :

- Debu Total tidak lebih dari $150 \mu\text{g m}^3$
- Asbes bebas tidak melebihi $0,5 \text{ fiber/m}^3/4\text{jam}$
- Timah hitam tidak melebihi 300 mg/kg

b. Tidak terbuat dari bahan yang dapat menjadi tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme patogen.

2. Komponen dan penataan ruang rumah

Komponen rumah harus memenuhi persyaratan fisik dan biologis sebagai berikut:

- a. Lantai kedap air dan mudah dibersihkan
- b. Dinding

- Di ruang tidur, ruang keluarga dilengkapi dengan sarana ventilasi untuk pengaturan sirkulasi udara
- Di kamar mandi dan tempat cuci harus kedap air dan mudah dibersihkan

- c. Langit-langit harus mudah dibersihkan dan tidak rawan kecelakaan
- d. Bumbung rumah yang memiliki tinggi 10 meter atau lebih harus dilengkapi dengan penangkal petir
- e. Ruang di dalam rumah harus ditata agar berfungsi sebagai ruang tamu, ruang keluarga, ruang makan, ruang tidur, ruang dapur, ruang mandi dan ruang bermain anak.
- f. Ruang dapur harus dilengkapi dengan sarana pembuangan asap.

3. Pencahayaan

Pencahayaan alam atau buatan langsung atau tidak langsung dapat menerangi seluruh bagian ruangan minimal intensitasnya 60 lux dan tidak menyilaukan

4. Kualitas Udara

Kualitas udara di dalam rumah tidak melebihi ketentuan sebagai berikut :

- a. Suhu udara nyaman berkisar antara 18°C sampai 30°C
- b. Kelembaban udara berkisar antara 40% sampai 70%
- c. Konsentrasi gas CO₂ tidak melebihi 0,10 ppm/24 jam
- d. Pertukaran udara
- e. Konsentrasi gas CO tidak melebihi 100 ppm/8jam
- f. Konsentrasi gas formaldehyde tidak melebihi 120 mg/m³

5. Ventilasi

Luas penghawaan atau ventilasi alamiah yang permanen minimal 10% dari luas lantai.

6. Binatang penular penyakit

Tidak ada tikus bersarang di rumah.

7. Air

- a. Tersedia air bersih dengan kapasitas minimal 60 lt/hari/orang
- b. Kualitas air harus memenuhi persyaratan kesehatan air bersih dan air minum sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

8. Tersedianya sarana penyimpanan makanan yang aman dan higienis

9. Limbah

- a. Limbah cair berasal dari rumah, tidak mencemari sumber air, tidak menimbulkan bau dan tidak mencemari permukaan tanah.
- b. Limbah padat harus dikelola agar tidak menimbulkan bau, tidak menyebabkan pencemaran terhadap permukaan tanah dan air tanah.

10. Kepadatan hunian ruang tidur

Luas ruang tidur minimal 8m² dan tidak dianjurkan digunakan lebih dari dua orang tidur dalam satu ruang tidur, kecuali anak dibawah umur 5 tahun.

2.3.1. Kebutuhan kesehatan dan kenyamanan

Rumah sebagai tempat tinggal yang memenuhi syarat kesehatan dan kenyamanan dipengaruhi oleh 3 (tiga) aspek, yaitu pencahayaan, penghawaan, serta suhu udara dan kelembaban dalam ruangan. Aspek-aspek tersebut merupakan dasar atau kaidah perencanaan rumah sehat dan nyaman, berikut ini adalah penjelasan masing-masing aspek tersebut:

a. Pencahayaan

Matahari sebagai potensi terbesar yang dapat digunakan sebagai pencahayaan alami pada siang hari. Pencahayaan yang dimaksud adalah penggunaan terang langit, dengan ketentuan sebagai berikut: cuaca dalam keadaan cerah dan tidak berawan, ruangan kegiatan mendapatkan cukup banyak cahaya, ruang kegiatan mendapatkan distribusi cahaya secara merata.

b. Penghawaan

Udara merupakan kebutuhan pokok manusia untuk bernafas sepanjang hidupnya. Udara akan sangat berpengaruh dalam menentukan kenyamanan pada bangunan rumah. Kenyamanan akan memberikan kesegaran terhadap penghuni dan terciptanya rumah yang sehat, apabila terjadi pengaliran atau pergantian udara secara kontinyu melalui ruangan-ruangan, serta lubang-lubang pada bidang pembatas dinding atau partisi sebagai ventilasi. Agar diperoleh kesegaran udara dalam ruangan dengan cara penghawaan alami, maka dapat dilakukan dengan memberikan atau mengadakan peranginan silang (ventilasi silang) dengan ketentuan sebagai berikut: (1) Lubang penghawaan minimal 5% (lima persen) dari luas lantai ruangan; (2) Udara yang mengalir masuk sama dengan volume udara yang keluar; (3) Udara yang masuk tidak berasal dari asap dapur atau kamar mandi/WC.

c. Suhu udara dan kelembapan

Lubang penghawaan keluar tidak mengganggu kenyamanan bangunan disekitarnya. Lubang penghawaan keluar tidak mengganggu kenyamanan ruangan kegiatan dalam bangunan seperti: ruangan keluarga, tidur, tamu dan kerja. Suhu udara dan kelembaban rumah dinyatakan sehat dan nyaman, apabila suhu udara dan kelembaban udara ruangan sesuai dengan suhu tubuh manusia normal. Suhu udara dan kelembaban ruangan

sangat dipengaruhi oleh penghawaan dan pencahayaan. Penghawaan yang kurang atau tidak lancar akan menjadikan ruangan terasa pengap atau sumpek dan akan menimbulkan kelembaban tinggi dalam ruangan. Untuk mengatur suhu udara dan kelembaban normal untuk ruangan dan penghuni dalam melakukan kegiatannya, perlu memperhatikan: (1) keseimbangan penghawaan antara volume udara yang masuk dan keluar; (2) Pencahayaan yang cukup pada ruangan dengan perabotan yang tidak bergerak; (3) Menghindari perabotan yang menutupi sebagian besar luas lantai ruangan.

2.4. Kenyamanan Termal

Manusia memerlukan kondisi fisik tertentu di sekitarnya yang dianggap nyaman untuk melaksanakan aktivitatsnya di dalam ruang agar terlaksana secara baik. Salah satu persyaratan kondisi fisik yang nyaman adalah suhu nyaman, yaitu suatu kondisi termal udara di dalam ruang yang tidak mengganggu tubuhnya. Suhu ruang yang terlalu rendah akan mengakibatkan kedinginan atau menggigil, sehingga kemampuan beraktivitas menurun. Sementara itu, suhu ruang yang tinggi akan mengakibatkan kepanasan dan tubuh berkeringat, sehingga mengganggu aktivitas dan produktivitas.

ASHRAE (*American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineer*) (1992) mendefinisikan kenyamanan termal sebagai suatu pemikiran atas kepuasan yang didapat dari sebuah kondisi termal. Oleh kerana kenyamanan adalah sebuah pemikiran, persamaan empirik harus digunakan untuk mengaitkan tanggapan kenyamanan terhadap tubuh manusia. Kenyamanan termal merupakan kepuasan yang dialami oleh seorang manusia yang menerima suatu keadaan termal. Keadaan ini dapat dialami secara sedar ataupun tidak. Namun begitu, apabila keadaan berubah maka ia akan merasa tidak nyaman. Pemikiran akan suhu netral atau suhu tertentu yang sesuai untuk seseorang dinilai agak kurang tepat karena nilai kenyamanan bukan merupakan konsep yang pasti dan berbeda bagi setiap individu. Fanger (1970), dalam bukunya *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering*, menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal pada manusia antara lain:

1. Tingkat metabolisme;
2. Penyerapan termal oleh pakaian;
3. Suhu udara;

4. Rata-rata suhu radiasi;
5. Kadar kelembapan udara relatif dan;
6. Tekanan uap air pada udara sekitar.

Meskipun keadaan kenyamanan berbeda bagi setiap individu, terdapat sebuah zona di mana setiap individu dapat merasa nyaman. Zona ini dapat disebut dengan zona kenyamanan. Menurut Grey dan Deneke (1978), empat elemen utama iklim mikro yang dominan mempengaruhi manusia yaitu radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan pergerakan udara, dimana interaksi keempatnya membentuk zona kenyamanan bagi manusia.

Hoppe dalam Luddityawan (2014) menjelaskan bahwa suhu manusia naik ketika suhu ruang dinaikkan sekitar 21°C. Kenaikan lebih lanjut pada suhu ruang tidak menyebabkan suhu kulit naik, namun menyebabkan kulit berkeringat. Pada suhu ruang sekitar 20°C adalah suhu dimana kenyamanan untuk kulit manusia dapat tercapai. Selain suhu udara, suhu radiasi matahari dari sekeliling permukaan (plafon, dinding, pintu, jendela dan lantai) juga ikut mempengaruhi kenyamanan ruang. Sementara itu, pengaruh kelembapan udara pada kenyamanan ruang tidak sebesar pengaruh suhu udara. Faktor kecepatan udara juga mempengaruhi kenyamanan termal, dimana semakin besar kecepatan udara akan berpengaruh terhadap semakin rendahnya suhu kulit manusia.

Lippsmeir (1994) menyebutkan bahwa batas-batas kenyamanan untuk kondisi khatulistiwa adalah pada kisaran suhu udara 22,5°C - 29°C dengan kelembaban udara 20 – 50%. Selanjutnya dijelaskan bahwa nilai kenyamanan tersebut harus dipertimbangkan dengan kemungkinan kombinasi antara radiasi panas, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan udara. Penyelesaian yang dicapai menghasilkan suhu efektif (TE). Suhu efektif ini diperoleh melalui beberapa percobaan yang mencakup suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan udara. Menurut penelitian, batas-batas kenyamanan untuk kondisi khatulistiwa adalah 19°TE (batas bawah) - 26°TE (batas atas). Pada suhu 26°TE, banyak manusia mulai berkeringat. Sementara itu kemampuan kerja manusia mulai menurun pada suhu 26,5°TE - 30°TE. Kondisi lingkungan mulai sulit bagi manusia pada suhu 33,5°TE – 35,5°TE dan tidak memungkinkan lagi pada suhu 35°TE - 36°TE.

Beberapa faktor penentu kenyamanan termal yang telah disebutkan yakni suhu udara, radiasi, kelembaban udara, dan tekanan uap air pada udara merupakan

bagian dari iklim. Smith (2001) menyebutkan bahwa iklim adalah akumulasi suhu udara, dinamika (angin, gerak vertikal, arus lautan), termodinamika, hidrologi (kelembaban udara, awan, total kolom kelembaban, daratan dan permukaan air), sistem global (tekanan dan densitas atmosfer, salinitas lautan) dan pengaruh presipitasi, evapotranspirasi, turbulensi, dan sebagainya. Hal ini menjelaskan bahwa pengkondisian lingkungan bangunan untuk mencapai kenyamanan termal dapat melalui penyesuaian terhadap iklim di sekitar bangunan, secara arsitektural beberapa diantaranya yakni dengan mempertimbangkan perletakan bangunan (orientasi bangunan terhadap matahari dan angin), memanfaatkan elemen-elemen lansekap untuk mengkondisikan udara di sekitar, atau dengan pemakaian material/bahan bangunan yang tanggap terhadap karakter iklim di sekitar bangunan.

2.5. Evapotranspirasi Tanaman

Evapotranspirasi adalah menguapnya air menuju atmosfer melalui dua proses yakni evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah menguapnya air dari badan air yang terbuka, seperti danau, waduk, lahan basah, lahan terbuka dan permukaan salju. Sedangkan transpirasi adalah proses menguapnya air dari suatu tanaman hidup. Beberapa faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai evapotranspirasi tanaman adalah karakteristik air, tanah dan permukaan tanaman. Faktor lain yang tak kalah penting adalah radiasi sinar matahari, permukaan air, kecepatan angin, kerapatan dan jenis vegetasi, kelembaban tanah, kedalaman akar, karakteristik refleksi oleh permukaan tanah, serta pengaruh musim (Hanson, 1991). Melalui proses-proses fisiologis, tumbuhan melakukan evapotranspirasi dan fotosintesis. Proses ini menyerap karbondioksida (CO_2), untuk memproduksi oksigen (O_2), dan melepaskan uap air ke udara untuk menyesuaikan suhu di sekitar tumbuhan.

Mekanisme utama efek pendinginan udara perkotaan dikaitkan dengan evapotranspirasi, dimana energi radiasi yang menentukan keseimbangan energi permukaan berubah menjadi tidak nampak, berbeda dengan panas yang dapat dirasakan. Beberapa penelitian di kawasan gurun, dengan menggunakan model permukaan perkotaan terskala pada udara terbuka, menunjukkan bahwa proporsi panas latent yang tidak teratur berkaitan langsung dengan rasio antara total daerah bervegetasi dengan total luas permukaan perkotaan (Pearlmuter et al., 2009). Hal

ini menunjukkan bahwa efek pendinginan evaporative tidak hanya tergantung pada besarnya ruang hijau perkotaan, tetapi juga ditentukan oleh ketinggian dan kepadatan bangunan di kawasan perkotaan. Selain itu, efek moderasi termal vegetasi tidak hanya bersifat evaporative, tetapi juga radiatif; sehingga permukaan lahan suhunya lebih rendah dan efek naungan langsung kepada para pejalan kaki (Soemarno, 2013).

Grey dan Deneke (1978) menyebutkan bahwa pohon sebagai pendingin udara alami mampu mentranspirasikan 400 liter air/hari setiap pohnnya melalui evapotranspirasi (setara lima pendingin ruangan yang setiapnya berkapasitas 2500 kcal/jam dan beroperasi 20 jam/hari). Tajuk pepohonan yang rapat, secara efektif dapat menurunkan efek peningkatan radiasi matahari pada siang hari dan menahan turunnya suhu pada malam hari.

2.6. Tinjauan Umum Tata Vegetasi sebagai Elemen Ruang Luar

Tata vegetasi adalah salah satu elemen penyusun lansekap yang dapat menghadirkan keindahan bagi lingkungan sekitarnya. Vegetasi merupakan bagian dari elemen lembut (*soft material*) yang terdiri dari tanaman pohon, perdu, semak, penutup tanah dan air yang memberikan kesegaran dan membentuk iklim mikro setempat. Vegetasi dapat ditata sedemikian rupa agar mampu berfungsi sebagai pembentuk ruang, pengendalian suhu ruang, memperbaiki kondisi tanah, dan berbagai macam fungsi lainnya. Berdasarkan fungsinya dalam lansekap secara umum, Hakim(1991) mengemukakan bahwa tanaman dapat berfungsi sebagai:

- a. Pengontrol pemandangan (Visual control)
- b. Penghalang secara fisik (Physical Barriers)
- c. Pengontrol iklim (Climate Control)
- d. Pelindung dari erosi (Erosion Control)
- e. Memberikan nilai estetika (Aesthetics Values).

Fungsi-fungsi tersebut dapat dipenuhi dengan pemilihan dan penataan vegetasi sesuai dengan karakter masing-masing tanaman.

Secara arsitektural, tanaman diklasifikasikan oleh beberapa istilah antara lain tajuk, bentuk massa dan struktur tanaman. Menurut DPU (1996), pengertian dari istilah-istilah tersebut antara lain:

- a. Tajuk, merupakan keseluruhan bentuk dan kelebaran maksimal tertentu dari ranting dan daun suatu tanaman.

b. Struktur Tanaman ialah bentuk tanaman yang terlihat secara keseluruhan.

Berdasarkan ketiga klasifikasi tersebut, yakni bentuk massa, tajuk dan struktur tanaman, Laurie (1986) dan Djuwita (2007) mengelompokkan tanaman menjadi :

a. Tanaman pohon

Tanaman pohon adalah jenis tanaman berkayu yang biasanya mempunyai batang tunggal dan dicirikan dengan pertumbuhan yang sangat tinggi. Tanaman berkayu adalah tanaman yang membentuk batang sekunder dan jaringan xylem yang banyak. Pada umumnya, tanaman pohon digunakan sebagai tanaman pelindung dan center point. Flamboyan dan dadap merah termasuk jenis tanaman pohon. Namun demikian pengelompokan pohon lebih dicirikan oleh ketinggiannya yang mencapai lebih dari 8m.

b. Tanaman perdu

Tanaman golongan perdu merupakan tanaman berkayu yang pendek dengan batang yang cukup kaku dan kuat untuk menopang bagian-bagian tanaman. Golongan perdu biasanya dibagi menjadi tiga, yaitu perdu rendah, perdu sedang, dan perdu tinggi. Bunga sikat botol, krossandra dan euphorbia termasuk dalam golongan tanaman perdu.

c. Tanaman semak (*shrubs*)

Tanaman golongan semak dicirikan dengan batang yang berukuran sama dan sederajat. Bambu hias termasuk dalam golongan tanaman ini. Pada umumnya tanaman ini mempunyai ketinggian di bawah 8 m.

d. Tanaman merambat (liana)

Tanaman golongan liana lebih banyak digunakan untuk tanaman rambat dan tanaman gantung. Liana dicirikan dengan batang yang tidak berkayu dan tidak cukup kuat untuk menopang bagian tanaman lainnya. Alamanda termasuk dalam golongan tanaman liana.

e. Tanaman Herba, Terna, Bryoids dan Sukulen

Golongan herba (herbaceous) atau terna merupakan jenis tanaman dengan sedikit jaringan sekunder atau tidak sama sekali (tidak berkayu) tetapi dapat berdiri tegak. Kana dan tapak darah termasuk dalam golongan tanaman herba.

Tanaman bryoids, terdiri dari lumut, paku-pakuan, dan cendawan. Ukurannya dibagi berdasarkan tinggi vegetasi. Bentuk dan ukuran daunnya ada yang besar, lebar, menengah, dan kecil (jarum dan rumput-rumputan) dan campuran. Tekstur daunnya beragam, ada yang keras, tipis dan sukulen. Bentuk penutupannya (*coverage*) biasanya sangat beragam, ada tumbuhan yang sangat tinggi dengan penutupan horizontal dan luas, relatif dapat sebagai penutup, ada yang menyambung dan terpisah-pisah. Penutupan tumbuhan merupakan indikasi dari sistem akar di dalam tanah. Sistem akar sangat penting dan mempunyai pengaruh kompetisi pada faktor-faktor ekologi.

Tanaman sukulen adalah jenis tanaman 'lunak' yang tidak berkayu dengan batang dan daun yang mampu menyimpan cadangan air dan tahan terhadap kondisi yang kering. Kaktus termasuk dalam golongan tanaman sukulen.

2.6.1. Karakteristik tanaman dalam pembentukan ruang

Unsur estetika / artistik visual sangat penting dalam membentuk ruang dan karakter arsitektural melalui penataan yang baik. Masing-masing tanaman memiliki karakter yang khas. Membentuk ruang berarti mengolah tanaman sebagai pembatas maupun pengisi ruang. Menurut Irwan (2005) dan DPU(1996), berdasarkan fungsinya, tanaman sebagai pembentuk dan pengisi ruang diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Tanaman Pelantai (*Ground Cover*)

Tanaman pelantai adalah tanaman yang membentuk kesan lantai. Tanaman kelompok ini termasuk tanaman penutup tanah seperti rerumputan dan lumut. Tanaman ini memiliki tinggi sekitar mata kaki. Selain rumput, beberapa jenis tanaman herba berbunga juga sering dimanfaatkan sebagai penutup tanah. Selain untuk menutupi tanah dari curahan air hujan langsung, tanaman hias bunga ini pun memberikan kesan semarak karena akan berbunga pada masanya. Portulaka dan kacanghias merupakan jenis tanaman hias berbunga yang sering digunakan sebagai penutup tanah di taman.

b. Tanaman Pendinding, Pembatas dan Pengarah

Tanaman pendinding adalah tanaman yang membentuk kesan dinding, dibagi menjadi :

- 1) Tanaman yang membentuk dinding rendah, yaitu tanaman setinggi mata kaki sampai setinggi lutut seperti semak yang masih pendek dan tanaman border (pembatas);
- 2) Tanaman yang membentuk dinding sedang, yaitu tanaman yang setinggi lutut sampai setinggi badan seperti semak yang sudah besar dan perdu;
- 3) Tanaman yang membentuk dinding tinggi, yaitu tanaman yang setinggi badan sampai beberapa meter seperti tanaman perdu dan beberapa jenis cemara dan bambu.

Selain sebagai physical barrier, tanaman ini dapat berfungsi menjadi pengarah pergerakan, pengontrol visual, kebisingan maupun debu dan polutan lainnya.

Tanaman pembatas, pengarah dan pembentuk pandangan adalah jenis tanaman berbentuk pohon atau perdu yang berfungsi sebagai pembatas pemandangan yang kurang baik, pengarah gerakan bagi pemakai jalan pada jalan yang berbelok atau menuju ke suatu tujuan tertentu, juga karena letak dapat memberikan kesan yang berbeda sehingga dapat menghilangkan kejemuhan bagi pemakai jalan.

Tanaman pengarah, penahan dan pemecah angin adalah jenis tanaman yang berfungsi sebagai pengarah, penahan dan pemecah angin, dapat berbentuk pohon atau perdu yang diletakkan dengan suatu komposisi membentuk kelompok.

c. Tanaman Pengatap atau Peneduh

Tanaman peneduh atau pengatap adalah jenis tanaman berbentuk pohon dengan percabangan yang tingginya lebih dari 2 meter, mempunyai percabangan melebar ke samping seperti pohon yang rindang dan dapat memberikan keteduhan dan menahan silau cahaya matahari, terutama bagi pejalan kaki. Bentuk pengatapan juga dapat menggunakan tanaman pergola seperti bougenvile dan stefanot.

d. Tanaman sebagai Ornamen dan Pengisi Ruang

Tanaman sebagai ornamen atau penghias adalah tanaman yang mempunyai warna menarik pada bunga, daun, kulit batang atau dahan, serta

yang bertajuk indah. Sebagai tanaman penghias, bisa dimanfaatkan untuk menghias dinding, pengisi ruang atau yang lainnya. Kehadiran tanaman pengisi ruang cenderung menjadi point of interest melalui penataan yang sculptural. Tanaman untuk fungsi ini bisa ditanam secara sendirian atau berkelompok (komunal).

2.7. Tinjauan Tanaman Produktif (Sayur dan Tanaman Obat Keluarga)

Tanaman produktif adalah tanaman yang menghasilkan baik buah, bunga, biji dan daun yang berguna untuk dimakan, maupun untuk obat yang dapat memenuhi kebutuhan jasmaniah (Irwan, 2008). Sedangkan TOGA adalah singkatan dari tanaman obat keluarga, yang pada hakekatnya adalah jenis tanaman yang berkhasiat sebagai obat dalam rangka memenuhi keperluan keluarga akan obat-obatan (Tukiman, 2004). Dengan menanam tanaman produktif, taman dapat memenuhi kebutuhan jasmaniah dan rohaniah. Pemanfaatan pekarangan dengan tanaman produktif seperti tanaman holtikultura (tanaman buah-buahan, sayur-sayuran dan tanaman hias), rempah-rempah, obat-obatan, bumbu-bumbuan dan lainnya akan memberikan keuntungan yang berlipat ganda (Irwan, 2008).

2.7.1. Tanaman Sayur dan TOGA pada Lingkungan Rumah Tinggal

Tempat tinggal dan lingkungan alam yang sehat, aman dan nyaman merupakan faktor penting yang mempengaruhi mutu kehidupan manusia, sama dengan halnya pangan.. Dari segi psikologis, perasaan nyaman, tenram, dan relaks sebagian besar diperoleh dari alam, misalnya melalui tanaman baik yang ditanam dikebun maupun didalam pot. Warna hijau dan, warna bunga serta aromanya akan memberikan suasana tenang dan nyaman, menimbulkan keceriaan dan mempengaruhi kerja otak dan pikiran.

Dari segi kesehatan fisik, tanaman dapat dijadikan obat-obatan bila tubuh mengalami gangguan kesehatan, menjadi penangkal debu maupun pelindung dari sinar matahari secara langsung (Ernofia, 2013). Lahan terbuka pada rumah tinggal di perkotaan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan untuk perbaikan gizi, memberikan kenyamanan dan keindahan, serta melestarikan lingkungan. Penataan bentuk dan polanya dapat berbeda-beda, tergantung pada banyak faktor, misalnya: luas tanah, ketinggian dari permukaan laut (elevasi), keadaan iklim, jenis tanaman, dan sebagainya (Rukmana, 2005).

2.7.2. Tinjauan Umum Tanaman Kumis Kucing

Tanaman kumis kucing (*Orthosiphon aristatus*) merupakan salah satu jenis tanaman obat berupa tumbuhan berbentuk semak dan berbatang tegak. Di alam liar, tanaman ini tumbuh pada habitat dengan kondisi tanah yang agak lembab pada ketinggian 700 m dpl. Selain sebagai tanaman obat, tanaman ini juga dapat dijadikan sebagai tanaman hias.

Kumis kucing termasuk terna (batangnya lunak karena tidak membentuk kayu) tegak yang pada bagian bawah berakar di bagian buku-bukunya dan tingginya dapat mencapai 2 meter. Batang bersegi empat agak beralur berbulu pendek atau gundul. Helai daun berbentuk bundar atau lojong, lanset, bundar telur atau belah ketupat yang dimulai dari pangkalnya, ukuran daun panjang 1 – 10 cm dan lebarnya 7.5mm – 1.5cm. Urat daun sepanjang pinggir berbulu tipis atau gundul, dimana kedua permukaan berbintik-bintik karena adanya kelenjar yang jumlahnya sangat banyak, panjang tangkai daun 7 – 29cm. Ciri khas tanaman ada pada bagian kelopak bunga berkelenjar, urat dan pangkal berbulu pendek dan jarang sedangkan di bagian yang paling atas gundul (Herawaty dan Novianti, 2006).



Gambar 2.3. Tanaman Kumis Kucing
Sumber : <http://indonesianplants.blogspot.com/>

Secara tradisional kumis kucing dapat digunakan sebagai obat untuk mengobati penyakit radang, peluruh kencing (diuretik), menghilangkan panas serta menghancurkan batu saluran ginjal. Kandungan kimia yang terdapat pada

tanaman kumis kucing adalah orthosiphon, polyphenol, saponin, sapofonin, flavonoid, mioinositol, garam kalium (Kusumaningrum, 2005).

2.7.3. Tinjauan Umum Tanaman Bayam Merah (Ingler)

Bayam merah, dengan nama latin *Alternanthera amoena* Voss, termasuk tanaman setahun atau lebih yang berbentuk perdu dengan tinggi yang dapat mencapai $\pm 1\frac{1}{2}$ m. Sistem perakarannya menyebar dangkal pada kedalaman antara 20 – 40 cm, dan memiliki akar tunggang karena termasuk tanaman dikotil (berbiji keping dua). Batang bayam merah berwarna merah dengan kandungan air yang banyak, serta tumbuh tinggi di atas permukaan tanah. Daun bayam umumnya berbentuk bulat telur dengan ujung agak meruncing, dan urat-urat daunnya jelas (Rukmana, 1994:18).

Di Indonesia, bayam merah dapat tumbuh sepanjang tahun dan ditemukan pada ketinggian 5 – 2 m dpl, tumbuh di daerah panas dan dingin, tetapi tumbuh lebih subur di dataran rendah pada lahan terbuka yang udaranya agak panas. Warna merah pada bayam merah ini disebabkan oleh pigmen antosianin yang terdapat pada tanaman ini. Antosianin adalah pigmen keunguan yang menjadikan warna merah pada bayam jenis ini. Antosianin berperan utama sebagai antioksidan yang dapat mencegah terjadinya oksidasi radikal bebas.



Gambar 2.4. Tanaman Bayam Merah
Sumber : <http://food.detik.com/>

Disamping sebagai tanaman hias dan sayur, bayam merah juga termasuk dalam kelompok Tanaman Obat Keluarga (TOGA) yang dapat digunakan untuk meredakan sakit kepala, tekanan darah rendah, serta untuk penambah darah.

2.8. Penelitian Terdahulu

Dasar atau acuan berupa teori-teori atau temuan-temuan melalui hasil berbagai penelitian sebelumnya merupakan hal yang tak dapat diabaikan karena dapat dijadikan sebagai data pendukung. Salah satu data pendukung yang perlu dijadikan pedoman adalah hasil dari penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang sedang dibahas dalam penelitian ini. Penelitian terdahulu yang dijadikan acuan adalah terkait masalah pendinginan alami sebagai upaya peningkatan kualitas termal udara melalui pencapaian kenyamanan termal dengan memanfaatkan tanaman produktif, yakni sayuran dan TOGA.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sebagian besar menyatakan bahwa variabel pendinginan alami seperti suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi variabel-variabel lain contohnya kualitas udara dan aliran udara. Variabel pendinginan alami juga mempunyai beberapa sub-variabel atau berbagai unsur/komponen seperti kapasitas termal.

Secara khusus, peneliti melakukan inventarisasi terhadap sub-variabel atau komponen-komponen yang terdapat dalam variabel pendinginan alami. Sub-sub variabel dalam variabel pendinginan alami ini sekaligus akan menjadi acuan dalam menentukan berapa variabel yang diterapkan pada tata vegetasi horizontal sebagai upaya peningkatan kualitas termal udara secara alami pada bangunan. Selanjutnya skema hasil penelitian tersebut disusun dalam sebuah tabel yang disusun berdasarkan tahun penelitian dari yang terdahulu hingga yang terbaru. Untuk memudahkan pemahaman terhadap bagian ini, dapat dilihat pada tabel berikut (Tabel 2.4)

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu dan Variabelnya

No.	Tahun	Peneliti	Judul Penelitian	Variabel yang Terkait	Kontribusi
1	2013	Rawuli	Taman Vertikal Sebagai Sistem Pendingin Udara Alami Pada Pemukiman Perkotaan Malang.	1. Suhu 2. Kelembaban 3. Penataan Taman Vertikal Diagonal dan Penuh	Data terkait efektifitas konfigurasi penataan tanaman secara vertikal dengan tanaman sayur.
2	2014	Luddityawan	Taman Vertikal Sebagai Pendinginan Alami Pada Rumah Sederhana Sehat Griya Saxophone Kecamatan Lowokwaru - Kota Malang	1. Tinggi penataan taman vertikal 2. Jarak taman vertikal 3. Kapasitas termal tanaman 4. Karbondioksida 5. Suhu udara	Data terkait efektifitas pendinginan alami pada 4 jenis tanaman, yakni kumis kucing, bayam merah, sawi, dan seledri.

Pada penelitian terdahulu pada objek penelitian ketiganya adalah sama, namun dua diantaranya, yakni penelitian oleh Rawuli dan Luddityawan menggunakan sistem yang sama yaitu taman vertikal sebagai sistem pencapaian pendinginan alami pada bangunan. Terdapat perbedaan variabel pada keduanya, variabel yang dipakai pada penelitian Rawuli adalah suhu, kelembapan dan penataan taman vertikal secara penuh dan diagonal, sedangkan Luddityawan menggunakan variabel jarak ketinggian tanaman terhadap permukaan tanah, jarak tanaman terhadap bangunan, kapasitas termal, kadar CO₂ dan suhu udara.

Masing-masing kesimpulan menyebutkan bahwa penurunan suhu dengan menggunakan tanaman produktif berukuran perdu berkisar antara 1 – 4 °C melalui penataan taman vertikal. Penelitian oleh Luddityawan menyimpulkan bahwa jenis tanaman produktif yang paling efektif dalam menurunkan suhu pada penataan taman vertikal adalah tanaman sawi, yang mampu menurunkan kadar CO₂ hingga 30 – 80 ppm pada siang hari.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan dan jenis penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penataan vegetasi produktif secara horizontal terhadap kenyamanan termal pada rumah tinggal dengan lahan terbatas dalam sebuah kompleks perumahan. Penataan vegetasi ini mengacu pada literatur dan kondisi eksisting lokasi. Adapun urutan langkah dalam penelitian ini meliputi pengaruh konfigurasi pada elemen luar bangunan berdasarkan tinjauan pustaka, kondisi eksisting lokasi atau objek bangunan, modifikasi konfigurasi dan geometri tata vegetasi.

Pengaruh konfigurasi tata vegetasi pada lahan terbuka rumah tinggal terhadap penyerapan CO₂ sebagai salah satu faktor penurunan suhu dalam ruang dikaji melalui pengukuran lapangan. Sementara konfigurasi dan modifikasi geometri tata vegetasi yang berkaitan dengan pengaruh termal tanaman dilakukan untuk memaksimalkan penurunan suhu. Langkah-langkah tersebut dilakukan sesuai target waktu penelitian melalui tata vegetasi horizontal, pada lahan terbuka rumah tinggal dengan menggunakan metode kuantitatif dengan analisis statistik.

3.2. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Dalam menunjang dan mendukung penelitian ini diperlukan beberapa data, selain digunakan sebagai informasi dari objek penelitian juga nantinya akan digunakan sebagai bahan atau dasar melakukan analisa pengaruh tata letak vegetasi horizontal terhadap penurunan suhu suatu ruangan.

Data-data yang dibutuhkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pengukuran langsung pada obyek penelitian di lapangan. Data ini bersifat kuantitatif yang terkait dengan kenyamanan termal, yaitu data suhu udara, kelembapan udara, dan beberapa variabel lain terkait kualitas udara pada sekitar objek penelitian. Pengumpulan data dilakukan mulai bulan April hingga Juni dengan kondisi cuaca cerah. Sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur yang memiliki keterkaitan dengan objek maupun bentuk penelitian. Literatur ini kemudian dianalisa sesuai dengan kebutuhan dan kondisi objek di lapangan.

3.3. Populasi dan sampel penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua objek yang dijadikan fokus, yaitu objek konfigurasi tata vegetasi secara horizontal pada lahan terbuka bangunan rumah tinggal dan objek bangunan rumah tinggal dengan lahan terbuka yang terbatas. Dengan pemilihan objek penelitian tersebut, dihasilkan dua populasi yaitu populasi konfigurasi tata vegetasi horizontal pada lahan terbuka rumah tinggal dan populasi bangunan rumah tinggal dengan lahan terbatas.

Objek bangunan untuk penelitian berlokasi di Kelurahan Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Bangunan ini berupa rumah tinggal dengan lahan terbatas pada Perumahan Griya Saxofone. Pemilihan Kecamatan Lowokwaru didasarkan atas beberapa pertimbangan yaitu terdapatnya tata guna lahan permukiman, industri dan perdagangan dengan penggunaan lahan terbesar di Kota Malang sehingga memungkinkan terjadinya fenomena *urban heat island*.

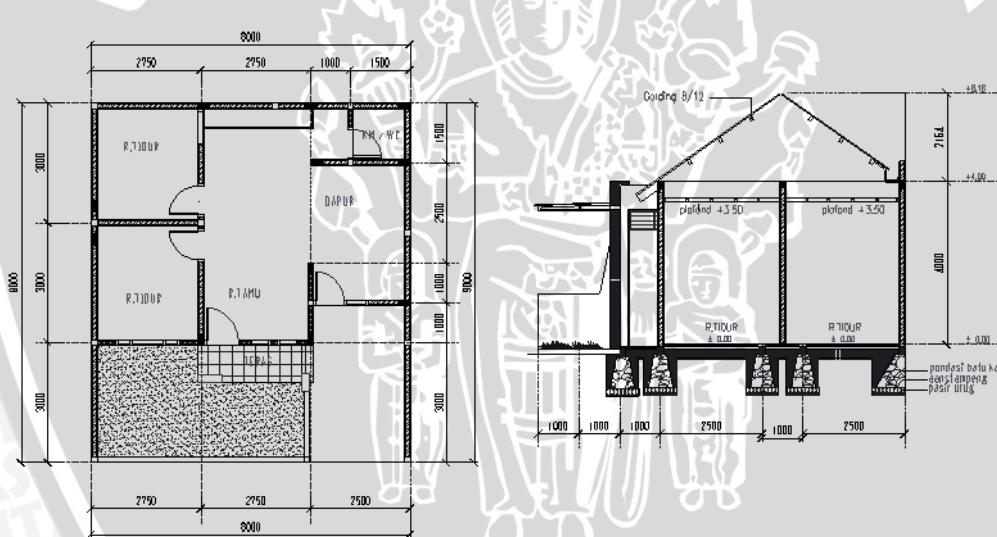


Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian (Perumahan Griya Saxophone)

Objek bangunan penelitian ini berupa rumah tinggal dengan keterbatasan lahan terbuka yang berlokasi di Perumahan Griya Saxophone No.42, kawasan perumahan ini memiliki luas kaveling yang tipikal. Objek pada penelitian ini memiliki dua lokasi penelitian yang akan dikaji, yang pertama berupa ruang dalam yang bersebelahan langsung dengan lahan terbuka pada bangunan rumah tersebut dan yang kedua adalah lahan terbuka yang bersebelahan dengan ruang tersebut, yang berada di bagian depan rumah. Ruang dalam yang dikaji pada bangunan objek penelitian ini memiliki dimensi lebar 3,00 meter dan panjang 3,00 meter, dengan ketinggian plafon 3,50 meter dari permukaan lantai. Objek bangunan rumah ini menghadap ke arah timur sehingga bagian depan rumah mendapatkan sinar matahari secara langsung. Ruangan ini tidak memiliki sistem penghawaan aktif dan hanya memanfaatkan ventilasi dan jendela untuk memenuhi kebutuhan penghawaan.



Gambar 3.2 Bangunan rumah tinggal Perumahan Griya Saxophone No. 42



Gambar 3.3 Denah dan potongan bangunan Griya Saxophone No.42

Elemen vegetasi pada lahan terbuka bangunan, yang ditata secara horizontal, akan memanfaatkan jenis tanaman sayur dan tanaman obat keluarga (TOGA) terkait dengan konsep keberlanjutan (*sustainability*). Pemanfaatan tanaman sayur dan TOGA yang dipilih menyesuaikan dengan penelitian sebelumnya oleh Luddityawan (2014) dengan beberapa pertimbangan antara lain:

1. Ketahanan pada kondisi iklim di lokasi penelitian
2. Dapat mendukung fungsi estetika

3. Ketahanan pangan (*food sustainability*)
4. Bermanfaat dalam pengobatan herbal
5. Penyerapan kalor yang besar.

Dari pertimbangan-pertimbangan tersebut maka tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah kumis kucing dan bayam merah. Beberapa faktor yang juga menjadi pertimbangan untuk mencapai tujuan penelitian berkaitan dengan penyerapan CO₂ oleh tanaman sebagai upaya penurunan suhu antara lain:

1. Dimensi lebar daun, berpengaruh terhadap proses transpirasi terkait dengan pelepasan oksigen
2. Daya serap polutan, berkaitan dengan pencemaran pada udara di sekitar tanaman agar dapat direduksi secara optimal
3. Umur panen yang cepat, berhubungan dengan pemanfaatan tanaman sehingga dapat dipanen sewaktu-waktu
4. Kemudahan proses penanaman, berkaitan dengan efektifitas penelitian

3.4. Variabel Penelitian

Penelitian pada konfigurasi tata vegetasi secara horizontal sebagai upaya peningkatan kualitas termal secara alami pada rumah tinggal dengan keterbatasan lahan terbuka ini memiliki beberapa variabel diantaranya adalah tata letak tanaman secara horizontal, jarak tanaman terhadap bangunan, kapasitas termal tanaman, dan suhu udara.

3.4.1. Definisi operasional variabel penelitian

1. Tata letak tanaman secara horizontal adalah konfigurasi horizontal posisi tanaman yang digunakan sebagai bahan penelitian pada lahan terbuka bangunan sebagai bagian dari elemen luar bangunan rumah tinggal (taman).
2. Jarak tanaman terhadap bangunan adalah jarak peletakan tanaman pada ruang luar bangunan terhadap objek bangunan
3. Kapasitas termal tanaman adalah pengaruh suhu luas permukaan daun tanaman terhadap kondisi termal, dapat diketahui menggunakan alat berupa kamera inframerah suhu
4. Suhu udara adalah tingkat atau derajat panas dari kegiatan molekul dalam atmosfer yang dinyatakan dalam skala celcius.

3.5. Tahapan, Alat, Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini membutuhkan beberapa tahapan, dukungan beberapa alat sesuai dengan variabel penelitian, serta penentuan lokasi dan waktu yang tepat agar tercapai tujuan penlitian.

3.5.1. Tahapan penelitian

Pelaksanaan penelitian ini memiliki beberapa langkah atau tahapan-tahapan yang harus ditempuh sebagai berikut:

1. Mengumpulkan pustaka dan literatur untuk mendasari dan menunjang penelitian ini antara lain tentang tata vegetasi pada ruang luar bangunan, pengaruh termal pada jenis tanaman dan penurunan suhu melalui proses evapotranspirasi oleh tanaman.
2. Menetapkan permasalahan dan tujuan penelitian.
3. Menetapkan variabel penelitian dengan mengacu pada literatur yang didapat, diperoleh 4 variabel antara lain tata letak tanaman, jarak tanaman terhadap bangunan, kapasitas termal tanaman dan suhu udara.
4. Menetapkan konfigurasi penataan vegetasi secara horizontal untuk mencapai kenyamanan termal, konfigurasi yang dimaksud adalah penataan posisi tanaman pada lahan terbuka bangunan rumah tinggal dengan jarak dan pola tertentu.
5. Mengkalibrasikan alat yang akan digunakan dalam penelitian dengan urutan tahapan pengukuran.
6. Mengukur variabel-variabel penelitian dan merekam data hasil pengukuran
7. Mengolah data hasil penelitian.
8. Melakukan analisis data hasil pengukuran melalui metode analisis yang telah ditentukan dengan membandingkan data-data hasil pengukuran.

3.5.2. Alat ukur

Penelitian ini menggunakan alat ukur dengan 2 macam fungsi yakni alat ukur penelitian dan alat ukur analisis data penelitian. Alat ukur utama pada penelitian ini adalah HOBO *Data Logger*, *Oxygen Meter* dan GE Telaire yang digunakan pada tahap awal pengukuran.

1. HOBO U12 Temperature/Relative Humidity Data Logger

HOBO U12 *Temperature / Relative Humidity Data Logger* adalah alat untuk memonitor dan mengukur temperatur dan kelembapan udara sekitar. Alat ini merekam suhu dan kelembapan secara otomatis dalam frekuensi waktu yang ditentukan. Data yang diperoleh dapat diambil dan diolah melalui perangkat lunak yang telah disediakan oleh produsen alat ini.



Gambar 3.4 HOBO U12 *Temperature / Relative Humidity Data Logger*

2. Oxygen Meter

Berupa alat ukur manual dengan menggunakan sensor polarografik dan sensor suhu untuk mengukur kadar oksigen terlarut, baik pada udara maupun cairan. Penggunaannya dalam penelitian ini adalah untuk mengukur kadar oksigen terlarut di udara pada objek penelitian.

3. GE Telaire 7000 Series

Alat ukur ini berupa perangkat genggam (*handheld*) yang berfungsi untuk memonitor kualitas udara di sekitar. Telaire 7000 Series ini secara akurat mengukur kadar CO₂ dan tingkat ventilasi secara *real-time*. Pengukuran pada objek penelitian dilakukan secara manual pada frekuensi waktu yang ditentukan karena alat ini tidak memiliki fitur pengambilan data secara otomatis.



Gambar 3.5 GE Telaire 7000 Series

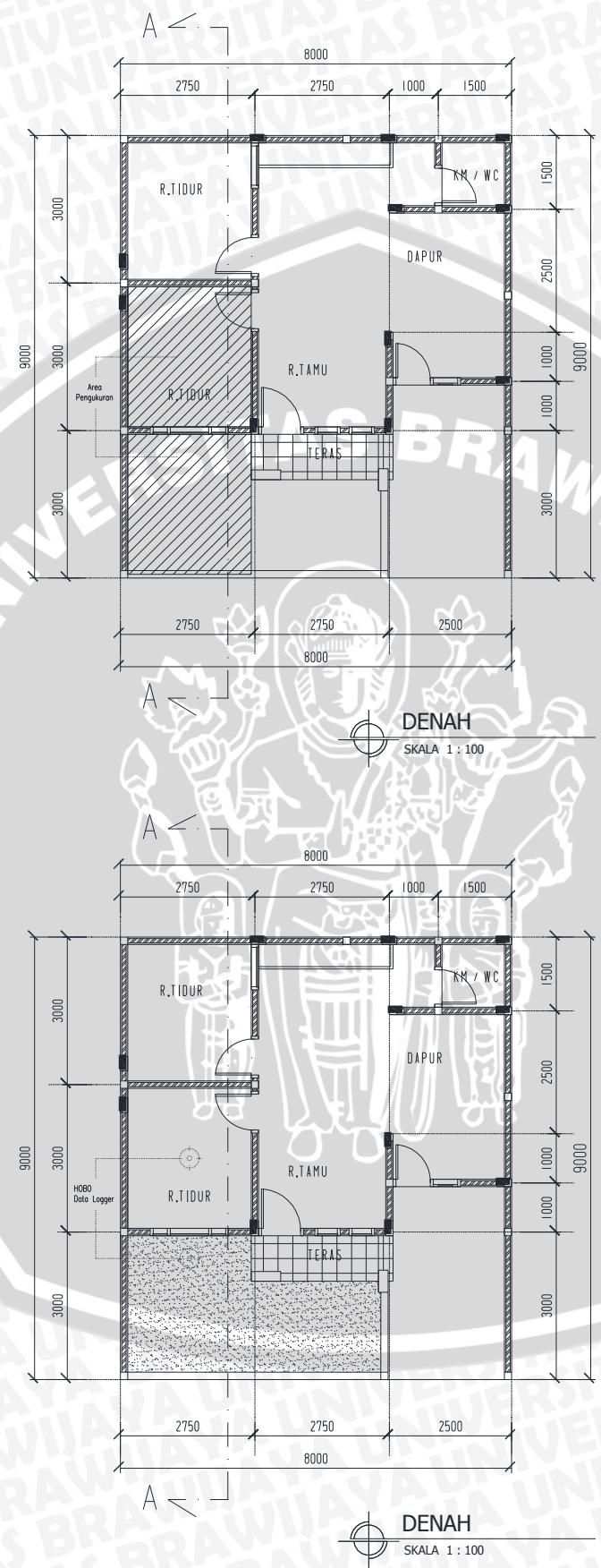
3.5.3. Lokasi pengukuran

Pengukuran dilakukan pada lahan terbuka di bagian depan bangunan dan pada ruang dalam yang langsung berhubungan dengan ruang terbuka. Melalui beberapa pertimbangan dan pengamatan pada kondisi eksisting yang ada, maka pengukuran ruang dalam sebagai objek penelitian dilakukan pada kamar di bagian depan bangunan yang langsung berhadapan dengan lahan terbuka pada bangunan rumah tinggal tersebut. Sedangkan pengukuran di bagian luar bangunan dilakukan pada lahan yang langsung bersinggungan dengan ruang dalam pada bangunan yakni di bagian depan bangunan sebelah selatan. Dari penentuan lokasi ini masing-masing lokasi pengukuran memiliki dimensi panjang dan lebar yang sama, yakni $3 \times 3 \text{ m}^2$.

Peletakan alat pengukur otomatis berupa HOBO U12 *temp/RH Data Logger* pada lokasi penelitian dengan digantungkan pada plafon ruang dalam, dan untuk pengukuran pada ruang luar, alat pengukur digantungkan pada tritisan jendela. Peletakan alat ukur otomatis ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.6 Posisi HOBO U12 *Data Logger* pada ruang luar



Gambar 3.7 Area pengukuran dan posisi HOBO U12 Data Logger pada denah

3.5.4. Waktu dan Metode Pengukuran

Pengukuran otomatis menggunakan alat HOBO Data Logger, pengukuran temperatur ruang dalam dan ruang luar dilakukan setiap 1 jam secara otomatis selama 24 jam dalam 3 hari pada setiap variasi penataan vegetasi. Sebelumnya dilakukan pengambilan data eksisting tanpa ada penataan vegetasi di luar bangunan. Tujuan rentang waktu pengukuran selama 3 hari adalah untuk mendapatkan keakuratan data dalam pengukuran pada setiap jam selama 24 jam.

Sedangkan pengukuran kadar oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2) dengan alat ukur manual dilakukan pada pukul 08.00, 12.00 dan 16.00 sebagai representasi waktu pagi, siang, dan sore dimana manusia pada umumnya banyak melakukan aktivitas.

Data yang terkumpul kemudian dirata-rata menjadi data :

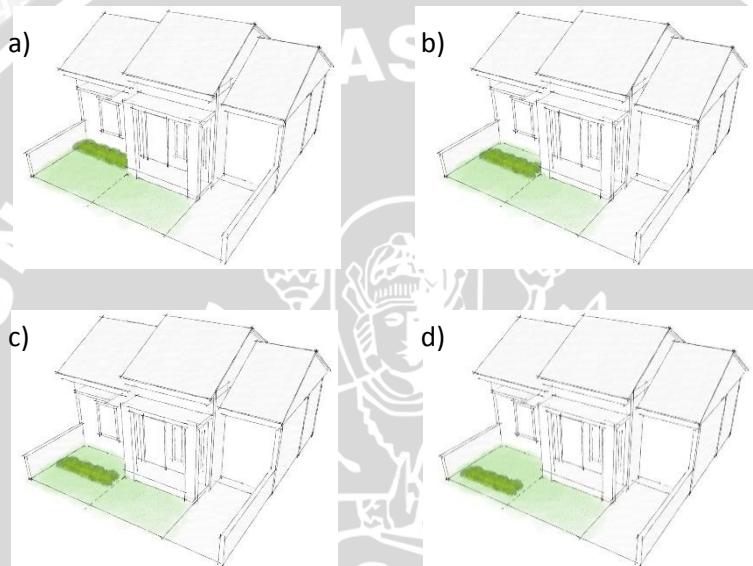
1. Temperatur dan kelembapan eksisting objek penelitian tanpa tata vegetasi selama 3 hari
2. Temperatur rata-rata pada objek penelitian dengan 4 varian konfigurasi jarak dan 2 jenis tanaman
3. Kelembapan rata-rata pada objek penelitian dengan 4 varian konfigurasi jarak dan 2 jenis tanaman
4. Kadar CO_2 dan oksigen pada objek penelitian dengan 4 varian konfigurasi jarak dan 2 jenis tanaman

Data rata-rata temperatur tersebut selanjutnya dipetakan menjadi grafik dan tabel untuk mendapatkan tampilan perilaku temperatur ruang tanpa modifikasi tata vegetasi horizontal dan dengan menggunakan modifikasi konfigurasi tata vegetasi horizontal.

Pengukuran perilaku termal pada bangunan rumah tinggal tanpa konfigurasi tata vegetasi dilakukan hanya dengan sekali pengukuran yakni pengukuran langsung terhadap ruang luar dan ruang dalam bangunan dalam waktu 3 hari. Untuk pengukuran perilaku termal pada bangunan dengan konfigurasi tata vegetasi horizontal dilakukan berdasarkan ragam konfigurasi dan jarak tata vegetasi terhadap bangunan (ruang dalam). Variasi perlakuan pada objek penelitian yakni dengan ragam konfigurasi dan jarak tata vegetasi sebagai berikut (Tabel 3.1 & Gambar 3.8)

Tabel 3.1 Jenis Konfigurasi Penelitian

Keterangan	
X1	Jarak 0 meter
X2	Jarak 0,5 meter
X3	Jarak 1 meter
X4	Jarak 1,5 meter
Y	Jenis Tanaman



Gambar 3.8 Jarak penataan tanaman terhadap bangunan
 a) jarak = 0m; b) jarak = 0,5m; c) jarak = 1m; d) jarak = 1,5m

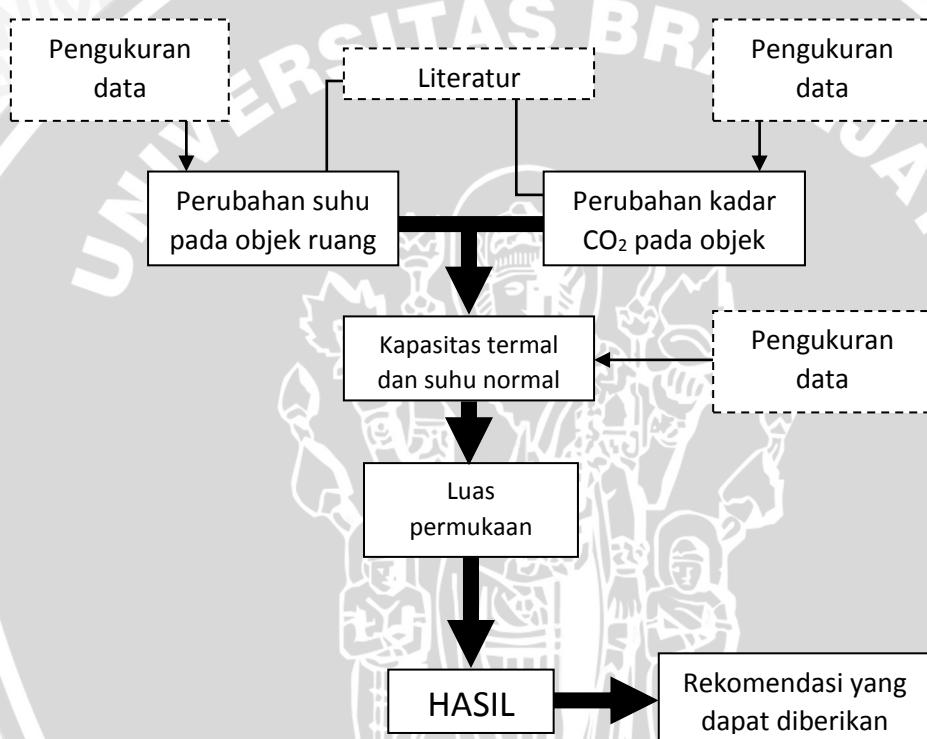
Beberapa variasi konfigurasi tersebut selanjutnya diaplikasikan dengan menggunakan 2 jenis tanaman yang ditentukan, yakni bayam merah dan kumis kucing. Masing-masing jenis tanaman memerlukan 18 hari pengukuran dengan ragam konfigurasi tersebut karena masing-masing konfigurasi membutuhkan waktu 3 hari pengukuran dengan kondisi cuaca cerah.

3.6. Analisis Data

Data yang didapat melalui pengukuran pada penelitian ini ada 2 macam yakni kadar CO₂ dan data temperatur. Data kadar CO₂ pada udara sekitar nantinya dijadikan sebagai tolak ukur terhadap kemampuan penataan vegetasi dalam menyerap CO₂, dengan metode analisa melalui perbandingan luas permukaan daun pada masing-masing jenis tanaman terhadap kadar CO₂ di sekitarnya.

Data temperatur nantinya dijadikan sebagai bahan analisa penurunan suhu oleh penataan vegetasi secara horizontal pada setiap waktu, mulai dari pukul 06.00 pagi hingga 18.00, karena pada penelitian sebelumnya diperoleh hasil bahwa masing-masing tumbuhan memiliki waktu tertentu agar dapat menurunkan suhu secara optimal dalam penataan secara vertikal.

Dengan metode analisa yang melibatkan luas permukaan daun maka dibutuhkan pula data index luas permukaan daun pada tiap konfigurasi dengan 2 jenis tanaman yang telah ditentukan, karena masing-masing tanaman memiliki ketinggian, jumlah dan lebar daun yang berbeda.



Gambar 3.9 Skema Analisa Data

Hasil temuan melalui beberapa tahapan pengukuran dan analisa pada tiap konfigurasi penataan vegetasi secara horizontal sebagai upaya peningkatan kualitas termal secara alami pada udara bangunan rumah tinggal ini, diharapkan sebagai berikut:

1. Jarak penataan terhadap bangunan yang optimal dalam penurunan suhu
2. Konfigurasi penataan yang optimal dalam penurunan suhu
3. Jenis tanaman yang efektif dalam menurunkan suhu terkait dengan kadar CO₂ di sekitar
4. Waktu penurunan suhu yang optimal

3.7. Metode Penelitian

Tahap 1 : Pengumpulan Pustaka dan Literatur

Tata vegetasi pada ruang luar bangunan, pengaruh termal pada jenis tanaman dan penurunan suhu melalui proses evapotranspirasi oleh tanaman.

Tahap 2 : Menetapkan Permasalahan dan Tujuan Penelitian

Pengaruh vegetasi (tanaman produktif) terhadap penurunan suhu melalui proses evapotranspirasi pada kasus rumah tinggal perkotaan sebagai bentuk penerapan teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*)

Tahap 3 : Menetapkan Kondisi Awal Objek Penelitian

Pengukuran objek eksisting tanpa ada pengaruh penataan vegetasi

Tahap 4 : Menetapkan Variabel Penelitian

Tata letak tanaman, jarak tanaman terhadap bangunan, kapasitas termal tanaman dan suhu udara.

Tahap 5 : Menetapkan Konfigurasi Penataan Vegetasi secara Horizontal

Penataan posisi tanaman pada lahan terbuka bangunan rumah tinggal dengan jarak dan pola tertentu

Tahap 6 : Mengkalibrasikan alat

Hobo Data Logger, Telaire, FLIR i3

Tahap 7 : Mengukur Variabel Penelitian

Pengukuran lapangan

Tahap 8 : Mengolah Data Hasil Pengukuran

Identifikasi temuan lapangan

Tahap 9 : Analisis Data Hasil Pengukuran

Penurunan suhu, kapasitas termal, dan penataan vegetasi sesuai dengan metode

Tahap 10 : Rekomendasi Penataan Vegetasi secara Horizontal

1. Tata letak tanaman dan jaraknya terhadap bangunan
2. Jenis tanaman produktif yang efektif
3. Tingkat penurunan suhu dan kadar CO₂ dengan tanaman produktif

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian terhadap penggunaan tata vegetasi horizontal sebagai upaya peningkatan kualitas termal udara yang memanfaatkan tanaman produktif, yakni sayuran dan toga, ini selanjutnya dianalisa melalui kinerja termal, dengan data yang diperoleh melalui pengukuran suhu, karbondioksida, kadar oksigen dan indeks luas daun. Pengukuran ini dilakukan pada bagian dalam dan luar bangunan dengan 2 jenis variasi yakni jarak tanaman terhadap bangunan dan jenis tanaman yang digunakan.

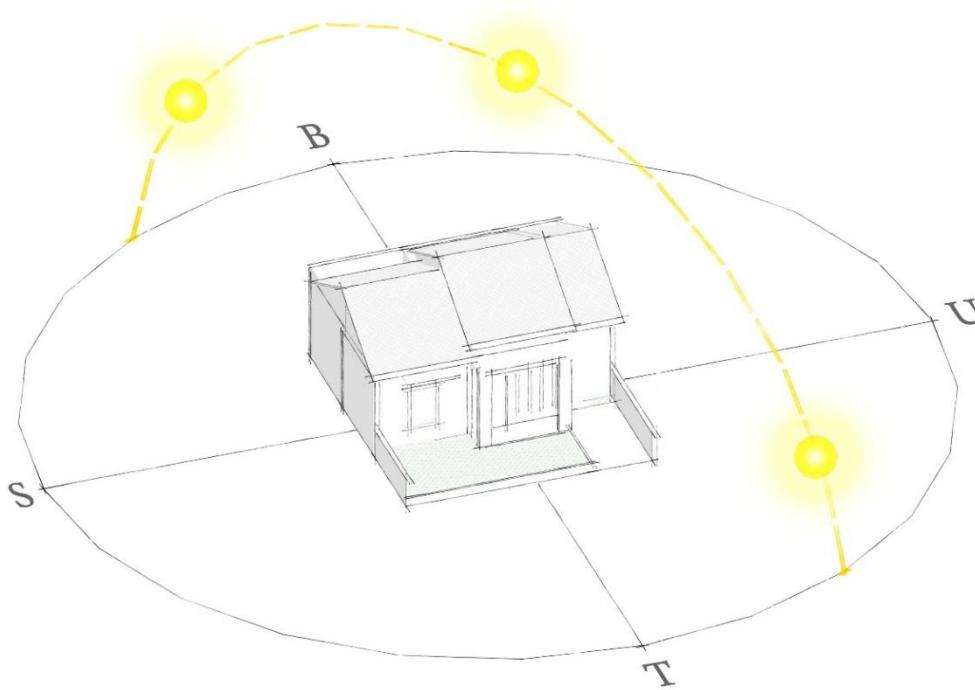
Variasi jarak dalam penelitian ini yaitu jarak tata vegetasi horizontal terhadap ruang yang diukur, variasi jarak tata vegetasi horizontal terhadap bangunan yakni 0 meter, 0,5 meter, 1 meter dan 1,5 meter. Variasi jenis tanaman yang digunakan adalah tanaman bunga kumis kucing dan tanaman bayam merah. Masing-masing variasi tersebut diterapkan pada objek penelitian dan dilakukan pengukuran setiap jam dalam 24 hari, untuk mendapatkan data yang lebih akurat maka dilakukan pengukuran selama 3 hari. Pengukuran suhu dan kelembapan pada objek penelitian dilakukan pada setiap jam dalam 24 jam, sedangkan untuk pengukuran kadar CO₂ dan O₂ pada udara dilakukan pada pukul 08:00, 12:00 dan 16:00 sebagai representasi waktu pagi, siang dan sore hari.

Penelitian ini menggunakan data suhu (T) dan kelembapan udara (RH) yang diperoleh melalui alat ukur otomatis yakni Hobo Data Logger, kemudian data kadar karbondioksida (CO₂) yang diukur dengan menggunakan alat pengukur Telaire, serta data oksigen (O₂) yang diperoleh melalui alat ukur berupa *oxygen meter*. Pengukuran dilakukan pada bagian dalam dan luar ruangan untuk mengetahui perbedaan suhu, kelembapan, kadar CO₂ dan O₂ yang terjadi karena pengaruh adanya penataan vegetasi pada bagian luar bangunan. Hasil yang didapat kemudian dianalisis melalui analisis kinerja termal, kadar oksigen lingkungan bangunan dan indeks luas daun setiap jenis tanaman pada sistem tata taman horizontal. Selanjutnya hasil tersebut untuk rekomendasi penataan vegetasi dengan tanaman produktif sebagai sistem peningkatan kualitas termal alami.

4.1. Iklim Keadaan Lingkungan Objek Penelitian

Objek penelitian ini berupa rumah tinggal yang berlokasi pada wilayah Kota Malang dengan suhu rata-rata berkisar antara 21,6°C – 24,7°C. Sedangkan kelembapan rata-rata pada wilayah Kota Malang berkisar antara 69% – 85%.

Bangunan yang dijadikan objek penelitian berupa rumah tinggal di lingkungan perumahan dengan *facade* yang menghadap ke arah timur, sehingga dinding utara dan dinding selatan bangunan menerima paparan sinar matahari yang relatif sedikit, tetapi dinding timur dan barat mendapatkan paparan sinar matahari yang berlimpah pada pagi dan sore hari.



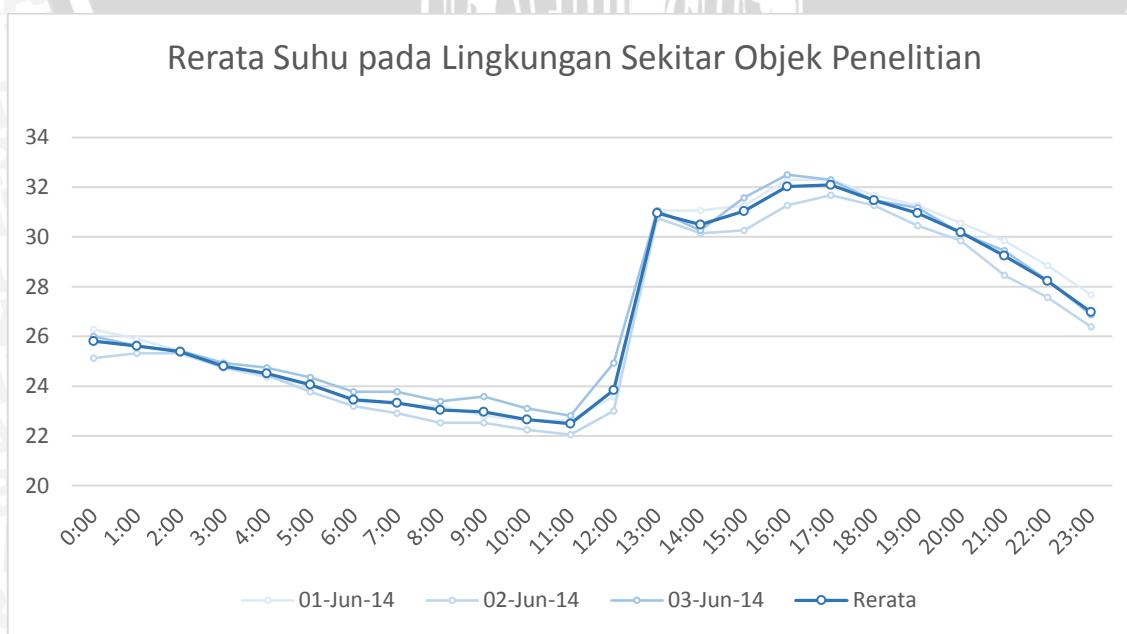
Gambar 4.1. Orientasi pergerakan matahari bulan April – Mei 2014 pada Griya Saxophone No.42

Paparan sinar matahari yang berlimpah pada pagi dan sore merupakan salah satu keuntungan dalam proses fotosintesis pada tanaman, karena hal tersebut akan mempengaruhi laju evapotranspirasi. Terkait dengan kenyamanan termal, paparan matahari yang berlebih juga dapat mempengaruhi suhu ruang dalam bangunan.

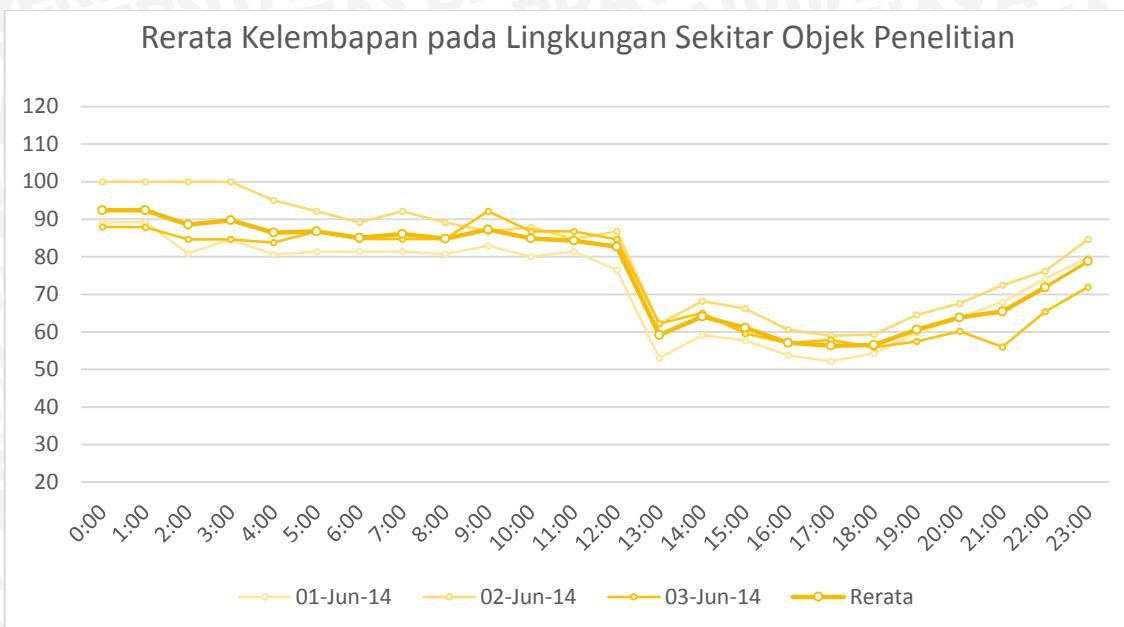
Kondisi awal iklim pada lingkungan sekitar objek bangunan, yakni temperatur udara dan kelembapan yang direkam di luar objek penelitian, nantinya akan digunakan sebagai pembanding terhadap suhu dan kelembapan pada objek penelitian, baik ketika tanpa penataan vegetasi maupun dengan penataan vegetasi. Suhu dan kelembapan di luar area objek penelitian yang diukur pada 1 – 3 Mei 2014 dapat dilihat pada 2 grafik berikut ini (Tabel 4.1 , Gambar 4.2 & 4.3).

Tabel 4.1. Rerata Suhu dan Kelembapan pada Lingkungan Objek Penelitian

Waktu	Suhu (°C)			Rerata Suhu (°C)	Kelembapan (%)			Rerata Kelembapan (%)
	01/05/2014	02/05/2014	03/05/2014		01/05/2014	02/05/2014	03/05/2014	
0:00	26,29	25,13	26,00	25,81	89,21	100,00	87,91	92,37
1:00	25,90	25,32	25,61	25,61	89,20	100,00	87,90	92,37
2:00	25,42	25,32	25,42	25,38	80,91	100,00	84,64	88,52
3:00	24,74	24,74	24,93	24,80	84,65	100,00	84,65	89,77
4:00	24,35	24,45	24,74	24,51	80,61	95,02	83,73	86,45
5:00	24,06	23,77	24,35	24,06	81,34	92,16	86,72	86,74
6:00	23,39	23,20	23,77	23,45	81,37	89,14	84,67	85,06
7:00	23,29	22,91	23,77	23,32	81,38	92,12	84,67	86,06
8:00	23,20	22,53	23,39	23,04	80,68	89,13	84,68	84,83
9:00	22,81	22,53	23,58	22,97	82,94	86,72	92,15	87,27
10:00	22,62	22,24	23,10	22,65	80,04	87,87	86,72	84,88
11:00	22,62	22,05	22,81	22,49	81,41	84,70	86,72	84,28
12:00	23,58	23,00	24,93	23,84	76,56	86,72	84,65	82,64
13:00	31,06	30,76	31,06	30,96	53,00	62,15	62,19	59,11
14:00	31,06	30,15	30,26	30,49	59,18	68,14	64,99	64,10
15:00	31,27	30,26	31,57	31,03	57,67	66,20	59,54	61,14
16:00	32,29	31,27	32,50	32,02	53,74	60,60	56,97	57,10
17:00	32,29	31,68	32,29	32,09	52,19	58,97	57,86	56,34
18:00	31,68	31,27	31,47	31,47	54,28	59,29	55,91	56,49
19:00	31,27	30,46	31,17	30,96	59,77	64,49	57,41	60,56
20:00	30,56	29,85	30,15	30,19	63,81	67,61	60,17	63,86
21:00	29,85	28,46	29,45	29,25	67,90	72,47	56,03	65,47
22:00	28,85	27,57	28,26	28,23	74,12	76,18	65,35	71,88
23:00	27,67	26,39	26,88	26,98	79,73	84,62	71,91	78,75



Gambar 4.2. Grafik rerata suhu udara pada lingkungan sekitar objek penelitian



Gambar 4.3. Grafik rerata kelembapan udara pada lingkungan sekitar objek penelitian

Data suhu dan kelembapan pada lingkungan sekitar objek penelitian tersebut menunjukkan bahwa rerata suhu udara tertinggi terjadi pada pukul 17.00 dengan suhu mencapai $32,09^{\circ}\text{C}$, sedangkan rerata suhu terendah pada lingkungan sekitar objek penelitian terjadi pada pagi hari antara pukul 11:00 dengan suhu terendah sebesar $22,49^{\circ}\text{C}$.

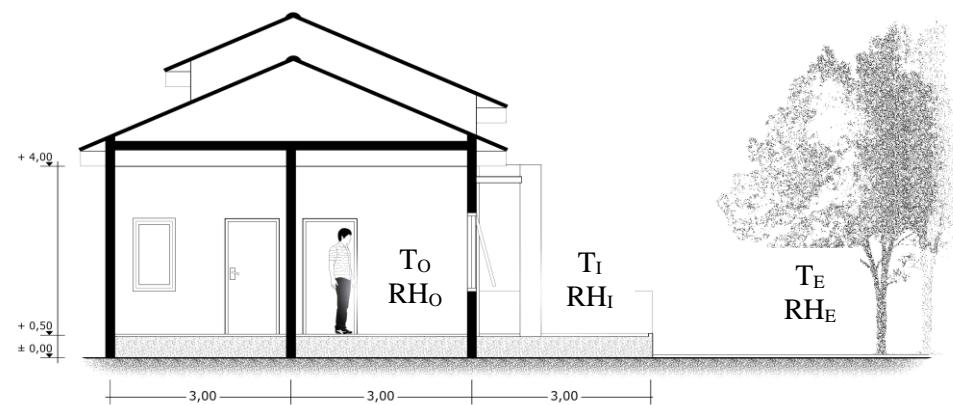
Tingkat kelembapan pada lingkungan sekitar objek penelitian memiliki rerata kelembapan tertinggi sebesar 92,37% yang terjadi pada pukul 01:00 dini hari sedangkan kelembapan terendah terjadi pada pukul 17:00 dengan persentase kelembapan sebesar 56,34%.

Tabel dan grafik tersebut menunjukkan bahwa suhu dan kelembapan pada objek penelitian memiliki keterkaitan, yakni ketika suhu pada objek penelitian mengalami peningkatan, maka kelembapan nisbi pada udara mengalami penurunan, hal ini terjadi karena kadar uap air yang ada pada udara semakin menipis ketika suhu udara meningkat.

4.2. Pengukuran Suhu dan Kelembapan pada Objek Penelitian

Pengukuran suhu dan kelembapan pada objek penelitian dilakukan untuk memantau efektifitas upaya peningkatan kualitas termal alami dengan tata vegetasi horizontal yang ditempatkan pada objek penelitian. Suhu dan kelembapan udara pada objek penelitian diukur melalui alat pengukur suhu dan kelembapan otomatis, yakni *Hobo Data Logger*. Alat ukur ini diletakkan pada ruang luar dan ruang dalam bangunan dengan ketinggian antara 1,5 – 2 meter diatas permukaan lantai.

Data hasil pengukuran suhu pada objek penelitian, baik suhu pada ruang luar (T_o) maupun ruang dalam (T_i) bangunan, nantinya akan dibandingkan dengan suhu pada lingkungan sekitar objek penelitian (T_E), di luar area objek bangunan. Perbandingan data tersebut dilakukan untuk mengetahui selisih perbedaan suhu antara suhu objek penelitian (baik ruang luar maupun ruang dalam) dengan lingkungan di sekitar objek penelitian.

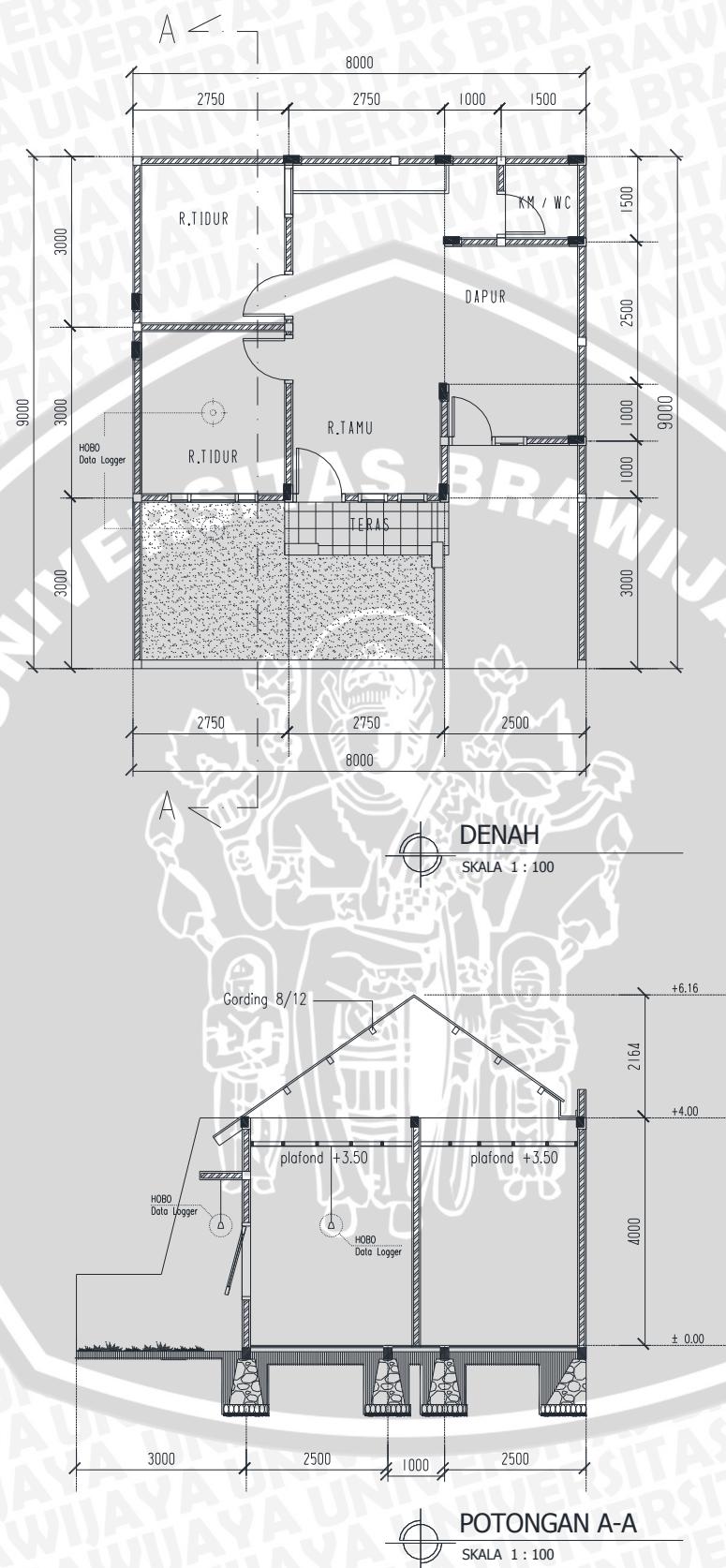


Gambar 4.4. Potongan objek penelitian dan titik pengukuran suhu dan kelembapan



Gambar 4.5. Foto kondisi eksisting objek penelitian tanpa adanya penataan vegetasi

Objek penelitian terlebih dahulu diukur suhu udaranya tanpa penerapan tata vegetasi horizontal untuk mengetahui kondisi suhu normal pada objek penelitian, baik pada ruang luar maupun ruang dalam bangunan. Data tersebut nantinya digunakan sebagai pembanding terhadap suhu udara pada objek penelitian ketika diterapkan penataan vegetasi secara horizontal, untuk mengetahui efektifitas peningkatan kualitas termal melalui sistem tata vegetasi horizontal. Hal yang sama juga berlaku pada pengukuran kadar kelembapan udara. Data hasil pengukuran kelembapan pada ruang luar (RH_o) dan ruang dalam (RH_i) selanjutnya dibandingkan dengan kelembapan pada lingkungan sekitar objek penelitian (RH_E).



Gambar 4.6. Denah & Potongan objek penelitian dan posisi titik pengukuran

Berikut adalah hasil pengukuran suhu dan kadar kelembapan udara pada objek penelitian tanpa adanya penataan vegetasi horizontal (Tabel 4.2 dan Tabel 4.3).

Tabel 4.2. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian Tanpa Vegetasi

Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o) (°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i) (°C)			Rerata T_i (°C)
	01/05/2014	02/05/2014	03/05/2014		01/05/2014	02/05/2014	03/05/2014	
0:00	23,48	26,59	23,10	23,16	26,49	22,91	26,68	26,59
1:00	22,91	26,39	22,72	22,68	26,29	22,43	26,49	26,39
2:00	22,33	26,10	22,53	22,27	26,10	21,95	26,20	26,13
3:00	22,05	25,90	22,53	22,14	26,00	21,86	26,00	25,97
4:00	21,38	25,42	22,05	21,66	25,81	21,57	25,90	25,71
5:00	21,09	25,13	21,76	21,47	25,51	21,57	25,71	25,45
6:00	21,47	25,03	22,05	21,66	25,51	21,47	25,51	25,35
7:00	27,27	26,10	28,95	28,23	26,78	28,46	26,68	26,52
8:00	31,27	26,98	33,12	31,85	27,57	31,17	27,37	27,30
9:00	31,68	27,76	31,47	31,30	28,06	30,76	27,86	27,90
10:00	32,91	27,86	32,60	32,29	28,16	31,37	27,96	27,99
11:00	31,37	28,16	31,37	31,17	28,46	30,76	28,26	28,29
12:00	30,76	28,46	30,66	30,69	28,66	30,66	28,66	28,59
13:00	31,27	28,85	30,56	30,66	28,85	30,15	28,95	28,89
14:00	30,15	28,85	30,46	30,05	29,05	29,55	28,85	28,92
15:00	29,85	28,85	29,75	29,35	29,05	28,46	28,56	28,82
16:00	28,56	28,75	28,85	28,39	28,95	27,76	28,36	28,69
17:00	26,68	28,16	27,47	26,88	28,56	26,49	27,96	28,23
18:00	25,90	27,76	25,81	25,81	28,16	25,71	27,96	27,96
19:00	25,42	27,57	24,74	25,16	27,76	25,32	27,86	27,73
20:00	25,03	27,47	24,74	24,90	27,57	24,93	27,86	27,63
21:00	24,45	27,17	24,55	24,61	27,37	24,84	27,67	27,40
22:00	23,87	26,88	24,06	24,03	27,27	24,16	27,57	27,24
23:00	23,68	26,68	23,77	23,81	27,08	23,97	27,47	27,08

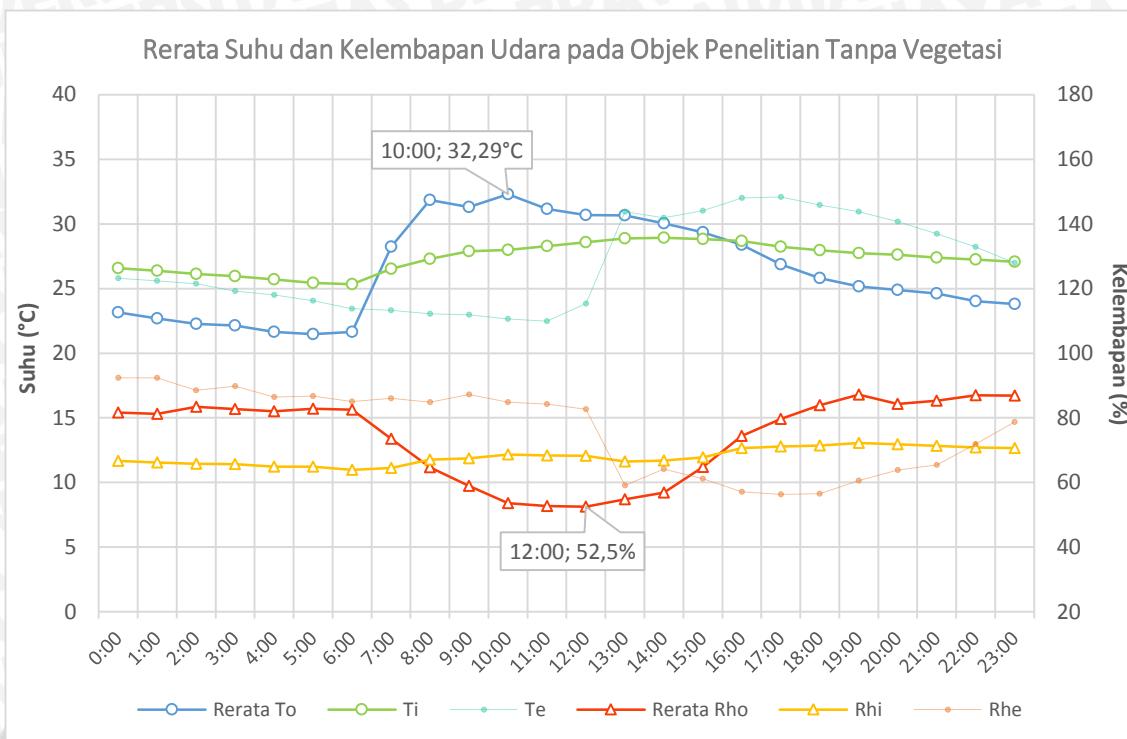
Dari data tersebut diketahui bahwa rerata suhu tertinggi ruang luar terjadi pada pukul 10:00 dan 12:00 dengan suhu 31,34 °C dan mempengaruhi suhu ruang dalam sehingga mencapai angka 27,30 – 27,99 °C. Namun suhu ruang dalam tertinggi terjadi pada pukul 15:00 dengan temperatur udara ruang mencapai 28,42 °C ketika suhu udara pada ruang luar berada pada temperatur 29,39 °C.

Tabel 4.3. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian Tanpa Vegetasi

Waktu	Kelembapan Ruang Luar (RH_o) (%)			Rerata RH_o (%)	Suhu Ruang Dalam (RH_i) (%)			Rerata RH_i (%)
	16/04/2014	17/04/2014	18/04/2014		16/04/2014	17/04/2014	18/04/2014	
0:00	79,75	76,76	88,48	81,66	65,56	63,50	70,84	66,63
1:00	78,02	75,15	90,50	81,22	65,04	62,59	70,86	66,16
2:00	84,72	75,65	89,79	83,39	65,06	61,50	70,72	65,76
3:00	81,51	76,82	89,78	82,70	65,10	61,38	70,57	65,68
4:00	78,68	76,10	91,23	82,00	62,85	61,10	70,75	64,90
5:00	80,84	75,65	92,03	82,84	62,87	60,88	70,94	64,90
6:00	78,43	76,10	92,92	82,48	60,12	60,69	70,95	63,92
7:00	68,54	64,10	87,88	73,51	61,44	60,47	71,62	64,51
8:00	62,56	54,34	77,25	64,72	67,35	61,59	72,32	67,09
9:00	57,53	53,10	66,13	58,92	66,28	63,46	72,65	67,46
10:00	55,99	46,21	58,53	53,58	68,03	65,28	72,62	68,64
11:00	55,68	44,64	57,90	52,74	67,98	64,48	72,58	68,35
12:00	51,39	48,08	58,02	52,50	65,40	63,39	75,88	68,22
13:00	54,60	52,90	56,79	54,76	62,52	64,70	72,30	66,51
14:00	53,23	56,82	60,52	56,86	63,77	65,95	70,62	66,78
15:00	63,05	61,77	69,44	64,75	64,40	67,06	71,70	67,72
16:00	66,60	82,07	74,47	74,38	66,93	71,94	72,90	70,59
17:00	70,25	87,89	80,87	79,67	67,23	71,97	74,20	71,13
18:00	74,09	89,86	87,90	83,95	66,74	72,77	74,67	71,39
19:00	77,81	90,58	93,07	87,15	67,68	73,19	75,91	72,26
20:00	70,47	88,50	93,98	84,32	65,94	73,20	76,44	71,86
21:00	71,88	89,14	94,98	85,33	64,29	72,62	76,98	71,30
22:00	77,43	88,48	94,97	86,96	63,82	71,68	76,99	70,83
23:00	76,20	88,48	96,03	86,90	63,86	71,16	77,00	70,67

Data kelembapan tersebut menunjukkan bahwa kelembapan terendah pada udara ruang luar terjadi pada siang hari yakni pada angka 52,50% ketika suhu udara mencapai angka tertingginya pada pukul 12:00, sedangkan kelembapan tertinggi pada ruang luar terjadi pada pukul 19:00 dengan kelembapan nisbi mencapai 87,15%.

Berikut ini adalah grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian (Gambar 4.7) antara suhu ruang luar (T_o), ruang dalam (T_i) dan lingkungan sekitar objek penelitian (T_E) serta perbandingan rerata kelembapan ruang luar (RH_o), ruang dalam (RH_i) dan kelembapan udara sekitar objek penelitian (RH_E) tanpa adanya penataan vegetasi pada ruang luar objek penelitian.



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Rerata Suhu dan Kelembapan Udara pada Objek Penelitian Tanpa Vegetasi

Dari analisa data ini diketahui bahwa pada ruang luar semakin tinggi suhu ruang maka semakin rendah kelembapan udara yang ada disekitarnya. Pada ruang dalam bangunan, data suhu dan kelembapan udara yang ada menunjukkan perilaku dan keterkaitan yang berbeda. Pada ruang dalam bangunan tingkat kelembapan nisbi cenderung stabil jika dilihat pada tampilan grafik yang relatif datar, dengan rerata kelembapan yang berkisar antara 63,92 – 72,26% dan suhu berkisar antara 21,47°C – 32,29°C.

Grafik di atas menunjukkan adanya perbedaan waktu peningkatan suhu secara drastis, puncak kurva tertinggi pada ruang luar objek penelitian (To) terjadi pada pukul 10:00 dengan peningkatan suhu secara drastis pada pukul 08:00, sedangkan peningkatan suhu secara signifikan pada lingkungan sekitar objek bangunan (Te) terjadi pada pukul 13:00 dengan suhu tertinggi pada pukul 17:00. Suhu pada ruang dalam relatif stabil dibandingkan dengan suhu pada ruang luar yang memiliki perbedaan signifikan antara pagi, siang dan sore hari. Kurva data hasil pengukuran kelembapan menunjukkan bahwa waktu perubahan kelembapan secara drastis juga terjadi ketika suhu meningkat secara signifikan, yakni pada pukul 07:00 terjadi penurunan kelembapan udara secara signifikan pada ruang luar objek bangunan (RHo) sedangkan penurunan kelembapan secara signifikan pada lingkungan sekitar objek penelitian (RHe) terjadi pukul 13:00.

4.2.1. Pengukuran Suhu dan Kelembapan pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing

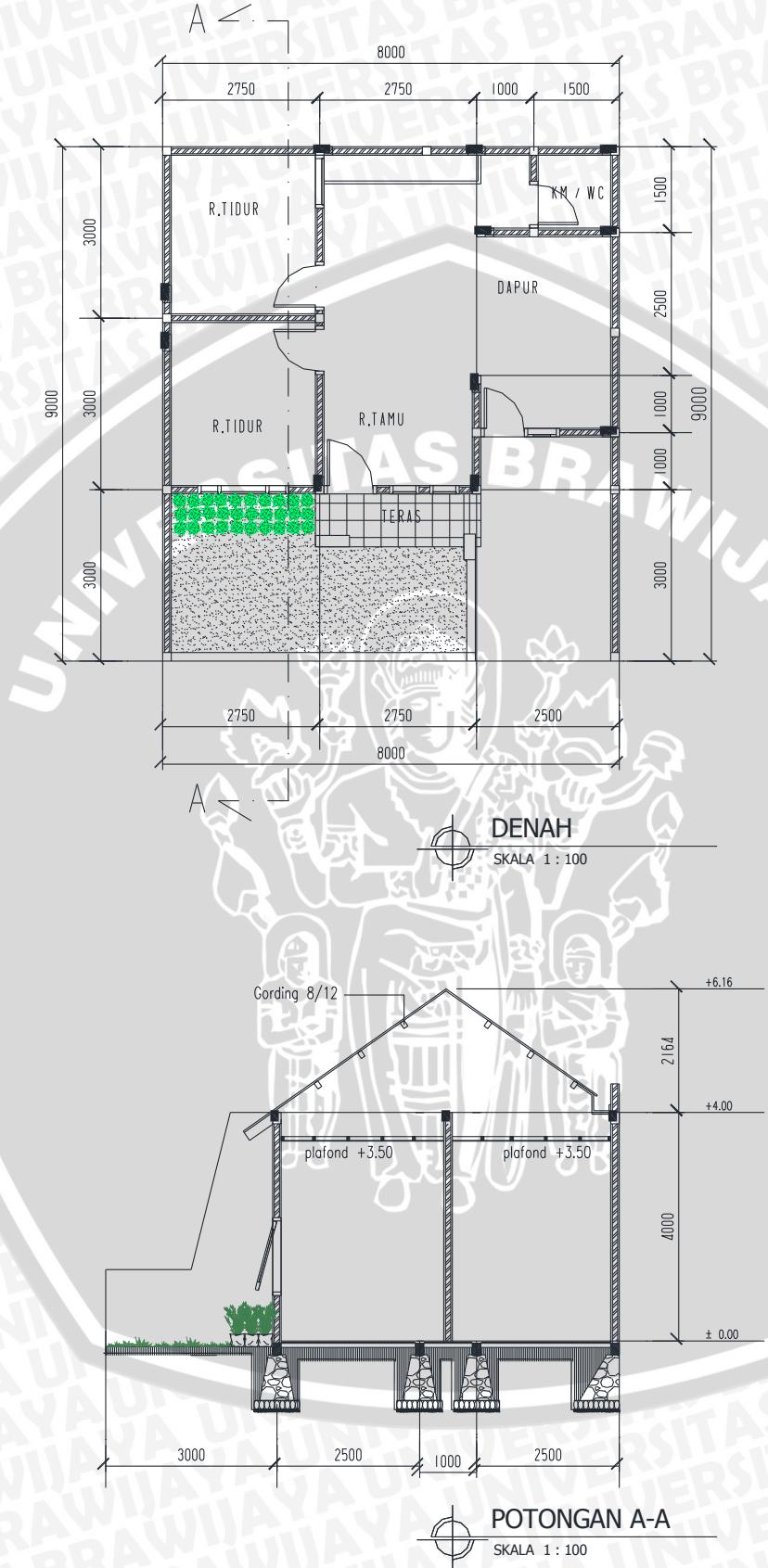
Pengukuran suhu pada variasi tata vegetasi kumis kucing dilakukan pada tanggal 16 – 27 April 2014 dengan variasi jarak 0 – 1,5 m. Masing-masing variasi jarak dilakukan pengukuran 3 hari lamanya. Cuaca pada saat pengukuran tidak sepenuhnya cerah, terjadi hujan pada beberapa hari antara pukul 15:00 hingga pukul 16:00, yakni pada tanggal 19, 22 dan 25 April 2014.

(1) Suhu Objek Penelitian dengan Kumis Kucing Berjarak 0 meter

Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 0 meter terhadap bangunan diterapkan selama 3 hari terhitung mulai tanggal 16 – 18 April 2014. Berikut adalah gambar dan foto (Gambar 4.8 & 4.9) objek penelitian dengan penataan kumis kucing pada jarak 0 meter terhadap bangunan.



Gambar 4.8. Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 0 m



Gambar 4.9. Denah & potongan objek penelitian dengan penataan kumis kucing berjarak 0 m

Tabel 4.4. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0 m

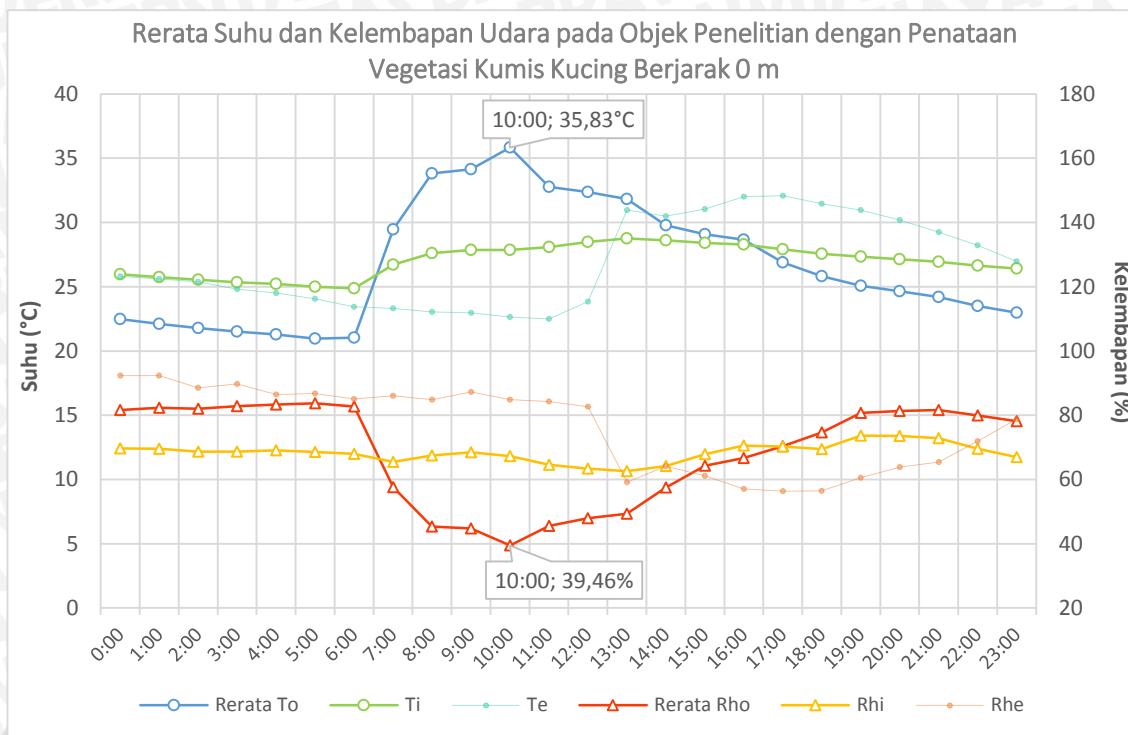
Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o) (°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i) (°C)			Rerata T_i (°C)
	16/04/2014	17/04/2014	18/04/2014		16/04/2014	17/04/2014	18/04/2014	
0:00	23,39	22,24	21,86	22,49	26,10	25,90	25,90	25,97
1:00	23,29	21,76	21,28	22,11	25,90	25,71	25,61	25,74
2:00	23,00	21,19	21,19	21,79	25,81	25,42	25,42	25,55
3:00	23,00	20,62	20,90	21,51	25,71	25,13	25,22	25,35
4:00	22,72	20,71	20,42	21,28	25,61	25,13	24,93	25,22
5:00	22,24	20,33	20,33	20,97	25,42	24,84	24,74	25,00
6:00	22,14	20,33	20,62	21,03	25,32	24,64	24,64	24,87
7:00	31,27	29,65	27,47	29,46	27,08	26,59	26,49	26,72
8:00	34,59	34,69	32,19	33,82	27,96	27,47	27,37	27,60
9:00	34,59	33,95	33,85	34,13	28,16	27,67	27,76	27,86
10:00	36,30	35,33	35,86	35,83	28,16	27,67	27,76	27,86
11:00	33,01	32,50	32,81	32,77	28,36	27,76	28,16	28,09
12:00	32,81	31,88	32,39	32,36	28,75	28,06	28,66	28,49
13:00	32,19	31,57	31,68	31,81	28,85	28,46	28,95	28,75
14:00	27,27	30,86	31,17	29,77	28,26	28,56	29,05	28,62
15:00	26,39	30,15	30,66	29,07	27,67	28,56	29,05	28,42
16:00	27,57	28,95	29,45	28,66	27,86	28,36	28,66	28,29
17:00	26,39	26,98	27,27	26,88	27,57	27,86	28,26	27,90
18:00	25,32	25,81	26,29	25,81	27,37	27,57	27,76	27,57
19:00	24,84	24,84	25,51	25,06	27,17	27,27	27,57	27,34
20:00	24,55	24,35	25,03	24,64	26,98	27,08	27,37	27,14
21:00	23,97	23,58	25,03	24,19	26,78	26,78	27,27	26,94
22:00	23,39	22,62	24,45	23,49	26,49	26,39	27,08	26,65
23:00	23,00	22,05	23,87	22,97	26,29	26,10	26,88	26,42

Tabel tersebut menunjukkan bahwa dengan penataan vegetasi kumis kucing pada jarak 0 m terhadap bangunan, rerata suhu tertinggi pada ruang luar bangunan berada pada angka 35,83 °C yang terjadi pada pukul 10:00, sedangkan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 05:00 dengan temperatur 20,96 °C. Pada ruang dalam, suhu tertinggi mencapai 28,75 °C yang terjadi pada pukul 13:00 dan suhu terendah terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 24,87 °C.

Tabel 4.5. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0 m

Waktu	Suhu Ruang Luar (RH_o)(%)			Rerata RH_o (%)	Suhu Ruang Dalam (RH_i)(%)			Rerata RH_i (%)
	16/04/2014	17/04/2014	18/04/2014		16/04/2014	17/04/2014	18/04/2014	
0:00	90,56	82,17	72,05	81,59	80,51	69,55	58,96	69,67
1:00	90,56	82,19	74,14	82,30	79,84	68,29	60,45	69,53
2:00	91,31	82,22	72,66	82,06	80,53	66,92	58,47	68,64
3:00	92,99	82,24	73,23	82,82	81,64	65,48	58,85	68,66
4:00	93,90	81,51	74,44	83,28	82,43	65,70	58,98	69,04
5:00	92,09	81,88	77,11	83,69	79,22	64,80	61,57	68,53
6:00	89,80	81,18	77,08	82,69	77,18	64,83	62,00	68,00
7:00	60,60	53,40	58,88	57,63	74,54	62,01	59,74	65,43
8:00	47,62	42,85	45,53	45,33	74,21	65,96	62,11	67,43
9:00	46,25	43,87	44,06	44,73	72,12	67,43	65,79	68,45
10:00	38,88	39,20	40,31	39,46	68,90	65,80	67,02	67,24
11:00	49,97	39,87	46,68	45,51	68,57	59,98	65,03	64,53
12:00	50,02	42,19	51,63	47,95	66,85	57,60	65,63	63,36
13:00	54,16	39,33	54,56	49,35	68,49	53,96	65,45	62,63
14:00	71,14	48,52	52,97	57,54	71,54	57,23	63,78	64,18
15:00	79,15	55,56	58,01	64,24	75,18	62,69	65,79	67,89
16:00	75,43	58,82	65,85	66,70	76,16	64,23	71,30	70,56
17:00	79,15	58,78	73,22	70,38	76,71	61,49	72,69	70,30
18:00	81,28	64,51	78,23	74,67	75,69	58,65	74,01	69,45
19:00	84,18	73,31	84,64	80,71	76,75	66,47	77,84	73,69
20:00	81,32	76,49	86,17	81,33	74,78	68,06	77,85	73,56
21:00	79,63	79,04	86,17	81,61	71,03	69,57	77,86	72,82
22:00	81,37	72,65	85,65	79,89	71,24	60,74	76,76	69,58
23:00	80,02	70,58	83,76	78,12	68,90	58,12	73,90	66,97

Data rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi kumis kucing berjarak 0 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 10:00 dengan rerata kelembapan sebesar 39,46% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 83,69% yang terjadi pada pukul 05:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi hanya mencapai angka 73,69% yakni pada pukul 19:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 62,63% pada pukul 13:00.



Gambar 4.10. Grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 0 m

Grafik di atas menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara suhu dan kelembapan pada ruang luar objek bangunan dengan penataan vegetasi kumis kucing pada jarak 0 m terhadap bangunan, rerata suhu tertinggi pada ruang luar bangunan berada pada angka $35,83^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada pukul 10:00, dengan rerata kelembapan udara sebesar 39,46% yang merupakan titik terendah pada kurva kelembapan. Rerata suhu terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 05:00 dengan temperatur $20,96^{\circ}\text{C}$, pada waktu yang sama, kurva rerata kelembapan udara mencapai titik tertinggi, yakni pada 83,69%.

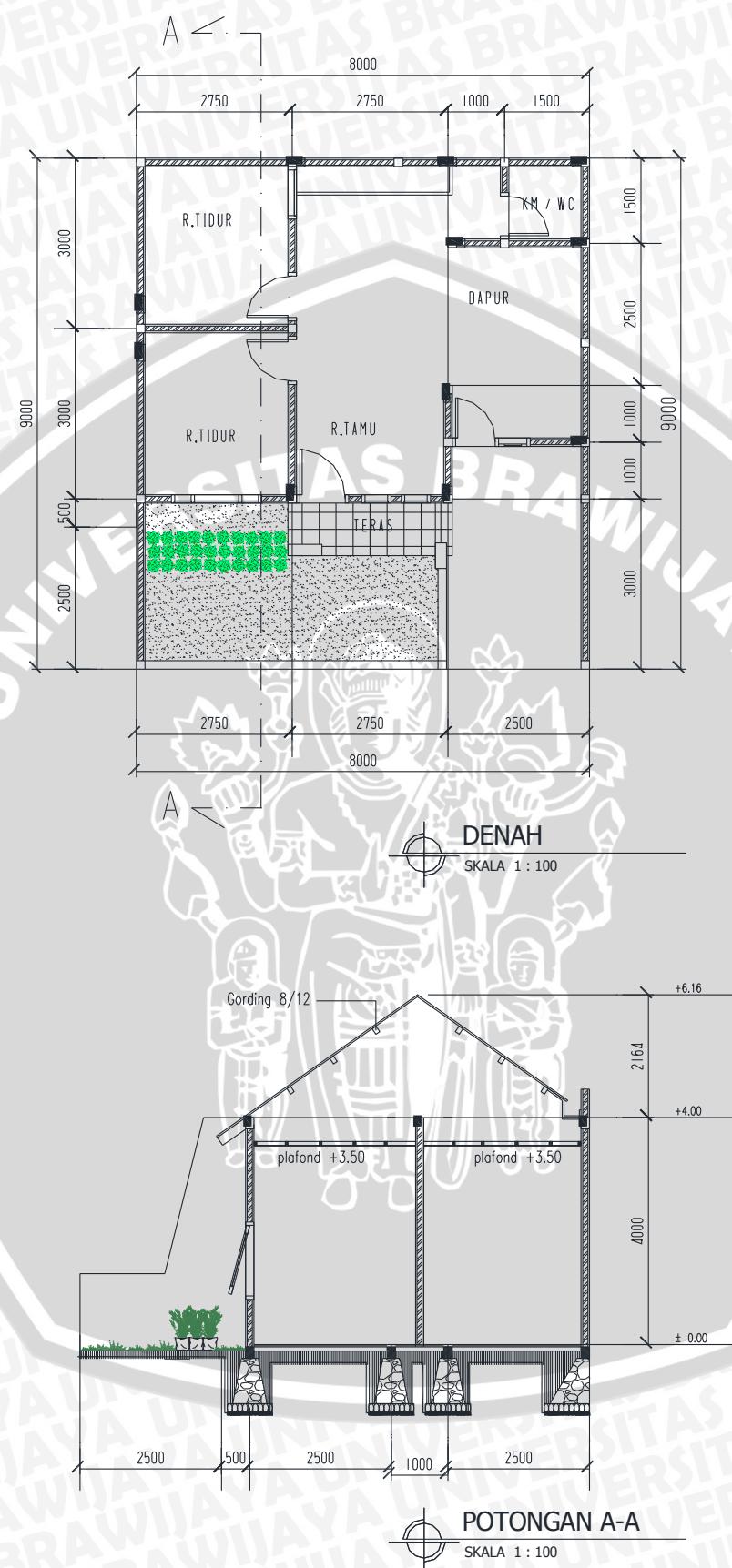
Pada ruang dalam, kurva grafik suhu dan kelembapan tidak menunjukkan keterkaitan yang signifikan. Rerata suhu tertinggi mencapai $28,75^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada pukul 13:00 dan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur $24,87^{\circ}\text{C}$. Rerata kelembapan udara pada ruang dalam mencapai titik tertinggi pada pukul 19:00 yakni mencapai 73,69%, sedangkan rerata kelembapan udara terendah pada ruang dalam terjadi pada pukul 13:00 dengan rerata kelembapan udara mencapai 62,63%.

(2) Suhu Objek Penelitian dengan Kumis Kucing Berjarak 0,5 meter

Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 0,5 m terhadap bangunan diterapkan selama 3 hari, yakni pada 19 – 21 April 2014. Berikut adalah gambar dan foto (Gambar 4.11 & 4.12) serta tabel dan grafik (Tabel 4.4 & Gambar 4.13) hasil pengukuran suhu pada objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 0,5m.



Gambar 4.11. Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 0,5 m



Gambar 4.12. Denah & Potongan objek penelitian dengan penataan kumis kucing berjarak 0,5 m

Tabel 4.6. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0,5 m

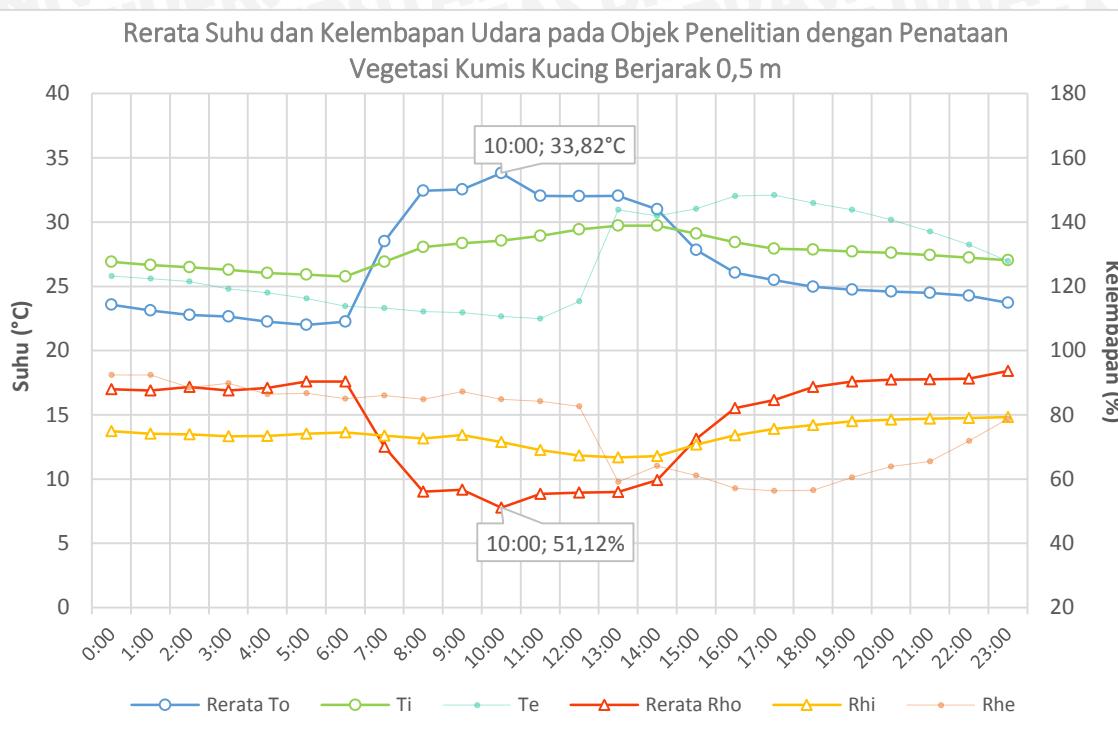
Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o) (°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i) (°C)			Rerata T_i (°C)
	19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014		19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014	
0:00	23,39	23,39	23,97	23,58	26,59	26,98	27,17	26,91
1:00	23,10	23,00	23,29	23,13	26,39	26,68	26,88	26,65
2:00	22,81	22,91	22,62	22,78	26,29	26,59	26,59	26,49
3:00	22,53	22,81	22,62	22,65	26,10	26,39	26,39	26,29
4:00	22,14	22,53	22,05	22,24	25,81	26,10	26,20	26,03
5:00	21,95	22,24	21,86	22,01	25,71	26,00	26,00	25,90
6:00	21,76	22,91	22,05	22,24	25,51	25,90	25,90	25,77
7:00	28,06	27,96	29,45	28,49	26,78	26,68	27,27	26,91
8:00	31,06	32,29	33,95	32,44	27,76	27,96	28,46	28,06
9:00	32,29	32,19	33,12	32,53	28,06	28,16	28,85	28,36
10:00	35,12	32,19	34,16	33,82	28,46	28,36	28,85	28,56
11:00	32,19	31,88	32,09	32,05	28,85	28,75	29,15	28,92
12:00	32,29	31,88	31,88	32,02	29,45	29,35	29,45	29,42
13:00	31,68	32,09	32,39	32,05	29,65	29,55	29,95	29,72
14:00	31,88	31,06	30,05	31,00	29,95	29,65	29,55	29,72
15:00	30,46	28,95	24,06	27,82	29,65	29,35	28,26	29,09
16:00	27,27	27,47	23,48	26,07	28,85	28,75	27,67	28,42
17:00	25,90	26,78	23,77	25,49	28,36	28,26	27,17	27,93
18:00	25,03	26,29	23,58	24,97	28,16	28,16	27,27	27,86
19:00	24,74	25,81	23,68	24,74	27,96	28,06	27,08	27,70
20:00	24,45	25,61	23,68	24,58	27,76	27,96	27,08	27,60
21:00	24,45	25,32	23,68	24,48	27,57	27,76	26,98	27,44
22:00	24,35	24,84	23,58	24,26	27,37	27,57	26,78	27,24
23:00	23,68	23,97	23,48	23,71	27,17	27,27	26,68	27,04

Data tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing pada jarak 0,5 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar bangunan sebesar 33,82 °C yang terjadi pada pukul 10:00, sedangkan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 05:00 dengan temperatur 22,01 °C. Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 29,72 °C, yakni pada pukul 13:00 – 14:00, dan suhu terendah ruang dalam terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 25,77°C.

Tabel 4.7. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 0,5 m

Waktu	Suhu Ruang Luar (RH_o)(%)			Rerata RH_o (%)	Suhu Ruang Dalam (RH_i)(%)			Rerata RH_i (%)
	19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014		19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014	
0:00	86,18	90,56	87,29	88,01	73,72	76,24	74,76	74,91
1:00	85,66	89,14	87,88	87,56	72,92	74,81	74,56	74,10
2:00	86,72	92,12	87,28	88,71	73,54	76,02	72,13	73,90
3:00	85,67	89,82	87,28	87,59	72,01	75,31	72,73	73,35
4:00	86,19	90,53	88,48	88,40	72,42	75,58	72,18	73,39
5:00	90,51	93,87	86,72	90,37	75,14	77,12	70,15	74,14
6:00	92,06	92,99	86,19	90,41	75,88	77,68	69,85	74,47
7:00	71,75	75,14	63,29	70,06	75,27	77,06	68,31	73,55
8:00	60,90	58,30	49,13	56,11	74,46	74,91	68,56	72,64
9:00	56,75	59,81	53,54	56,70	73,98	76,13	71,10	73,74
10:00	46,44	56,58	50,35	51,12	69,79	73,73	70,92	71,48
11:00	53,34	58,10	54,69	55,38	66,32	71,47	69,37	69,05
12:00	54,24	55,94	57,11	55,76	66,47	66,49	69,01	67,32
13:00	56,56	54,24	57,06	55,95	65,93	66,84	67,32	66,70
14:00	58,77	60,64	59,55	59,65	66,78	67,37	67,38	67,18
15:00	61,56	68,19	87,89	72,55	67,37	68,56	76,38	70,77
16:00	77,86	73,40	94,95	82,07	72,82	70,41	77,54	73,59
17:00	80,88	76,78	96,06	84,57	73,73	72,69	80,45	75,62
18:00	88,52	80,15	97,23	88,63	76,13	73,97	80,45	76,85
19:00	90,61	83,26	97,24	90,37	76,95	75,38	81,57	77,97
20:00	90,60	85,13	97,24	90,99	76,97	76,68	81,97	78,54
21:00	89,17	86,72	97,24	91,04	76,71	76,97	82,79	78,82
22:00	89,86	87,89	96,05	91,27	77,56	77,55	81,98	79,03
23:00	93,03	90,58	97,22	93,61	78,47	77,57	81,98	79,34

Rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi kumis kucing berjarak 0,5 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 10:00 dengan rerata kelembapan sebesar 51,12% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 93,61% yang terjadi pada pukul 23:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi hanya mencapai angka 79,34% yakni pada pukul 23:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 66,70% pada pukul 13:00.



Gambar 4.13. Grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 0,5 m

Grafik tersebut menunjukkan bahwa pada jarak 0,5 m terhadap bangunan, rerata suhu tertinggi pada ruang luar bangunan berada pada angka 33,82 °C yang terjadi pada pukul 10:00, dengan rerata kelembapan udara sebesar 51,12% yang merupakan titik terendah pada kurva kelembapan. Rerata suhu terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 05:00 dengan temperatur 22,01 °C, sedangkan kelembapan tertinggi pada ruang luar terjadi pada pukul 23:00 dengan rerata kelembapan sebesar 93,61%

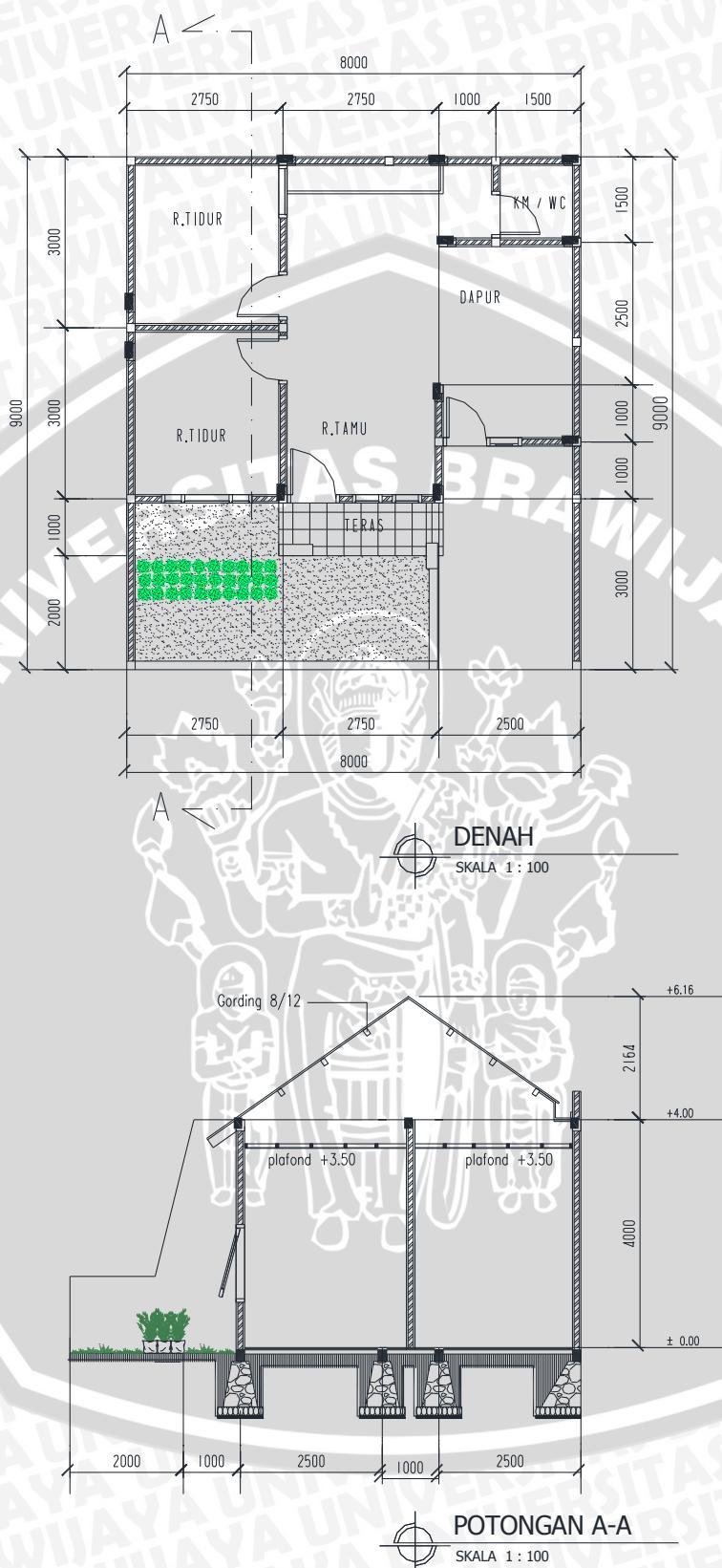
Pada ruang dalam, kurva grafik suhu dan kelembapan tidak menunjukkan keterkaitan yang signifikan. Rerata suhu tertinggi mencapai 28,75 °C yang terjadi pada pukul 13:00 dan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 24,87 °C. Rerata kelembapan udara pada ruang dalam mencapai titik tertinggi pada pukul 19:00 yakni mencapai 73,69%, sedangkan rerata kelembapan udara terendah pada ruang dalam terjadi pada pukul 13:00 dengan rerata kelembapan udara mencapai 62,63%.

(3) Suhu Objek Penelitian dengan Kumis Kucing Berjarak 1 meter

Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 1 m terhadap bangunan diterapkan pada 22 – 24 April 2014. Berikut adalah gambar dan foto (Gambar 4.14 & 4.15) serta tabel dan grafik (Tabel 4.7 & Gambar 4.16) hasil pengukuran suhu pada objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 1 meter.



Gambar 4.14. Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 1 m



Gambar 4.15. Denah & Potongan objek penelitian dengan penataan kumis kucing berjarak 1 m

Tabel 4.8. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 1 m

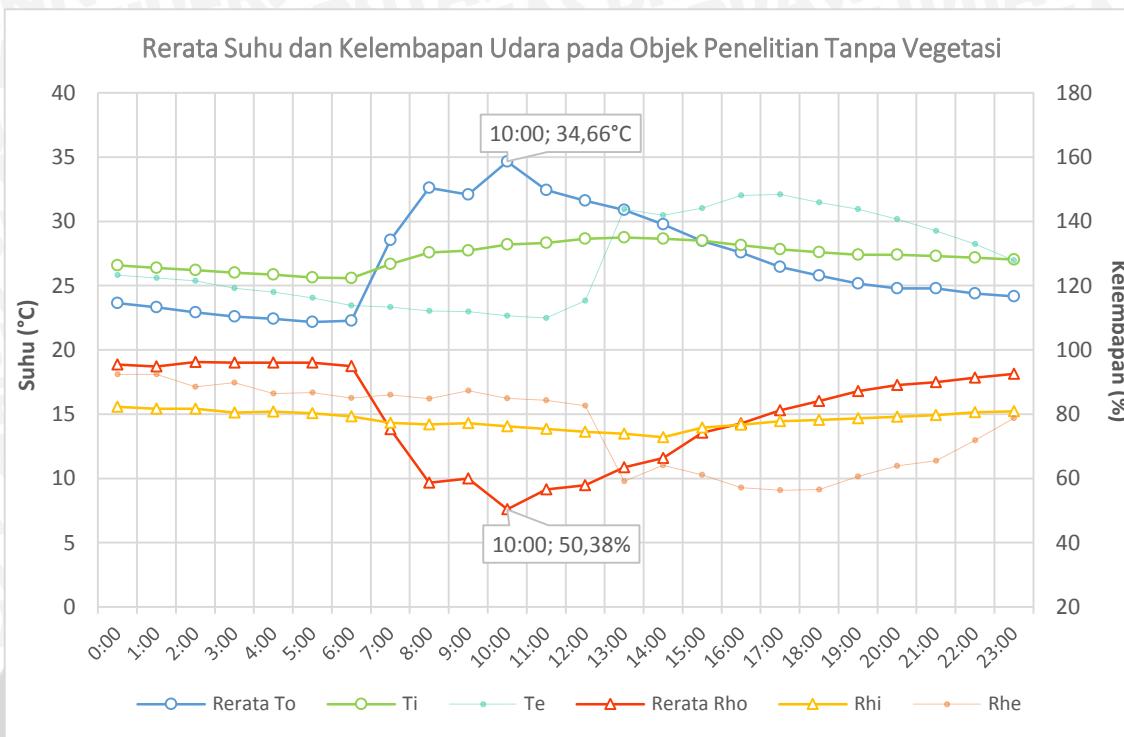
Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o) (°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i) (°C)			Rerata T_i (°C)
	22/04/2014	23/04/2014	24/04/2014		22/04/2014	23/04/2014	24/04/2014	
0:00	23,39	23,29	24,26	23,65	26,59	26,29	26,88	26,59
1:00	23,00	23,20	23,77	23,32	26,39	26,10	26,68	26,39
2:00	22,62	23,00	23,10	22,91	26,20	26,00	26,39	26,20
3:00	22,05	22,81	22,91	22,59	26,00	25,81	26,20	26,00
4:00	21,76	22,53	23,00	22,43	25,81	25,71	26,10	25,87
5:00	21,47	22,53	22,53	22,17	25,51	25,51	25,90	25,64
6:00	21,86	22,62	22,33	22,27	25,51	25,51	25,71	25,58
7:00	27,08	28,36	30,26	28,56	26,39	26,59	27,08	26,68
8:00	31,57	33,12	33,12	32,60	27,47	27,27	27,96	27,57
9:00	32,60	31,78	31,88	32,09	27,76	27,37	28,06	27,73
10:00	34,48	34,48	35,01	34,66	28,06	27,96	28,56	28,19
11:00	33,01	31,37	32,91	32,43	28,36	27,96	28,66	28,32
12:00	30,86	31,47	32,50	31,61	28,75	28,26	28,95	28,66
13:00	29,15	31,27	32,29	30,90	28,36	28,66	29,25	28,75
14:00	26,49	31,78	31,06	29,78	27,86	28,95	29,15	28,66
15:00	26,10	29,45	29,85	28,47	27,67	28,75	29,05	28,49
16:00	25,90	28,36	28,46	27,57	27,37	28,36	28,75	28,16
17:00	24,74	27,17	27,47	26,46	27,08	28,06	28,36	27,83
18:00	24,55	26,29	26,49	25,78	26,88	27,76	28,16	27,60
19:00	24,26	25,61	25,61	25,16	26,68	27,47	28,06	27,40
20:00	24,26	25,13	25,03	24,80	26,78	27,37	28,06	27,40
21:00	24,45	25,03	24,93	24,80	26,68	27,27	27,96	27,31
22:00	23,39	24,84	24,93	24,38	26,49	27,17	27,86	27,17
23:00	23,20	24,55	24,74	24,16	26,39	26,98	27,76	27,04

Data tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing pada jarak 1 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar bangunan sebesar 34,66 °C yang terjadi pada pukul 10:00, sedangkan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 05:00 dengan temperatur 22,17 °C. Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 28,75 °C, yakni pada pukul 13:00, dan suhu terendah ruang dalam terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 25,58°C.

Tabel 4.9. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 1 m

Waktu	Suhu Ruang Luar (RH_o)(%)			Rerata RH_o (%)	Suhu Ruang Dalam (RH_i)(%)			Rerata RH_i (%)
	19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014		19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014	
0:00	96,03	97,20	93,06	95,43	80,84	83,25	82,80	82,30
1:00	96,00	97,20	91,34	94,85	81,60	83,70	79,79	81,70
2:00	97,15	98,47	93,00	96,21	81,23	84,16	79,81	81,73
3:00	94,85	98,45	94,91	96,07	77,96	83,70	79,82	80,49
4:00	94,83	98,43	94,92	96,06	77,69	83,71	80,87	80,76
5:00	94,81	98,43	94,89	96,04	76,90	83,71	80,18	80,26
6:00	92,93	97,15	94,87	94,98	76,12	82,84	78,88	79,28
7:00	80,11	79,02	66,73	75,29	76,29	80,48	75,00	77,26
8:00	63,62	59,13	53,11	58,62	77,27	78,77	74,44	76,83
9:00	58,23	62,95	58,62	59,93	76,97	79,41	75,13	77,17
10:00	51,01	51,45	48,69	50,38	76,14	80,05	72,46	76,22
11:00	53,24	61,20	55,39	56,61	74,86	77,81	73,69	75,45
12:00	58,11	58,26	57,11	57,83	73,25	75,11	75,29	74,55
13:00	74,54	58,38	57,43	63,45	79,02	72,85	69,84	73,90
14:00	76,81	60,15	62,00	66,32	76,42	72,41	69,69	72,84
15:00	86,17	67,13	69,42	74,24	80,42	73,90	73,22	75,85
16:00	85,64	70,99	74,62	77,08	80,80	73,95	75,31	76,69
17:00	87,29	77,30	79,08	81,22	79,10	76,40	77,78	77,76
18:00	89,87	81,23	81,22	84,11	81,20	76,69	76,66	78,18
19:00	91,36	85,64	84,64	87,21	81,21	78,76	76,14	78,70
20:00	91,36	87,90	87,90	89,05	80,83	80,09	76,67	79,20
21:00	91,37	89,19	89,18	89,91	81,21	80,81	76,95	79,66
22:00	94,95	90,61	88,52	91,36	82,81	81,57	77,52	80,63
23:00	97,20	91,37	89,18	92,58	82,81	81,97	77,82	80,87

Rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi kumis kucing berjarak 1 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 10:00 dengan rerata kelembapan sebesar 50,38% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 94,98% yang terjadi pada pukul 06:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi mencapai angka 87,25% yakni pada pukul 00:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 72,84% pada pukul 13:00.



Gambar 4.16. Grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 1 m

Grafik tersebut menunjukkan bahwa pada jarak 1 m terhadap bangunan, rerata suhu tertinggi pada ruang luar bangunan berada pada angka $34,66^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada pukul 10:00, dengan rerata kelembapan udara sebesar 50,38% yang merupakan titik terendah pada kurva kelembapan. Rerata suhu terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 05:00 dengan temperatur $22,17^{\circ}\text{C}$, sedangkan kelembapan tertinggi terjadi pada pukul 04:00, yakni sebesar 96,06%.

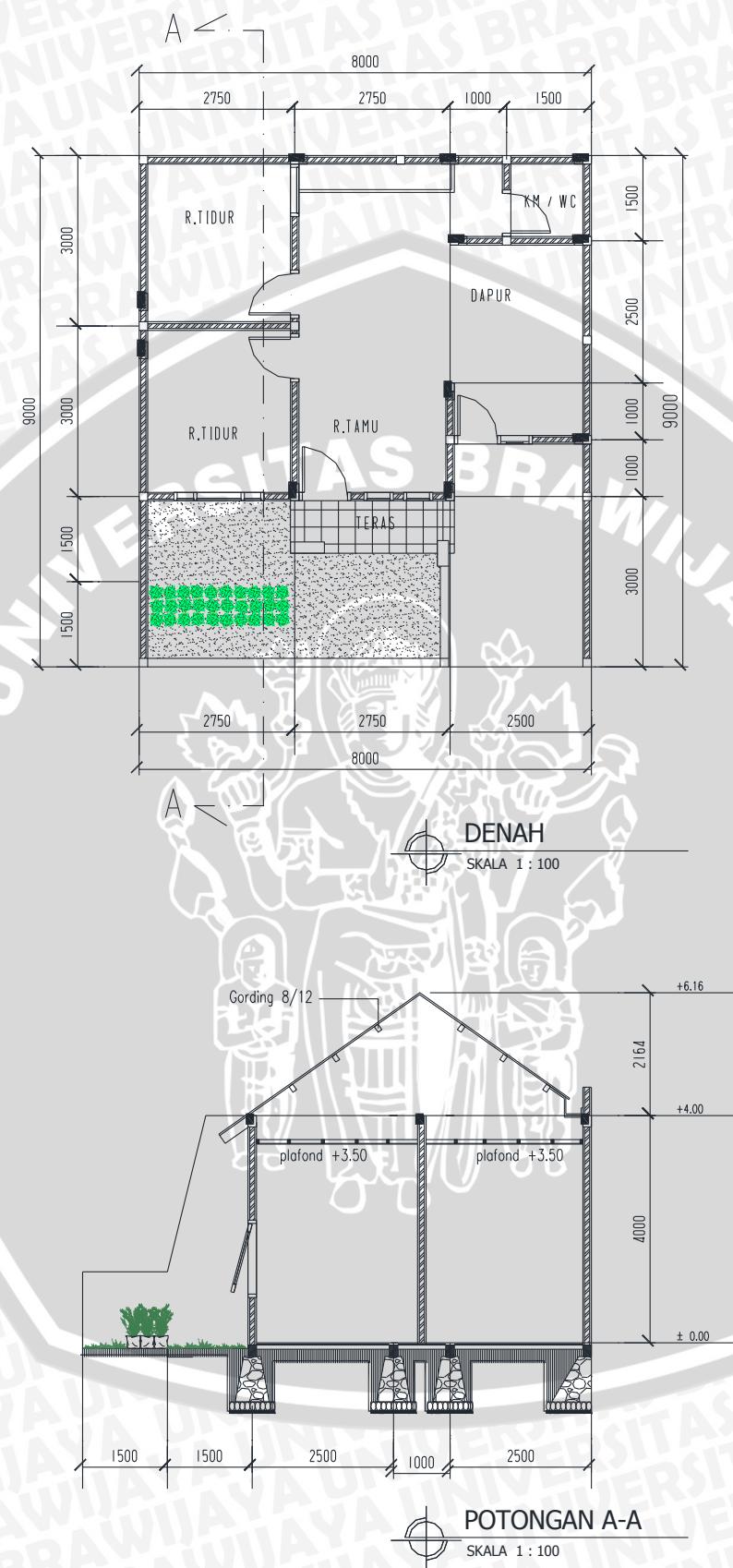
Pada ruang dalam, rerata suhu tertinggi mencapai $28,75^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada pukul 13:00 dan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur $25,58^{\circ}\text{C}$. Rerata kelembapan udara pada ruang dalam mencapai titik tertinggi pada pukul 00:00 yakni mencapai 82,3%, sedangkan rerata kelembapan udara terendah pada ruang dalam terjadi pada pukul 14:00 dengan rerata kelembapan udara mencapai 72,84%.

(4) Suhu Objek Penelitian dengan Kumis Kucing Berjarak 1,5 meter

Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 1,5 m terhadap bangunan diterapkan selama 3 hari, yakni pada 25 – 27 April 2014. Berikut adalah gambar dan foto (Gambar 4.17 & 4.18) serta tabel dan grafik (Tabel 4.8 & Gambar 4.19) hasil pengukuran suhu pada objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 1,5m.



Gambar 4.17. Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 1,5 m



Gambar 4.18. Denah & Potongan objek penelitian dengan penataan kumis kucing berjarak 1,5 m

Tabel 4.10. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 1,5 m

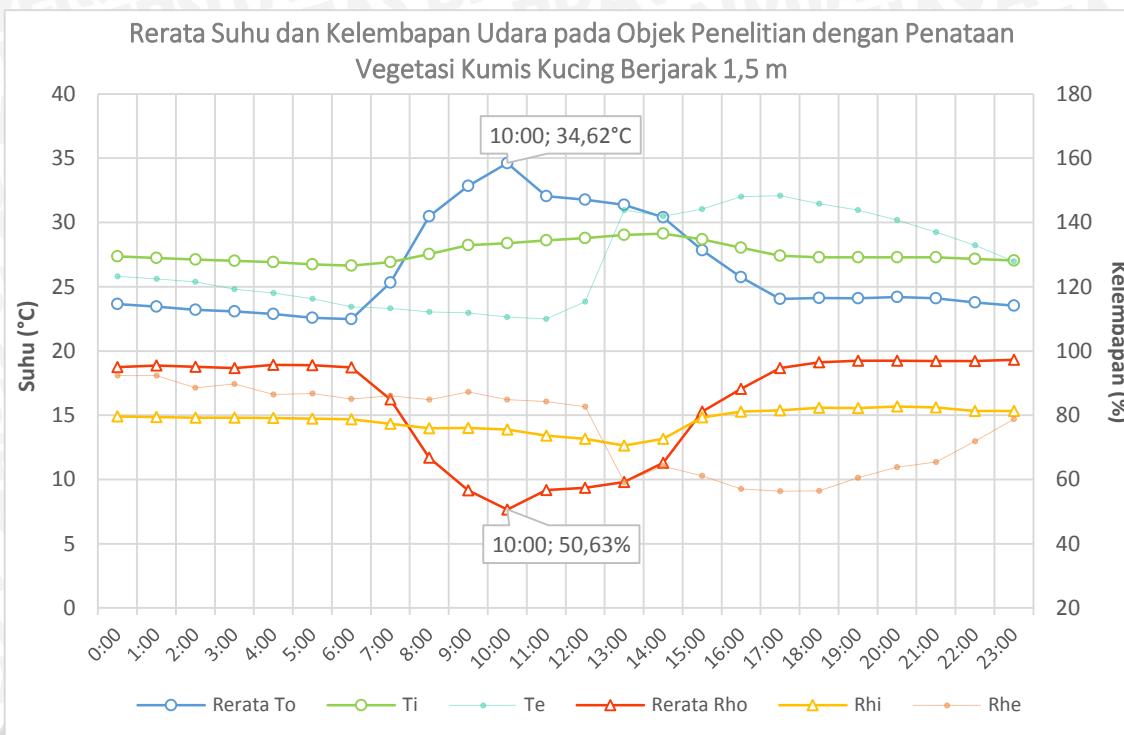
Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o) (°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i) (°C)			Rerata T_i (°C)
	25/04/2014	26/04/2014	27/04/2014		25/04/2014	26/04/2014	27/04/2014	
0:00	24,55	22,81	23,58	23,65	27,67	27,08	27,37	27,37
1:00	24,45	22,72	23,20	23,45	27,57	26,88	27,27	27,24
2:00	23,97	22,81	22,81	23,20	27,47	26,78	27,08	27,11
3:00	24,06	22,72	22,43	23,07	27,37	26,78	26,88	27,01
4:00	23,58	22,62	22,43	22,88	27,27	26,68	26,78	26,91
5:00	23,10	22,53	22,14	22,59	27,08	26,49	26,68	26,75
6:00	23,00	22,43	22,05	22,49	26,98	26,39	26,59	26,65
7:00	27,67	24,64	23,68	25,33	27,57	26,59	26,59	26,91
8:00	31,88	31,78	27,76	30,47	28,06	27,47	27,08	27,53
9:00	33,22	33,54	31,78	32,85	28,75	28,06	27,86	28,23
10:00	34,16	35,01	34,69	34,62	28,85	28,26	28,06	28,39
11:00	32,19	31,98	31,98	32,05	29,05	28,46	28,36	28,62
12:00	31,06	32,19	32,09	31,78	28,95	28,85	28,56	28,79
13:00	30,15	31,57	32,39	31,37	28,85	29,35	28,85	29,02
14:00	29,45	32,39	29,35	30,40	28,85	29,65	28,85	29,12
15:00	27,57	29,25	26,68	27,83	28,66	29,25	28,16	28,69
16:00	25,71	26,39	25,13	25,74	28,06	28,46	27,57	28,03
17:00	23,29	24,45	24,45	24,06	27,27	27,67	27,27	27,40
18:00	23,77	24,35	24,26	24,13	27,17	27,67	27,08	27,30
19:00	23,58	24,16	24,55	24,09	27,37	27,47	27,08	27,30
20:00	23,58	24,45	24,55	24,19	27,47	27,37	27,08	27,30
21:00	23,39	24,55	24,35	24,09	27,37	27,57	26,98	27,30
22:00	23,29	24,45	23,58	23,77	27,27	27,57	26,68	27,17
23:00	23,10	24,06	23,39	23,52	27,17	27,47	26,49	27,04

Data tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing pada jarak 1,5 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar bangunan sebesar 34,62 °C yang terjadi pada pukul 10:00, sedangkan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 22,49 °C. Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 29,12 °C, yakni pada pukul 14.00, dan suhu terendah ruang dalam terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 26,65°C.

Tabel 4.11. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Kumis Kucing berjarak 1,5 m

Waktu	Suhu Ruang Luar (RH_o)(%)			Rerata RH_o (%)	Suhu Ruang Dalam (RH_i)(%)			Rerata RH_i (%)
	19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014		19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014	
0:00	90,60	97,16	97,23	95,00	78,13	79,43	81,18	79,58
1:00	93,07	97,16	96,02	95,42	78,44	79,12	80,81	79,46
2:00	93,04	97,16	94,91	95,04	78,76	79,12	79,76	79,21
3:00	93,05	97,16	93,88	94,70	79,08	79,45	79,12	79,22
4:00	93,96	97,15	95,96	95,69	79,09	79,46	78,81	79,12
5:00	94,93	95,97	95,94	95,61	79,10	79,14	78,51	78,92
6:00	93,92	94,88	95,93	94,91	78,79	78,84	78,51	78,71
7:00	73,81	87,89	93,03	84,91	76,18	77,63	78,21	77,34
8:00	58,39	63,47	78,43	66,76	74,66	75,68	77,59	75,98
9:00	53,68	55,12	61,11	56,64	71,85	78,10	78,11	76,02
10:00	49,54	51,47	50,87	50,63	71,46	78,39	76,67	75,51
11:00	55,87	55,12	59,13	56,71	70,71	75,09	75,10	73,63
12:00	58,50	57,18	56,40	57,36	70,73	71,84	75,33	72,63
13:00	64,66	58,53	54,39	59,19	71,46	69,50	70,57	70,51
14:00	67,54	57,48	70,50	65,17	73,03	70,46	74,34	72,61
15:00	83,21	70,86	89,22	81,10	81,50	72,37	84,11	79,33
16:00	92,25	80,85	91,40	88,17	84,59	75,09	83,66	81,11
17:00	94,94	93,07	96,11	94,71	79,75	80,07	84,61	81,48
18:00	97,24	95,01	97,28	96,51	81,19	80,79	85,11	82,36
19:00	97,23	95,00	98,61	96,95	80,44	80,44	85,62	82,17
20:00	97,23	95,02	98,61	96,95	79,74	81,56	86,72	82,67
21:00	96,03	96,12	98,59	96,91	79,74	80,79	86,72	82,42
22:00	96,02	97,30	97,23	96,85	79,42	80,79	83,68	81,30
23:00	97,19	97,27	97,21	97,22	79,42	81,17	83,24	81,28

Rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi kumis kucing berjarak 1,5 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 10:00 dengan rerata kelembapan sebesar 50,63% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 97,22% yang terjadi pada pukul 23:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi mencapai angka 82,67% yakni pada pukul 20:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 70,51% pada pukul 13:00.



Gambar 4.19. Grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 1,5 m

Grafik di atas menunjukkan bahwa pada jarak 1,5 m terhadap bangunan terjadi peningkatan suhu dan penurunan kelembapan udara pada ruang luar mulai pukul 06:00 – 17:00, dengan rerata suhu tertinggi pada ruang luar bangunan berada pada angka 34,62 °C yang terjadi pada pukul 10:00, dengan rerata kelembapan udara sebesar 50,63% yang merupakan titik terendah pada kurva kelembapan. Rerata suhu terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 22,49 °C, sedangkan kelembapan tertinggi terjadi pada pukul 23:00, yakni sebesar 97,22%.

Pada ruang dalam, rerata suhu tertinggi mencapai 29,12 °C yang terjadi pada pukul 13:00 dan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 26,65 °C. Rerata kelembapan udara pada ruang dalam mencapai titik tertinggi pada pukul 20:00 yakni mencapai 82,67%, sedangkan rerata kelembapan udara terendah pada ruang dalam terjadi pada pukul 13:00 dengan rerata kelembapan udara mencapai 70,51%.

4.2.2. Pengukuran Suhu dan Kelembapan pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)

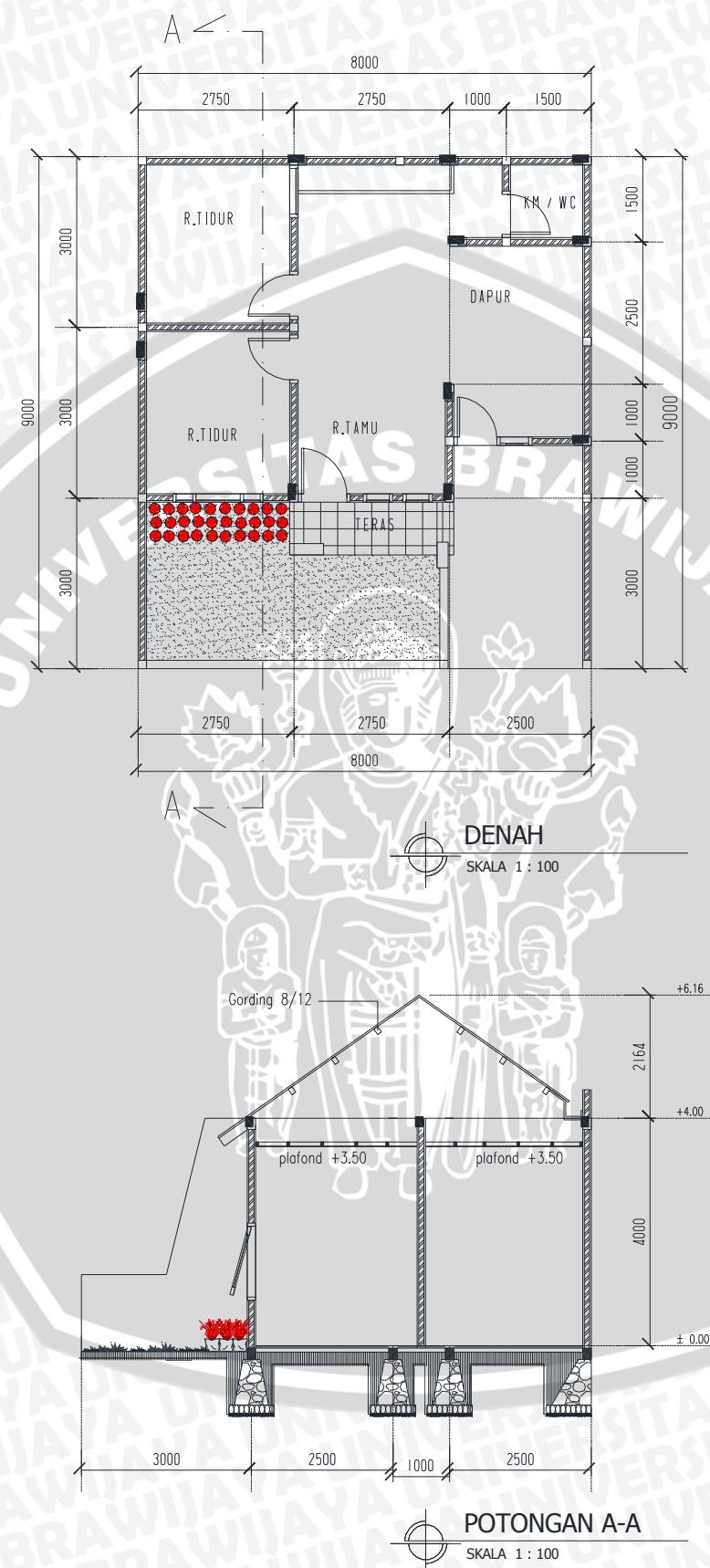
Pengukuran suhu pada objek penelitian dengan penerapan tata vegetasi bayam merah (ingler) dilakukan pada 16 – 27 Mei 2014 dengan variasi jarak 0 – 1,5 m. Masing-masing variasi jarak diterapkan selama 3 hari dengan cuaca pada yang tidak selalu cerah, beberapa hari hujan pada sore hari antara pukul 15:00 hingga pukul 16:00, yakni pada tanggal 19 dan 20 Mei 2014.

(1) Suhu Objek Penelitian dengan Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0 meter

Penerapan tata vegetasi bayam merah (ingler) pada jarak 0 meter terhadap bangunan objek penelitian dilakukan selama 3 hari pada 16 – 18 Mei 2014. Berikut adalah gambar dan foto (Gambar 4.20 & 4.21) objek penelitian dengan penataan bayam merah (ingler) pada jarak 0 meter terhadap bangunan.



Gambar 4.20. Penataan vegetasi bayam merah dengan jarak 0 m



Gambar 4.21. Potongan objek penelitian dengan penataan bayam merah berjarak 0 m

Tabel 4.12. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0 m

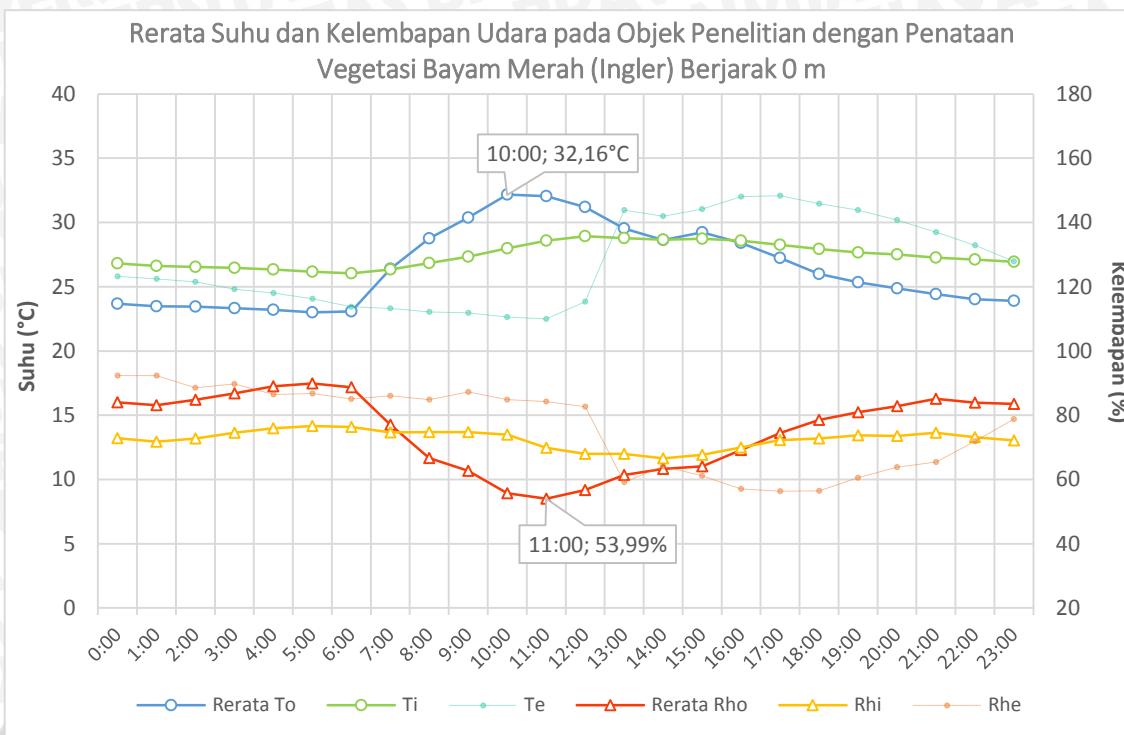
Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o) (°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i) (°C)			Rerata T_i (°C)
	16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014		16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014	
0:00	23,48	24,16	23,39	23,68	26,78	27,17	26,49	26,81
1:00	23,58	23,48	23,39	23,48	26,59	26,88	26,39	26,62
2:00	23,10	23,58	23,68	23,45	26,49	26,78	26,39	26,55
3:00	22,53	23,87	23,58	23,33	26,29	26,78	26,29	26,46
4:00	22,24	24,26	23,10	23,20	26,10	26,78	26,10	26,33
5:00	21,95	24,06	23,00	23,01	25,90	26,68	25,90	26,16
6:00	22,24	23,87	23,10	23,07	25,81	26,49	25,81	26,03
7:00	27,37	25,13	26,68	26,39	26,39	26,49	26,10	26,33
8:00	30,15	28,75	27,37	28,76	27,08	27,08	26,39	26,85
9:00	32,09	30,36	28,66	30,37	27,76	27,57	26,68	27,34
10:00	32,50	32,39	31,57	32,16	28,16	28,06	27,76	27,99
11:00	31,78	32,70	31,68	32,05	28,66	28,66	28,46	28,59
12:00	31,98	31,17	30,46	31,20	28,95	28,95	28,85	28,92
13:00	31,17	26,49	30,96	29,54	29,05	28,16	29,15	28,79
14:00	30,15	26,29	29,45	28,63	29,25	27,76	28,95	28,66
15:00	30,66	27,37	29,65	29,23	29,35	27,57	29,25	28,72
16:00	28,95	27,57	28,75	28,42	29,05	27,96	28,75	28,59
17:00	27,76	26,39	27,57	27,24	28,56	27,86	28,36	28,26
18:00	26,29	25,22	26,49	26,00	28,06	27,57	28,16	27,93
19:00	25,51	24,93	25,61	25,35	27,67	27,37	27,96	27,67
20:00	25,03	24,74	24,84	24,87	27,67	27,17	27,67	27,50
21:00	24,84	24,06	24,35	24,42	27,47	26,98	27,37	27,27
22:00	24,64	23,68	23,77	24,03	27,47	26,78	27,08	27,11
23:00	24,26	23,68	23,77	23,90	27,27	26,59	26,98	26,94

Catatan suhu tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan bayam merah (ingler) pada jarak 0 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar sebesar 32,16°C yang terjadi pada pukul 10:00 dan rerata suhu terendah pada pukul 05:00 dengan suhu 23,01°C. Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 28,92 °C, yakni pada pukul 12:00, dan suhu terendah pada pukul 06:00 dengan temperatur 26,03°C.

Tabel 4.13. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0 m

Waktu	Suhu Ruang Luar (RH_o) (%)			Rerata RH_o (%)	Suhu Ruang Dalam (RH_i) (%)			Rerata RH_i (%)
	16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014		16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014	
0:00	81,01	81,71	89,15	83,96	70,69	71,68	76,28	72,88
1:00	81,00	82,12	86,18	83,10	69,60	70,68	75,07	71,78
2:00	85,16	82,51	86,72	84,80	72,33	70,52	75,31	72,72
3:00	86,72	83,76	89,84	86,77	73,14	72,11	78,53	74,59
4:00	86,72	89,86	90,55	89,04	71,83	76,78	79,17	75,93
5:00	87,86	90,58	91,31	89,92	72,22	79,13	78,56	76,64
6:00	84,70	89,16	92,13	88,66	70,83	78,22	79,84	76,30
7:00	67,34	86,17	77,62	77,04	69,32	78,52	76,07	74,64
8:00	60,66	68,96	70,27	66,63	71,88	76,76	75,55	74,73
9:00	56,86	62,82	68,38	62,69	72,17	76,18	76,01	74,79
10:00	52,29	56,53	58,17	55,66	70,66	74,20	76,97	73,94
11:00	53,92	51,99	56,05	53,99	68,09	68,09	73,29	69,82
12:00	54,21	59,95	55,85	56,67	66,95	70,21	66,70	67,95
13:00	57,97	70,90	55,25	61,37	68,17	69,36	66,27	67,93
14:00	60,33	65,59	64,02	63,31	67,30	64,45	67,90	66,55
15:00	63,58	67,74	61,02	64,11	69,82	66,54	66,63	67,66
16:00	69,08	72,00	66,46	69,18	70,54	70,87	68,36	69,92
17:00	75,41	78,53	69,45	74,46	73,49	74,23	69,02	72,25
18:00	82,40	82,86	70,40	78,55	76,14	74,95	67,21	72,77
19:00	82,03	84,18	76,62	80,94	75,42	75,21	70,69	73,77
20:00	81,29	84,65	82,46	82,80	72,57	75,71	72,37	73,55
21:00	83,29	87,29	84,66	85,08	73,62	76,24	73,63	74,50
22:00	83,30	83,33	85,15	83,93	73,40	72,88	73,24	73,17
23:00	81,70	82,11	86,72	83,51	71,49	71,41	73,46	72,12

Rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi bayam merah berjarak 0 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 11:00 dengan rerata kelembapan sebesar 53,99% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 89,92% yang terjadi pada pukul 05:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi mencapai angka 76,64% yakni pada pukul 05:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 66,55% pada pukul 14:00.



Gambar 4.22. Grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 0 m

Grafik di atas menunjukkan bahwa penataan vegetasi bayam merah (ingler) dengan jarak 0 meter terhadap bangunan memiliki rerata suhu tertinggi pada ruang luar bangunan , yakni mencapai $32,16^{\circ}\text{C}$ pada pukul 10:00, sedangkan rerata kelembapan udara terendah terjadi pada pukul 11:00 dengan kadar kelembapan udara sebesar 53,99%. Rerata suhu terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 05:00 dengan temperatur $23,01^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan sebesar 89,92%, yang merupakan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar bangunan.

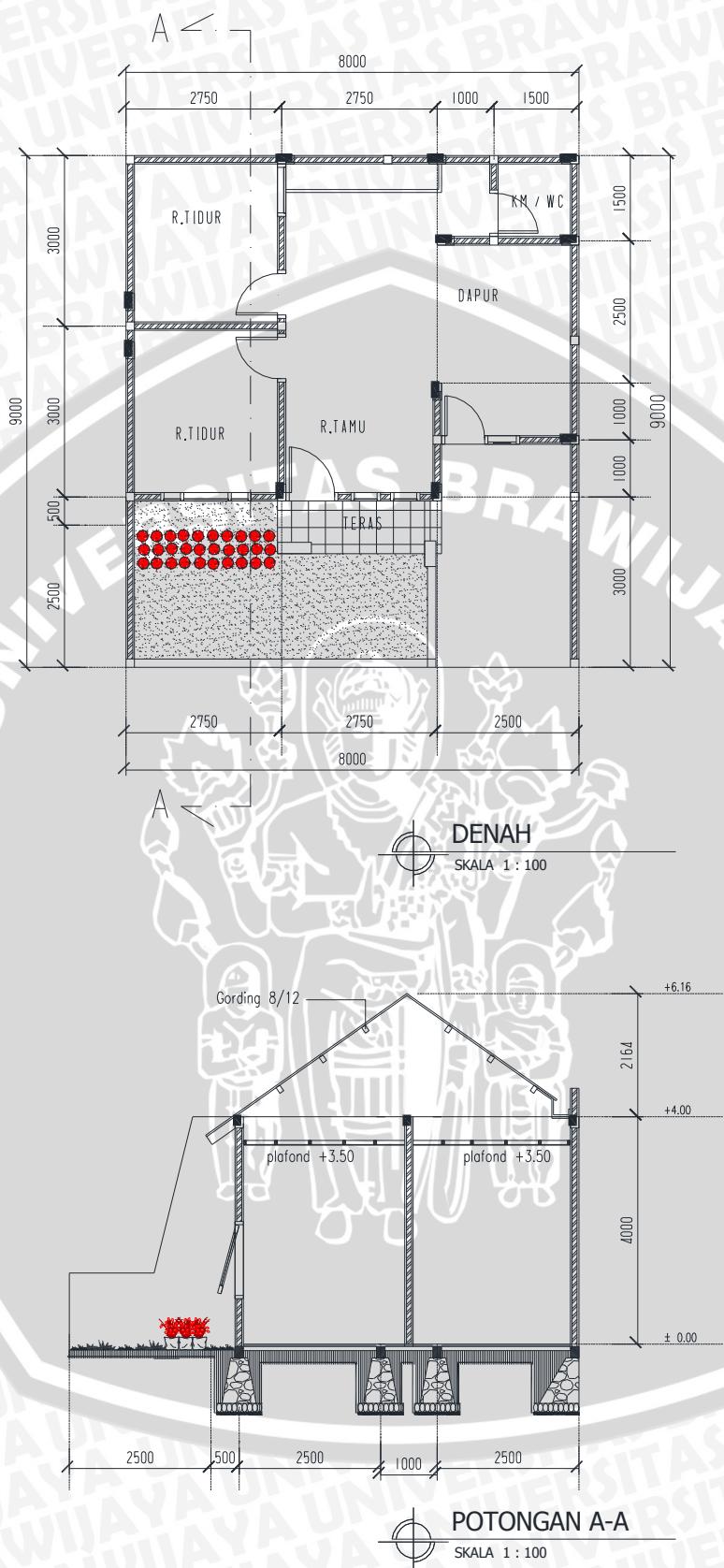
Pada ruang dalam, rerata suhu tertinggi mencapai $28,92^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada pukul 12:00 dan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur $26,03^{\circ}\text{C}$. Rerata kelembapan udara pada ruang dalam mencapai titik tertinggi pada pukul 05:00 yakni sebesar 76,64%, sedangkan rerata kelembapan udara terendah pada ruang dalam terjadi pada pukul 14:00 dengan rerata kelembapan udara mencapai 66,55%.

(2) Suhu Objek Penelitian dengan Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0,5 meter

Penerapan tata vegetasi bayam merah pada jarak 0,5 meter terhadap bangunan objek penelitian dilakukan selama 3 hari pada 19 – 21 Mei 2014. Berikut adalah gambar dan foto (Gambar 4.23 & 4.24) objek penelitian dengan penataan bayam merah (ingler) pada jarak 0,5 meter terhadap bangunan.



Gambar 4.23. Penataan vegetasi bayam merah dengan jarak 0,5 m



Gambar 4.24. Denah & Potongan objek penelitian dengan penataan bayam merah berjarak 0,5 m

Tabel 4.14. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah Berjarak 0,5 m

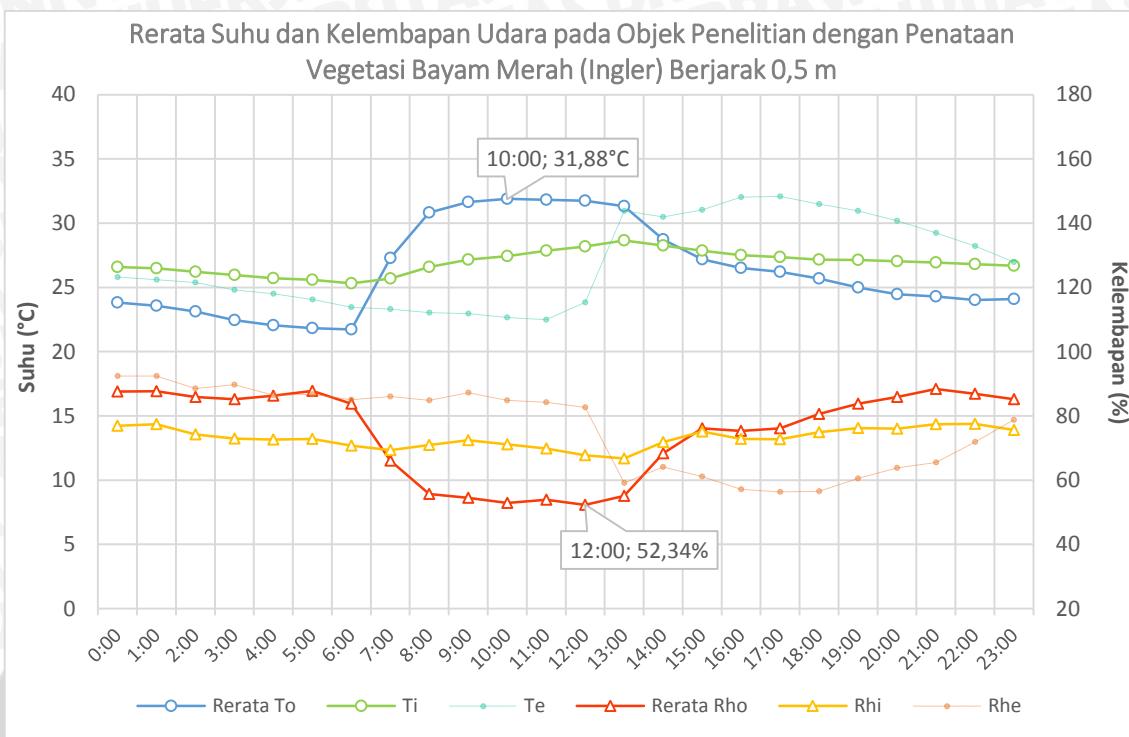
Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o)(°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i)(°C)			Rerata T_i (°C)
	19/05/2014	20/05/2014	21/05/2014		19/05/2014	20/05/2014	21/05/2014	
0:00	23,97	24,16	23,29	23,81	26,88	26,78	26,10	26,59
1:00	24,16	23,77	22,81	23,58	26,78	26,68	26,00	26,49
2:00	23,77	23,20	22,43	23,13	26,59	26,29	25,71	26,20
3:00	22,62	22,53	22,24	22,46	26,29	26,10	25,51	25,97
4:00	22,14	22,05	21,95	22,05	26,00	25,71	25,42	25,71
5:00	21,57	21,76	22,14	21,82	25,71	25,71	25,32	25,58
6:00	21,47	21,66	22,05	21,73	25,42	25,42	25,13	25,32
7:00	27,27	26,10	28,46	27,28	25,61	25,51	25,90	25,68
8:00	30,66	29,95	31,88	30,83	26,68	26,49	26,59	26,59
9:00	32,09	31,57	31,27	31,64	27,37	27,17	26,98	27,17
10:00	32,19	32,09	31,37	31,88	27,47	27,67	27,17	27,44
11:00	31,98	32,50	30,96	31,81	27,86	28,26	27,47	27,86
12:00	31,68	31,68	31,88	31,74	28,36	28,36	27,86	28,19
13:00	32,29	29,95	31,68	31,31	28,85	28,56	28,56	28,65
14:00	30,86	27,47	27,86	28,73	28,85	27,96	27,96	28,26
15:00	29,55	26,10	25,90	27,18	28,85	27,37	27,37	27,86
16:00	27,67	26,20	25,71	26,52	28,26	27,08	27,17	27,50
17:00	26,78	26,00	25,81	26,20	27,96	26,98	27,17	27,37
18:00	26,20	25,42	25,42	25,68	27,86	26,68	26,98	27,17
19:00	25,22	24,84	24,93	25,00	27,67	26,78	26,98	27,14
20:00	24,55	24,35	24,55	24,48	27,37	26,68	27,08	27,04
21:00	24,26	24,45	24,16	24,29	27,17	26,68	26,98	26,94
22:00	24,26	24,06	23,77	24,03	27,08	26,49	26,88	26,81
23:00	24,64	23,68	23,97	24,09	26,98	26,39	26,68	26,68

Data tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan bayam merah pada jarak 0,5 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar sebesar 31,88°C yang terjadi pada pukul 10:00 dan rerata suhu terendah pada pukul 06:00 dengan suhu 21,73°C. Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 28,65°C, yakni pada pukul 13:00, dan suhu terendah pada pukul 06:00 dengan temperatur 25,32°C.

Tabel 4.15. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0,5 m

Waktu	Suhu Ruang Luar (RH_o) (%)			Rerata RH_o (%)	Suhu Ruang Dalam (RH_i) (%)			Rerata RH_i (%)
	16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014		16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014	
0:00	85,15	88,51	89,15	87,60	75,50	77,33	77,96	76,93
1:00	85,15	85,66	92,11	87,64	75,27	77,62	79,50	77,46
2:00	86,72	81,02	89,81	85,85	75,77	70,27	76,62	74,22
3:00	84,23	82,95	88,48	85,22	73,54	69,67	75,63	72,95
4:00	86,19	81,44	91,27	86,30	71,84	68,85	77,17	72,62
5:00	87,86	85,68	89,80	87,78	71,70	70,51	76,39	72,87
6:00	81,47	80,10	89,80	83,79	68,47	67,42	76,41	70,77
7:00	60,24	67,82	70,12	66,06	64,55	67,40	76,09	69,35
8:00	54,86	55,85	56,52	55,74	67,59	69,76	75,53	70,96
9:00	50,97	53,54	58,90	54,47	68,16	70,98	78,18	72,44
10:00	49,79	50,61	58,28	52,89	67,59	69,59	76,22	71,13
11:00	48,77	52,24	60,66	53,89	66,25	67,73	75,68	69,89
12:00	48,89	51,30	56,84	52,34	63,31	66,28	73,57	67,72
13:00	49,56	59,50	56,18	55,08	62,16	67,14	70,96	66,75
14:00	60,86	75,94	68,22	68,34	68,20	76,41	71,04	71,88
15:00	64,33	79,82	84,16	76,10	69,89	77,28	78,15	75,11
16:00	70,07	73,35	82,42	75,28	68,59	72,45	77,58	72,87
17:00	73,08	73,17	82,02	76,09	69,86	71,00	77,30	72,72
18:00	78,54	77,17	86,17	80,63	72,35	73,09	79,44	74,96
19:00	80,92	83,29	87,29	83,83	73,17	76,00	79,44	76,20
20:00	82,88	86,17	88,52	85,86	72,41	77,06	78,48	75,98
21:00	86,72	87,89	90,59	88,40	75,23	78,81	78,18	77,41
22:00	84,20	89,16	87,29	86,88	75,24	79,47	77,89	77,53
23:00	79,27	88,50	87,88	85,22	72,08	78,23	76,53	75,61

Rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi kumis kucing berjarak 0,5 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 12:00 dengan rerata kelembapan sebesar 52,34% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 88,40% yang terjadi pada pukul 21:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi mencapai angka 77,53% yakni pada pukul 22:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 66,75% pada pukul 13:00.



Gambar 4.25. Grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian dengan vegetasi bayam merah (ingler) berjarak 0,5 m

Grafik analisis tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan bayam merah pada jarak 0,5 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar sebesar 31,88°C yang terjadi pada pukul 10:00, sedangkan kadar kelembapan terendah terjadi pada pukul 12:00 dengan kelembapan sebesar 52,34%. Rerata suhu terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 06:00 dengan suhu 21,73°C dan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar mencapai 88,40% yang terjadi pada pukul 21:00. Pada grafik tersebut, peningkatan suhu udara pada ruang luar disertai dengan penurunan kadar kelembapan udara.

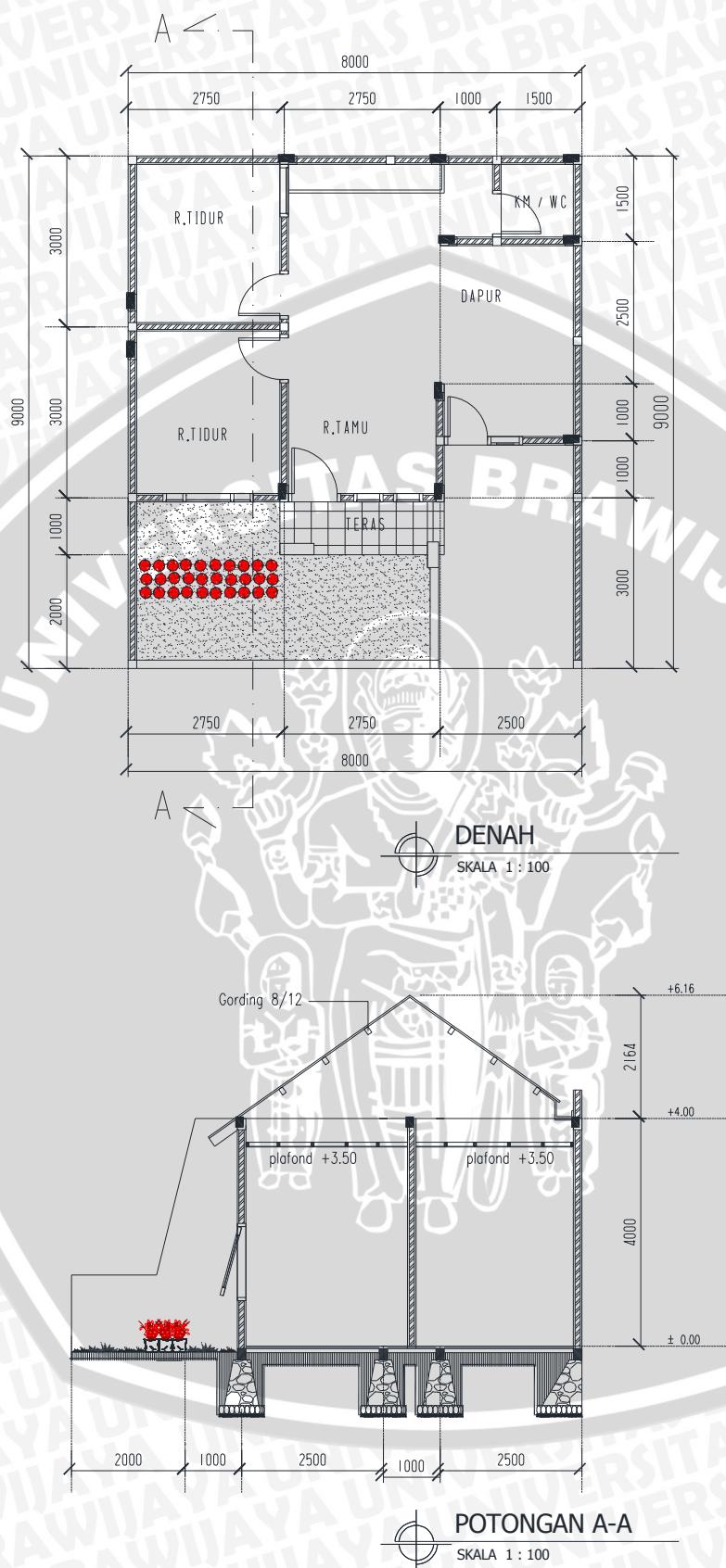
Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 28,65°C, yakni pada pukul 13:00, pada waktu yang sama kelembapan udara mencapai titik terendah yakni sebesar 66,75%. Suhu terendah pada ruang dalam terjadi pada pukul 06:00 dengan temperatur 25,32°C, sedangkan kelembapan tertinggi pada ruang dalam terjadi pada pukul 22:00 dengan kelembapan udara sebesar 77,53%.

(3) Suhu Objek Penelitian dengan Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1 meter

Penerapan tata vegetasi bayam merah (ingler) pada jarak 1 meter terhadap bangunan objek penelitian dilakukan selama 3 hari pada 22 – 24 Mei 2014. Berikut adalah gambar dan foto (Gambar 4.26 & 4.27) objek penelitian dengan penataan bayam merah pada jarak 1 meter terhadap bangunan.



Gambar 4.26. Penataan vegetasi bayam merah dengan jarak 1 m



Gambar 4.27. Potongan objek penelitian dengan penataan bayam merah berjarak 1 m

Tabel 4.16. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah Berjarak 1 m

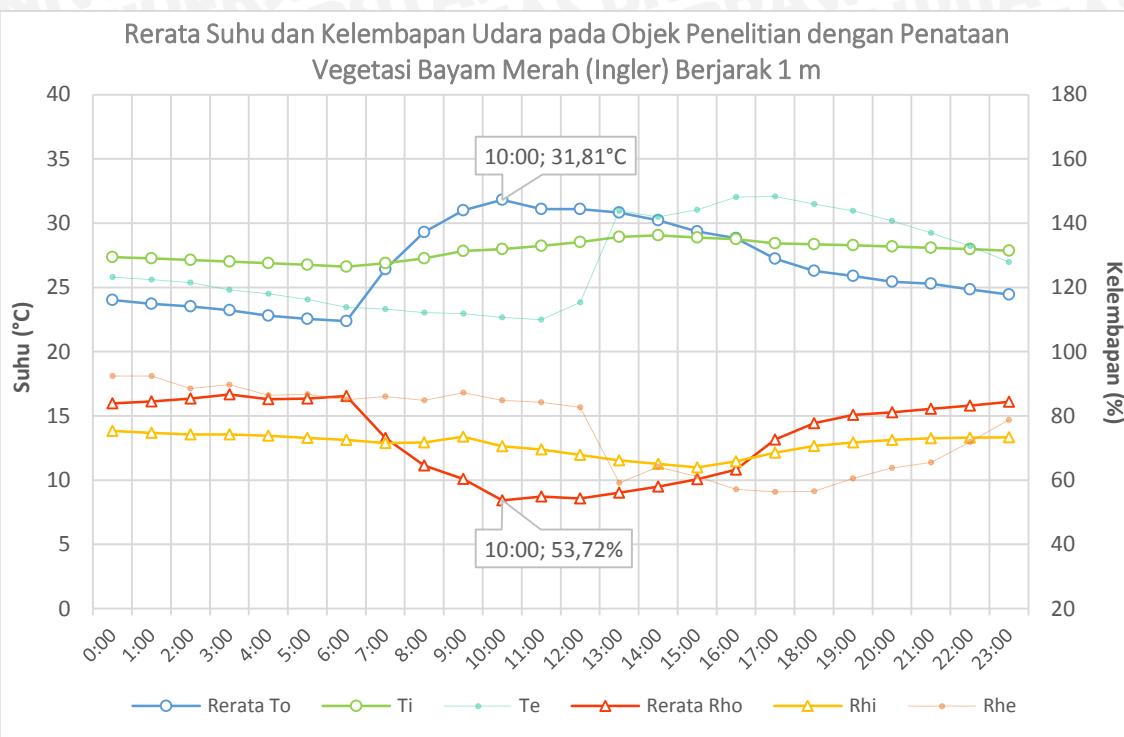
Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o)(°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i)(°C)			Rerata T_i (°C)
	22/05/2014	23/05/2014	24/05/2014		22/05/2014	23/05/2014	24/05/2014	
0:00	24,16	24,16	23,77	24,03	26,68	27,57	27,86	27,37
1:00	24,06	23,77	23,29	23,71	26,68	27,47	27,67	27,27
2:00	23,58	23,58	23,39	23,52	26,59	27,27	27,57	27,14
3:00	23,58	22,91	23,20	23,23	26,49	27,08	27,47	27,01
4:00	22,81	22,43	23,20	22,81	26,39	26,98	27,27	26,88
5:00	22,72	22,14	22,81	22,56	26,29	26,78	27,17	26,75
6:00	22,72	21,86	22,53	22,37	26,20	26,59	27,08	26,62
7:00	27,08	26,20	26,00	26,42	26,49	26,88	27,27	26,88
8:00	30,46	28,26	29,15	29,29	26,88	27,27	27,67	27,27
9:00	31,57	30,15	31,27	31,00	27,57	27,76	28,16	27,83
10:00	31,98	31,78	31,68	31,81	27,76	27,86	28,36	27,99
11:00	31,57	31,37	30,36	31,10	27,96	28,16	28,56	28,23
12:00	31,47	31,37	30,46	31,10	28,36	28,46	28,75	28,52
13:00	30,66	31,06	30,76	30,83	29,05	28,66	29,05	28,92
14:00	29,85	30,76	30,05	30,22	28,95	29,05	29,15	29,05
15:00	28,85	30,36	28,85	29,35	28,66	29,05	28,95	28,89
16:00	28,56	29,25	28,66	28,82	28,46	28,95	28,85	28,75
17:00	26,78	27,57	27,37	27,24	27,86	28,75	28,66	28,42
18:00	25,90	26,49	26,49	26,29	27,96	28,56	28,56	28,36
19:00	25,90	25,81	26,00	25,90	28,06	28,46	28,36	28,29
20:00	25,90	25,22	25,22	25,45	27,96	28,36	28,26	28,19
21:00	25,51	25,42	24,93	25,29	27,86	28,26	28,16	28,09
22:00	25,13	25,13	24,26	24,84	27,86	28,16	27,96	27,99
23:00	24,64	24,45	24,26	24,45	27,67	28,06	27,86	27,86

Catatan suhu tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan bayam merah pada jarak 1 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar sebesar 31,81°C yang terjadi pada pukul 10:00 dan rerata suhu terendah pada pukul 05:00 dengan suhu 22,37°C. Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 28,92 °C, yakni pada pukul 13:00, dan suhu terendah pada pukul 06:00 dengan temperatur 26,62°C.

Tabel 4.17. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1 m

Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o) (°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i) (°C)			Rerata T_i (°C)
	16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014		16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014	
0:00	87,89	82,09	81,72	83,90	76,79	75,93	73,15	75,29
1:00	89,16	81,35	82,92	84,48	77,62	74,05	72,37	74,68
2:00	88,50	84,68	82,92	85,37	77,92	73,43	71,45	74,27
3:00	89,84	82,94	87,29	86,69	77,92	72,64	72,02	74,19
4:00	87,87	82,95	84,68	85,17	77,64	71,71	72,23	73,86
5:00	88,49	83,80	83,78	85,36	77,10	70,69	71,50	73,10
6:00	90,54	83,39	84,70	86,21	76,83	69,75	71,16	72,58
7:00	76,49	70,61	72,39	73,16	75,78	68,66	70,12	71,52
8:00	60,77	68,73	64,18	64,56	75,50	69,80	69,91	71,74
9:00	61,43	61,81	58,02	60,42	77,84	72,17	70,66	73,56
10:00	53,29	53,49	54,39	53,72	72,56	71,97	67,05	70,53
11:00	53,23	53,18	58,22	54,88	71,95	70,33	66,50	69,59
12:00	53,20	52,33	57,44	54,32	68,57	68,56	66,46	67,86
13:00	59,42	53,10	55,84	56,12	66,67	67,00	64,75	66,14
14:00	62,72	51,67	59,55	57,98	68,04	63,27	63,76	65,02
15:00	67,50	51,32	61,98	60,27	68,82	59,02	64,11	63,98
16:00	70,10	60,44	59,40	63,31	70,80	62,71	64,03	65,85
17:00	77,61	72,98	67,21	72,60	75,16	66,85	63,75	68,59
18:00	82,42	77,92	72,72	77,69	74,91	70,10	66,75	70,59
19:00	81,25	82,83	76,85	80,31	74,90	71,70	68,72	71,77
20:00	81,63	86,17	75,66	81,15	74,91	73,09	69,50	72,50
21:00	84,64	85,64	76,43	82,24	75,65	73,96	69,36	72,99
22:00	86,17	86,17	77,27	83,20	76,16	74,42	69,08	73,22
23:00	89,18	85,15	78,99	84,44	76,44	74,66	68,80	73,30

Rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi bayam merah (ingler) berjarak 1 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 10:00 dengan rerata kelembapan sebesar 53,72% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 86,69% yang terjadi pada pukul 03:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi mencapai angka 75,29% yakni pada pukul 00:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 63,98% pada pukul 15:00.



Gambar 4.28. Grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian dengan vegetasi bayam merah (ingler) berjarak 1 m

Grafik di atas menunjukkan bahwa objek penelitian dengan bayam merah (ingler) pada jarak 1 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar sebesar 31,81°C yang terjadi pada pukul 10:00 dengan rerata kelembapan sebesar 53,72% yang merupakan titik terendah pada kurva rerata kelembapan udara ruang luar. Rerata suhu terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 05:00 dengan suhu 22,37°C, sedangkan kelembapan tertinggi pada ruang luar terjadi pada pukul 03:00 dengan kelembapan sebesar 86,69%. Kenaikan rerata suhu udara pada grafik tersebut disertai dengan penurunan kurva rerata kelembapan udara yang dimulai pada pukul 06:00.

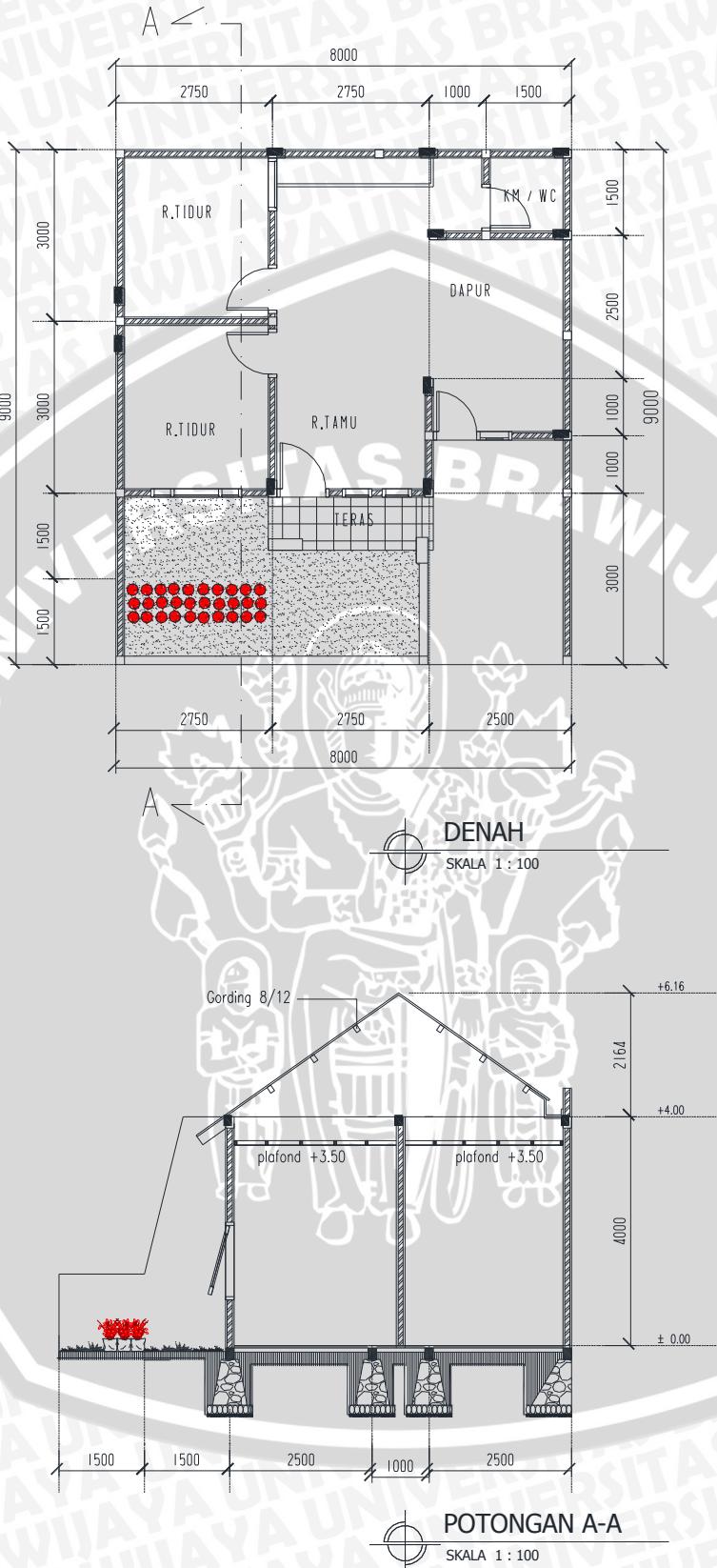
Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 28,92 °C, yakni pada pukul 13:00, sedangkan rerata kelembapan terendah pada ruang dalam terjadi pada pukul 15:00 dengan kelembapan sebesar 63,98%. Rerata suhu terendah pada ruang dalam tercatat pukul 06:00 dengan temperatur 26,62°C dan rerata kelembapan tertinggi pada ruang dalam sebesar 75,29% yang tercatat pada pukul 00:00.

(4) Suhu Objek Penelitian dengan Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1,5 meter

Penerapan tata vegetasi bayam merah pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan objek penelitian dilakukan selama 3 hari pada 25 – 27 Mei 2014. Berikut adalah gambar dan foto (Gambar 4.29 & 4.30) objek penelitian dengan penataan bayam merah pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan. Hasil pengukuran pada objek penelitian dengan bayam merah (ingler) berjarak 1,5 m disajikan pada tabel dan grafik berikut (Tabel 4.11 & Gambar 4.31).



Gambar 4.29. Penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 1,5 m



Gambar 4.30. Potongan objek penelitian dengan penataan bayam merah berjarak 1,5 m

Tabel 4.18. Data Suhu Ruang Luar (T_o) dan Ruang Dalam (T_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah Berjarak 1,5 m

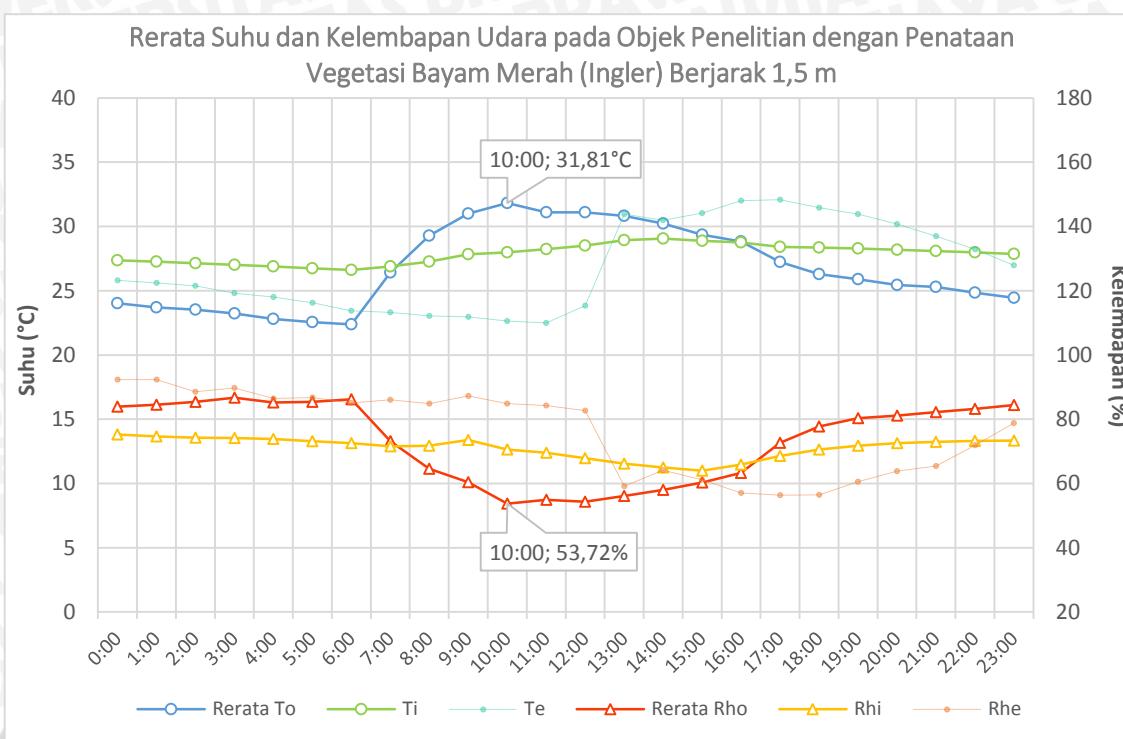
Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o)(°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i)(°C)			Rerata T_i (°C)
	25/05/2014	26/05/2014	27/05/2014		25/05/2014	26/05/2014	27/05/2014	
0:00	24,06	24,45	24,74	24,42	27,67	27,96	28,06	27,90
1:00	23,29	24,06	24,64	24,00	27,57	27,86	27,96	27,80
2:00	23,00	23,68	23,97	23,55	27,37	27,67	27,86	27,63
3:00	22,72	23,39	23,97	23,36	27,27	27,57	27,67	27,50
4:00	22,53	23,29	23,58	23,13	27,08	27,47	27,57	27,37
5:00	22,43	22,72	23,10	22,75	26,98	27,27	27,37	27,21
6:00	22,53	23,00	23,00	22,84	26,88	27,17	27,27	27,11
7:00	23,58	25,81	27,86	25,75	26,88	27,47	27,57	27,30
8:00	27,86	29,35	31,06	29,43	27,17	27,76	28,06	27,67
9:00	31,06	30,96	32,19	31,41	27,67	28,16	28,46	28,09
10:00	31,27	31,37	31,78	31,47	28,06	28,46	28,56	28,36
11:00	31,57	31,68	31,68	31,64	28,26	28,66	28,75	28,56
12:00	31,78	31,57	31,47	31,61	28,56	28,95	29,05	28,85
13:00	31,88	31,88	31,47	31,74	28,85	29,25	29,45	29,19
14:00	31,68	29,75	31,47	30,97	28,95	29,15	30,26	29,45
15:00	31,06	28,95	30,15	30,06	29,25	28,95	29,75	29,32
16:00	28,85	28,36	28,66	28,62	29,05	28,85	29,35	29,09
17:00	27,37	27,47	27,27	27,37	28,85	28,56	28,85	28,75
18:00	26,88	26,39	26,29	26,52	28,66	28,66	28,95	28,75
19:00	26,59	25,81	26,10	26,16	28,56	28,56	28,85	28,65
20:00	25,71	25,71	25,51	25,64	28,46	28,46	28,75	28,56
21:00	24,74	25,13	25,51	25,13	28,36	28,36	28,66	28,46
22:00	24,84	24,93	25,13	24,96	28,16	28,26	28,56	28,32
23:00	24,84	24,93	24,74	24,83	28,16	28,16	28,46	28,26

Catatan suhu tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan bayam merah pada jarak 1,5 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar sebesar 31,74°C yang terjadi pada pukul 13:00 dan rerata suhu terendah pada pukul 05:00 dengan suhu 22,75°C. Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 29,45 °C, yakni pada pukul 14:00, dan suhu terendah pada pukul 06:00 dengan temperatur 27,11°C.

Tabel 4.19. Data Kelembapan Udara Ruang Luar (RH_o) dan Ruang Dalam (RH_i) pada Objek Penelitian dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1,5 m

Waktu	Suhu Ruang Luar (T_o) (°C)			Rerata T_o (°C)	Suhu Ruang Dalam (T_i) (°C)			Rerata T_i (°C)
	16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014		16/05/2014	17/05/2014	18/05/2014	
0:00	81,34	87,89	89,87	86,37	69,28	75,39	76,94	73,87
1:00	81,38	90,58	87,89	86,62	69,45	75,65	76,68	73,93
2:00	82,53	93,03	85,65	87,07	69,17	75,67	75,90	73,58
3:00	81,77	92,14	84,20	86,04	68,60	75,67	74,94	73,07
4:00	82,55	91,32	89,15	87,67	68,49	75,68	74,71	72,96
5:00	82,55	92,11	90,55	88,40	68,79	75,46	74,73	72,99
6:00	81,06	92,99	88,49	87,51	68,66	75,23	74,75	72,88
7:00	77,60	85,13	70,20	77,64	68,10	74,72	72,78	71,87
8:00	67,94	71,58	59,10	66,21	68,05	74,93	71,57	71,52
9:00	59,97	60,92	57,74	59,54	69,75	74,89	71,51	72,05
10:00	56,79	58,80	58,41	58,00	70,34	74,16	72,26	72,25
11:00	53,92	59,60	57,30	56,94	70,65	74,37	72,04	72,35
12:00	55,53	60,54	55,01	57,03	69,30	73,44	68,31	70,35
13:00	56,65	57,18	54,84	56,22	69,10	72,57	65,60	69,09
14:00	56,43	65,55	57,48	59,82	69,24	72,79	65,46	69,16
15:00	59,49	70,55	63,67	64,57	68,73	73,23	67,08	69,68
16:00	71,46	72,88	70,60	71,65	70,20	73,89	69,82	71,30
17:00	75,69	79,40	76,21	77,10	72,22	75,83	72,42	73,49
18:00	76,25	85,63	80,86	80,91	72,25	76,08	72,41	73,58
19:00	77,63	87,90	83,70	83,08	72,46	76,62	72,82	73,97
20:00	83,27	87,30	85,13	85,23	72,67	76,91	73,68	74,42
21:00	90,61	88,53	85,64	88,26	74,40	76,64	74,14	75,06
22:00	91,39	89,88	85,14	88,80	75,12	76,65	74,38	75,38
23:00	88,52	90,61	86,72	88,62	75,37	76,66	74,16	75,40

Rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi bayam merah (ingler) berjarak 1,5 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 13:00 dengan rerata kelembapan sebesar 56,22% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 88,80% yang terjadi pada pukul 22:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi mencapai angka 75,40% yakni pada pukul 23:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 69,09% pada pukul 13:00.



Gambar 4.31. Grafik perbandingan rerata suhu dan kelembapan pada objek penelitian dengan vegetasi bayam merah (ingler) berjarak 1,5 m

Catatan suhu tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian dengan bayam merah pada jarak 1,5 m memiliki rerata suhu tertinggi ruang luar sebesar 31,74°C yang terjadi pada pukul 13:00 dan rerata suhu terendah pada pukul 05:00 dengan suhu 22,75°C. Pada ruang dalam objek penelitian, suhu tertinggi mencapai 29,45 °C, yakni pada pukul 14:00, dan suhu terendah pada pukul 06:00 dengan temperatur 27,11°C.

Rerata kelembapan udara pada penataan vegetasi bayam merah (ingler) berjarak 1,5 meter tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara terendah pada ruang luar terjadi pada pukul 13:00 dengan rerata kelembapan sebesar 56,22% sedangkan rerata kelembapan tertinggi pada ruang luar sebesar 88,80% yang terjadi pada pukul 22:00. Pada ruang dalam, rerata kelembapan tertinggi mencapai angka 75,40% yakni pada pukul 23:00 dan rerata kelembapan terendah sebesar 69,09% pada pukul 13:00.

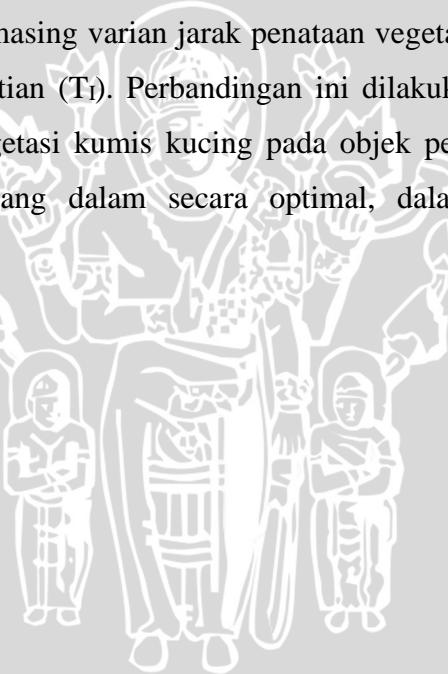
4.2.3. Analisa Data Hasil Pengukuran Suhu pada Objek Penelitian

Hasil pengukuran suhu terhadap setiap variasi penataan tanaman pada objek penelitian selanjutnya dianalisa untuk mengetahui varian penataan dan jenis vegetasi yang efektif dalam mengkondisikan suhu udara pada objek penelitian.

Menurut Lippemeir (1994) rentang suhu yang nyaman pada iklim khatulistiwa adalah pada rentang suhu $22,5^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan batas kenyamanan tersebut, data hasil pengukuran suhu pada ruang luar dan ruang dalam ini kemudian dianalisa untuk mendapatkan penataan jarak penataan masing-masing jenis vegetasi yang dapat menghasilkan suhu ruang dalam paling mendekati rentang suhu batas kenyamanan yang dikemukakan oleh Lippemeir (1994) tersebut.

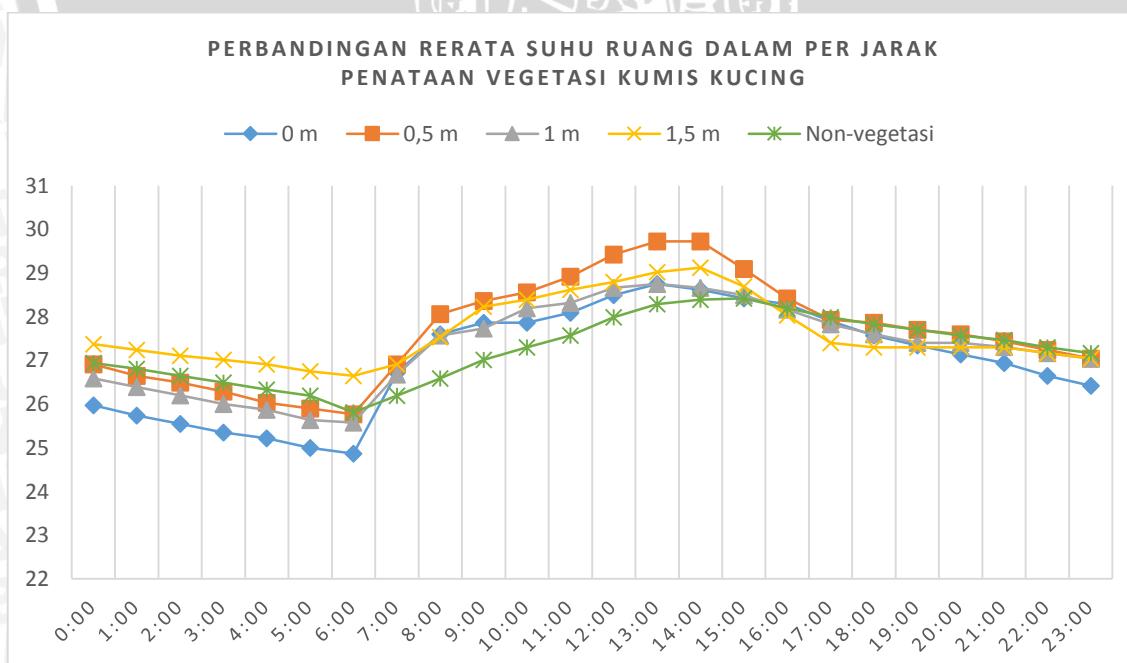
(1) Perbandingan rerata suhu pada varian jarak vegetasi kumis kucing

Berikut ini adalah tabel dan grafik (Tabel 4.11 & Gambar 4.32) perbandingan rerata suhu pada masing-masing varian jarak penataan vegetasi kumis kucing pada ruang dalam objek penelitian (T_1). Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui varian jarak penataan vegetasi kumis kucing pada objek penelitian yang mampu mengkondisikan suhu ruang dalam secara optimal, dalam kaitannya dengan kenyamanan termal.



Tabel 4.20. Tabel Perbandingan Rerata Suhu Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Kumis Kucing

Waktu	Rerata Suhu (°C) dengan Jarak Vegetasi				Rerata Suhu tanpa Vegetasi (°C)
	0 m	0,5 m	1 m	1,5 m	
0:00	25,97	26,91	26,59	27,37	26,94
1:00	25,74	26,65	26,39	27,24	26,81
2:00	25,55	26,49	26,20	27,11	26,65
3:00	25,35	26,29	26,00	27,01	26,49
4:00	25,22	26,03	25,87	26,91	26,33
5:00	25,00	25,90	25,64	26,75	26,19
6:00	24,87	25,77	25,58	26,65	25,81
7:00	26,72	26,91	26,68	26,91	26,19
8:00	27,60	28,06	27,57	27,53	26,59
9:00	27,86	28,36	27,73	28,23	27,01
10:00	27,86	28,56	28,19	28,39	27,30
11:00	28,09	28,92	28,32	28,62	27,57
12:00	28,49	29,42	28,66	28,79	27,99
13:00	28,75	29,72	28,75	29,02	28,29
14:00	28,62	29,72	28,66	29,12	28,39
15:00	28,42	29,09	28,49	28,69	28,42
16:00	28,29	28,42	28,16	28,03	28,19
17:00	27,90	27,93	27,83	27,40	27,99
18:00	27,57	27,86	27,60	27,30	27,83
19:00	27,34	27,70	27,40	27,30	27,70
20:00	27,14	27,60	27,40	27,30	27,57
21:00	26,94	27,44	27,31	27,30	27,47
22:00	26,65	27,24	27,17	27,17	27,30
23:00	26,42	27,04	27,04	27,04	27,17



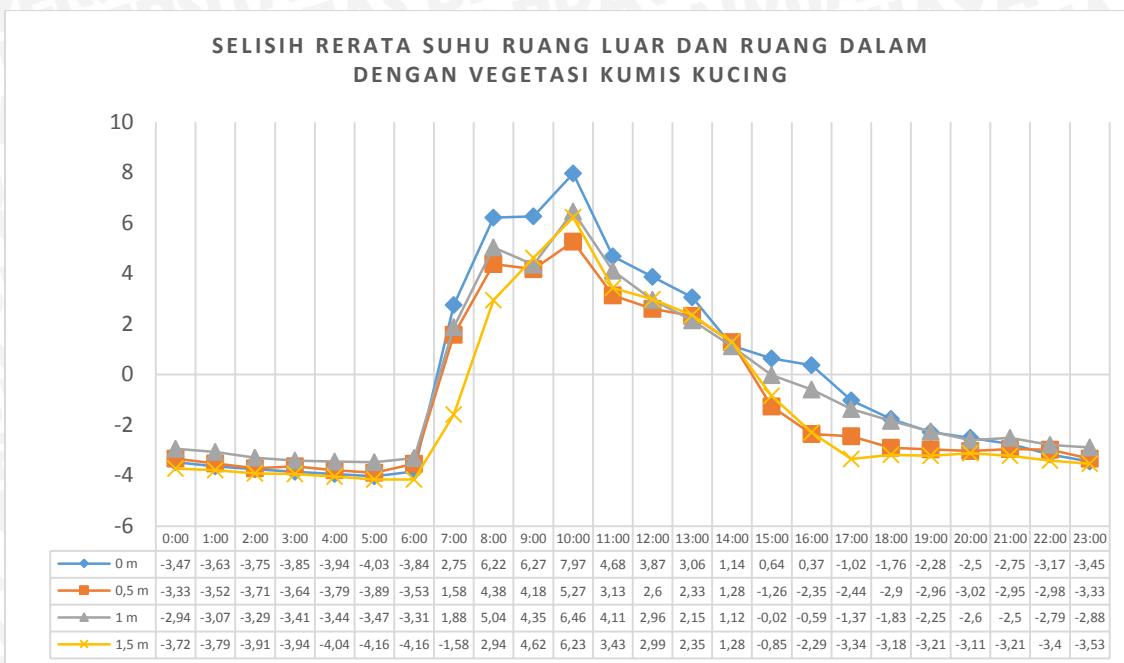
Gambar 4.32. Grafik perbandingan rerata suhu ruang dalam per jarak penataan vegetasi kumis kucing

Grafik perbandingan tersebut menunjukkan bahwa penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 0 meter terhadap bangunan memiliki rerata suhu terendah jika dibandingkan dengan jarak lain dengan penataan jenis vegetasi yang sama, dengan rerata minimum mencapai 24,87 °C pada pukul 6:00 dan rerata tertinggi mencapai 28,75 °C pada pukul 13:00.

Dari 4 macam varian jarak penataan vegetasi tersebut, kemudian dilakukan analisis terhadap kinerja tata vegetasi dalam mengkondisikan suhu pada ruang dalam bangunan. Berikut adalah tabel dan grafik analisis perbandingan selisih rerata suhu ruang luar dan ruang dalam pada setiap jarak penataan vegetasi kumis kucing.

Tabel 4.21. Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Kumis Kucing

Waktu	Selisih Rerata Suhu (To - Ti) (°C)											
	0 m			0,5 m			1 m			1,5 m		
	R.Dalam	R.Luar	Selisih	R.Dalam	R.Luar	Selisih	R.Dalam	R.Luar	Selisih	R.Dalam	R.Luar	Selisih
0:00	25,97	22,49	-3,47	26,91	23,58	-3,33	26,59	23,65	-2,94	27,37	23,65	-3,72
1:00	25,74	22,11	-3,63	26,65	23,13	-3,52	26,39	23,32	-3,07	27,24	23,45	-3,79
2:00	25,55	21,79	-3,75	26,49	22,78	-3,71	26,20	22,91	-3,29	27,11	23,20	-3,91
3:00	25,35	21,51	-3,85	26,29	22,65	-3,64	26,00	22,59	-3,41	27,01	23,07	-3,94
4:00	25,22	21,28	-3,94	26,03	22,24	-3,79	25,87	22,43	-3,44	26,91	22,88	-4,04
5:00	25,00	20,97	-4,03	25,90	22,01	-3,89	25,64	22,17	-3,47	26,75	22,59	-4,16
6:00	24,87	21,03	-3,84	25,77	22,24	-3,53	25,58	22,27	-3,31	26,65	22,49	-4,16
7:00	26,72	29,46	2,75	26,91	28,49	1,58	26,68	28,56	1,88	26,91	25,33	-1,58
8:00	27,60	33,82	6,22	28,06	32,44	4,38	27,57	32,60	5,04	27,53	30,47	2,94
9:00	27,86	34,13	6,27	28,36	32,53	4,18	27,73	32,09	4,35	28,23	32,85	4,62
10:00	27,86	35,83	7,97	28,56	33,82	5,27	28,19	34,66	6,46	28,39	34,62	6,23
11:00	28,09	32,77	4,68	28,92	32,05	3,13	28,32	32,43	4,11	28,62	32,05	3,43
12:00	28,49	32,36	3,87	29,42	32,02	2,60	28,66	31,61	2,96	28,79	31,78	2,99
13:00	28,75	31,81	3,06	29,72	32,05	2,33	28,75	30,90	2,15	29,02	31,37	2,35
14:00	28,62	29,77	1,14	29,72	31,00	1,28	28,66	29,78	1,12	29,12	30,40	1,28
15:00	28,42	29,07	0,64	29,09	27,82	-1,26	28,49	28,47	-0,02	28,69	27,83	-0,85
16:00	28,29	28,66	0,37	28,42	26,07	-2,35	28,16	27,57	-0,59	28,03	25,74	-2,29
17:00	27,90	26,88	-1,02	27,93	25,49	-2,44	27,83	26,46	-1,37	27,40	24,06	-3,34
18:00	27,57	25,81	-1,76	27,86	24,97	-2,90	27,60	25,78	-1,83	27,30	24,13	-3,18
19:00	27,34	25,06	-2,28	27,70	24,74	-2,96	27,40	25,16	-2,25	27,30	24,09	-3,21
20:00	27,14	24,64	-2,50	27,60	24,58	-3,02	27,40	24,80	-2,60	27,30	24,19	-3,11
21:00	26,94	24,19	-2,75	27,44	24,48	-2,95	27,31	24,80	-2,50	27,30	24,09	-3,21
22:00	26,65	23,49	-3,17	27,24	24,26	-2,98	27,17	24,38	-2,79	27,17	23,77	-3,40
23:00	26,42	22,97	-3,45	27,04	23,71	-3,33	27,04	24,16	-2,88	27,04	23,52	-3,53



Gambar 4.33. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Kumis Kucing

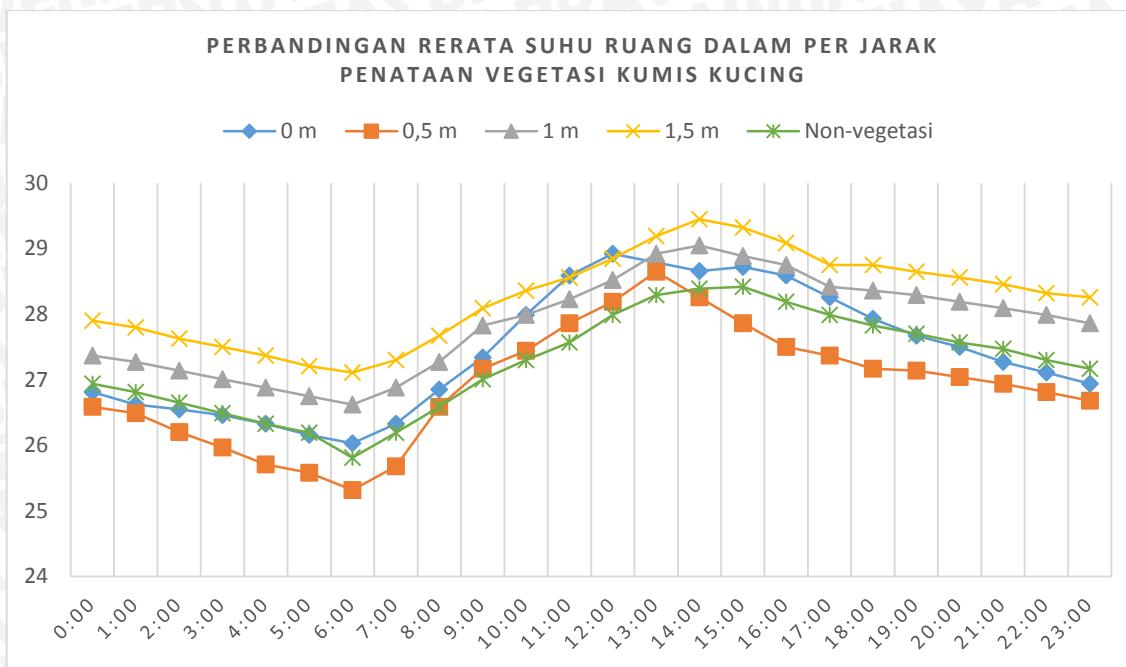
Dari tabel dan grafik analisa tersebut, jarak penataan vegetasi pada 0 meter terhadap bangunan memiliki selisih rerata suhu ruang luar dan ruang dalam yang cukup tinggi pada pukul 10:00 dengan selisih suhu antara ruang luar dan ruang dalam sebesar $7,97^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada jarak penataan vegetasi kumis kucing sejauh 1,5 m terhadap bangunan memiliki selisih rerata suhu antara ruang luar dan ruang dalam yang paling rendah diantara ketiga varian jarak penataan lainnya.

(2) Perbandingan rerata suhu dengan varian jarak vegetasi bayam merah (ingler)

Tabel dan grafik berikut (Tabel 4.13 dan Gambar 4.34) menunjukkan perbandingan rerata suhu per jam pada ruang luar objek penelitian dengan 4 varian jarak penataan vegetasi bayam merah (ingler) terhadap bangunan.

Tabel 4.22. Tabel Perbandingan Rerata Suhu Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)

Waktu	Rerata Suhu (°C) dengan Jarak Vegetasi				Rerata Suhu tanpa Vegetasi (°C)
	0 m	0,5 m	1 m	1,5 m	
0:00	26,81	26,59	27,37	27,90	26,94
1:00	26,62	26,49	27,27	27,80	26,81
2:00	26,55	26,20	27,14	27,63	26,65
3:00	26,46	25,97	27,01	27,50	26,49
4:00	26,33	25,71	26,88	27,37	26,33
5:00	26,16	25,58	26,75	27,21	26,19
6:00	26,03	25,32	26,62	27,11	25,81
7:00	26,33	25,68	26,88	27,30	26,19
8:00	26,85	26,59	27,27	27,67	26,59
9:00	27,34	27,17	27,83	28,09	27,01
10:00	27,99	27,44	27,99	28,36	27,30
11:00	28,59	27,86	28,23	28,56	27,57
12:00	28,92	28,19	28,52	28,85	27,99
13:00	28,79	28,65	28,92	29,19	28,29
14:00	28,66	28,26	29,05	29,45	28,39
15:00	28,72	27,86	28,89	29,32	28,42
16:00	28,59	27,50	28,75	29,09	28,19
17:00	28,26	27,37	28,42	28,75	27,99
18:00	27,93	27,17	28,36	28,75	27,83
19:00	27,67	27,14	28,29	28,65	27,70
20:00	27,50	27,04	28,19	28,56	27,57
21:00	27,27	26,94	28,09	28,46	27,47
22:00	27,11	26,81	27,99	28,32	27,30
23:00	26,94	26,68	27,86	28,26	27,17



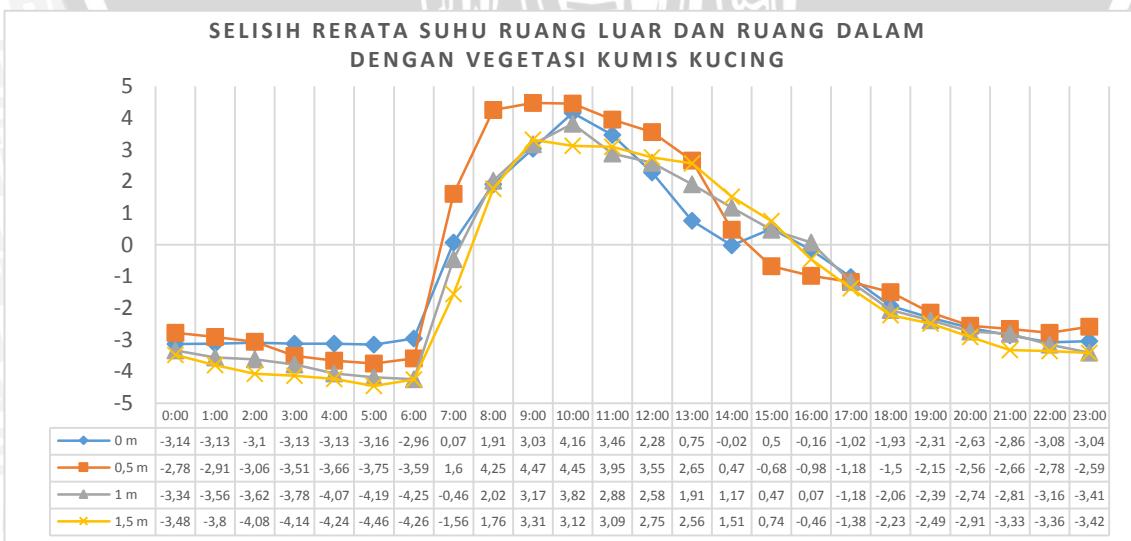
Gambar 4.34. Grafik perbandingan rerata suhu ruang dalam per jarak penataan vegetasi bayam merah (ingler)

Grafik perbandingan tersebut menunjukkan bahwa penataan vegetasi bayam merah dengan jarak 0,5 meter terhadap bangunan memiliki rerata suhu terendah pada ruang dalam, dengan rerata minimum mencapai 25,32 °C pada pukul 6:00 dan rerata tertinggi mencapai 28,65 °C pada pukul 13:00. Pada penataan bayam merah dengan jarak 1,5 meter, rerata suhu tertinggi mencapai 29,45°C yakni pada pukul 14:00 sedangkan rerata suhu terendah terjadi pada pukul 06:00 dengan suhu sebesar 27,11°C.

Dari 4 macam varian jarak penataan vegetasi bayam merah pada objek penelitian, selanjutnya dilakukan analisis terhadap kinerja tata vegetasi dalam mengkondisikan suhu pada ruang dalam bangunan. Berikut adalah tabel dan grafik analisis perbandingan selisih rerata suhu ruang luar dan ruang dalam pada setiap jarak penataan vegetasi kumis kucing.

Tabel 4.23. Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Bayam Merah (ingler)

Waktu	Rerata Selisih Suhu (To - Ti) (°C)											
	0 m			0,5 m			1 m			1,5 m		
	R.Dalam	R.Luar	Selisih	R.Dalam	R.Luar	Selisih	R.Dalam	R.Luar	Selisih	R.Dalam	R.Luar	Selisih
0:00	26,81	23,68	-3,14	26,59	23,81	-2,78	27,37	24,03	-3,34	27,90	24,42	-3,48
1:00	26,62	23,48	-3,13	26,49	23,58	-2,91	27,27	23,71	-3,56	27,80	24,00	-3,80
2:00	26,55	23,45	-3,10	26,20	23,13	-3,06	27,14	23,52	-3,62	27,63	23,55	-4,08
3:00	26,46	23,33	-3,13	25,97	22,46	-3,51	27,01	23,23	-3,78	27,50	23,36	-4,14
4:00	26,33	23,20	-3,13	25,71	22,05	-3,66	26,88	22,81	-4,07	27,37	23,13	-4,24
5:00	26,16	23,01	-3,16	25,58	21,82	-3,75	26,75	22,56	-4,19	27,21	22,75	-4,46
6:00	26,03	23,07	-2,96	25,32	21,73	-3,59	26,62	22,37	-4,25	27,11	22,84	-4,26
7:00	26,33	26,39	0,07	25,68	27,28	1,60	26,88	26,42	-0,46	27,30	25,75	-1,56
8:00	26,85	28,76	1,91	26,59	30,83	4,25	27,27	29,29	2,02	27,67	29,43	1,76
9:00	27,34	30,37	3,03	27,17	31,64	4,47	27,83	31,00	3,17	28,09	31,41	3,31
10:00	27,99	32,16	4,16	27,44	31,88	4,45	27,99	31,81	3,82	28,36	31,47	3,12
11:00	28,59	32,05	3,46	27,86	31,81	3,95	28,23	31,10	2,88	28,56	31,64	3,09
12:00	28,92	31,20	2,28	28,19	31,74	3,55	28,52	31,10	2,58	28,85	31,61	2,75
13:00	28,79	29,54	0,75	28,65	31,31	2,65	28,92	30,83	1,91	29,19	31,74	2,56
14:00	28,66	28,63	-0,02	28,26	28,73	0,47	29,05	30,22	1,17	29,45	30,97	1,51
15:00	28,72	29,23	0,50	27,86	27,18	-0,68	28,89	29,35	0,47	29,32	30,06	0,74
16:00	28,59	28,42	-0,16	27,50	26,52	-0,98	28,75	28,82	0,07	29,09	28,62	-0,46
17:00	28,26	27,24	-1,02	27,37	26,20	-1,18	28,42	27,24	-1,18	28,75	27,37	-1,38
18:00	27,93	26,00	-1,93	27,17	25,68	-1,50	28,36	26,29	-2,06	28,75	26,52	-2,23
19:00	27,67	25,35	-2,31	27,14	25,00	-2,15	28,29	25,90	-2,39	28,65	26,16	-2,49
20:00	27,50	24,87	-2,63	27,04	24,48	-2,56	28,19	25,45	-2,74	28,56	25,64	-2,91
21:00	27,27	24,42	-2,86	26,94	24,29	-2,66	28,09	25,29	-2,81	28,46	25,13	-3,33
22:00	27,11	24,03	-3,08	26,81	24,03	-2,78	27,99	24,84	-3,16	28,32	24,96	-3,36
23:00	26,94	23,90	-3,04	26,68	24,09	-2,59	27,86	24,45	-3,41	28,26	24,83	-3,42



Gambar 4.35. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Suhu Ruang Luar Dan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)

Grafik dan tabel perbandingan selisih rerata suhu tersebut menunjukkan bahwa penataan vegetasi bayam merah dengan jarak 0,5 meter terhadap bangunan memiliki selisih suhu terbesar antara ruang luar dan ruang dalam, perbedaan suhu terbesar terjadi pada pukul 09:00 dengan perbedaan suhu sebesar 4,47°C, sedangkan pada jarak penataan vegetasi bayam merah sejauh 1,5 m terhadap bangunan memiliki selisih rerata suhu antara ruang luar dan ruang dalam yang paling rendah diantara ketiga varian jarak penataan lainnya.

4.2.4. Analisa data hasil pengukuran kelembapan suhu pada objek penelitian

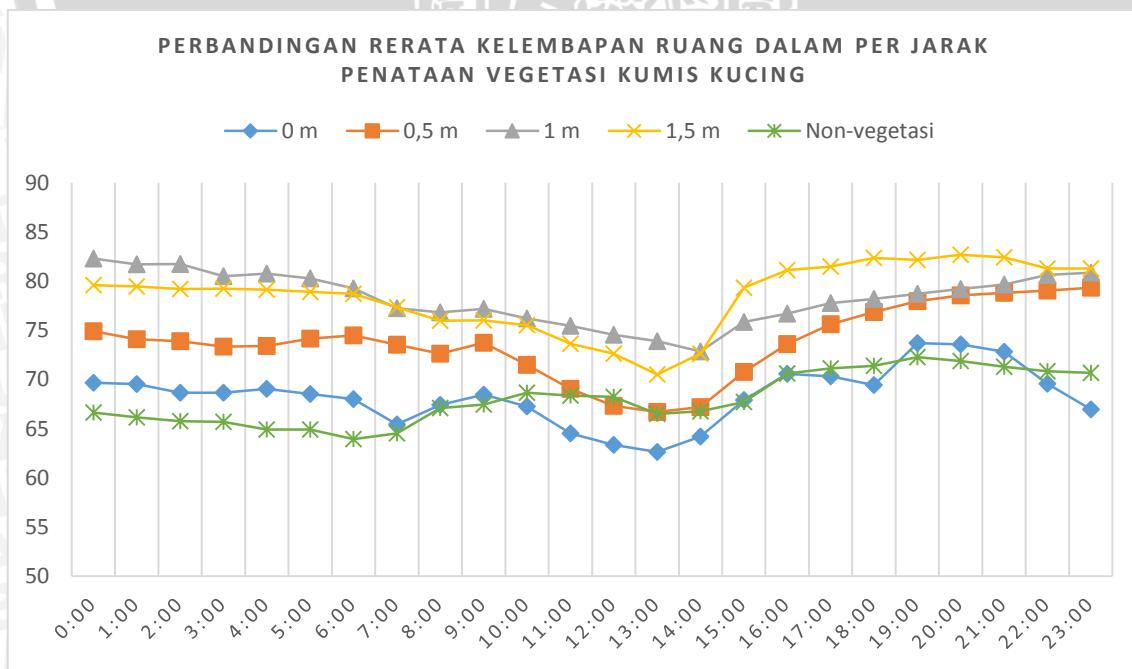
Hasil pengukuran kelembapan terhadap setiap variasi penataan tanaman pada objek penelitian selanjutnya dianalisa untuk mengetahui varian penataan dan jenis vegetasi yang efektif dalam mengkondisikan suhu udara pada objek penelitian.

(1) Kelembapan dengan Kumis Kucing

Berikut ini adalah tabel dan grafik (Tabel 4.23 & Gambar 4.45) perbandingan selisih rerata kelembapan pada masing-masing varian jarak penataan vegetasi kumis kucing pada ruang dalam objek penelitian (RH_I). Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui varian jarak yang memiliki pengaruh paling signifikan pada kelembapan, terkait dengan pengaruhnya terhadap suhu kenyamanan termal pada objek penelitian.

Tabel 4.24. Tabel Perbandingan Rerata Kelembapan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Kumis Kucing

Waktu	Rerata Kelembapan (%) dengan Vegetasi Kumis Kucing				Rerata Kelembapan tanpa Vegetasi (%)
	0 m	0,5 m	1 m	1,5 m	
0:00	69,67	74,91	82,30	79,58	66,63
1:00	69,53	74,10	81,70	79,46	66,16
2:00	68,64	73,90	81,73	79,21	65,76
3:00	68,66	73,35	80,49	79,22	65,68
4:00	69,04	73,39	80,76	79,12	64,90
5:00	68,53	74,14	80,26	78,92	64,90
6:00	68,00	74,47	79,28	78,71	63,92
7:00	65,43	73,55	77,26	77,34	64,51
8:00	67,43	72,64	76,83	75,98	67,09
9:00	68,45	73,74	77,17	76,02	67,46
10:00	67,24	71,48	76,22	75,51	68,64
11:00	64,53	69,05	75,45	73,63	68,35
12:00	63,36	67,32	74,55	72,63	68,22
13:00	62,63	66,70	73,90	70,51	66,51
14:00	64,18	67,18	72,84	72,61	66,78
15:00	67,89	70,77	75,85	79,33	67,72
16:00	70,56	73,59	76,69	81,11	70,59
17:00	70,30	75,62	77,76	81,48	71,13
18:00	69,45	76,85	78,18	82,36	71,39
19:00	73,69	77,97	78,70	82,17	72,26
20:00	73,56	78,54	79,20	82,67	71,86
21:00	72,82	78,82	79,66	82,42	71,30
22:00	69,58	79,03	80,63	81,30	70,83
23:00	66,97	79,34	80,87	81,28	70,67

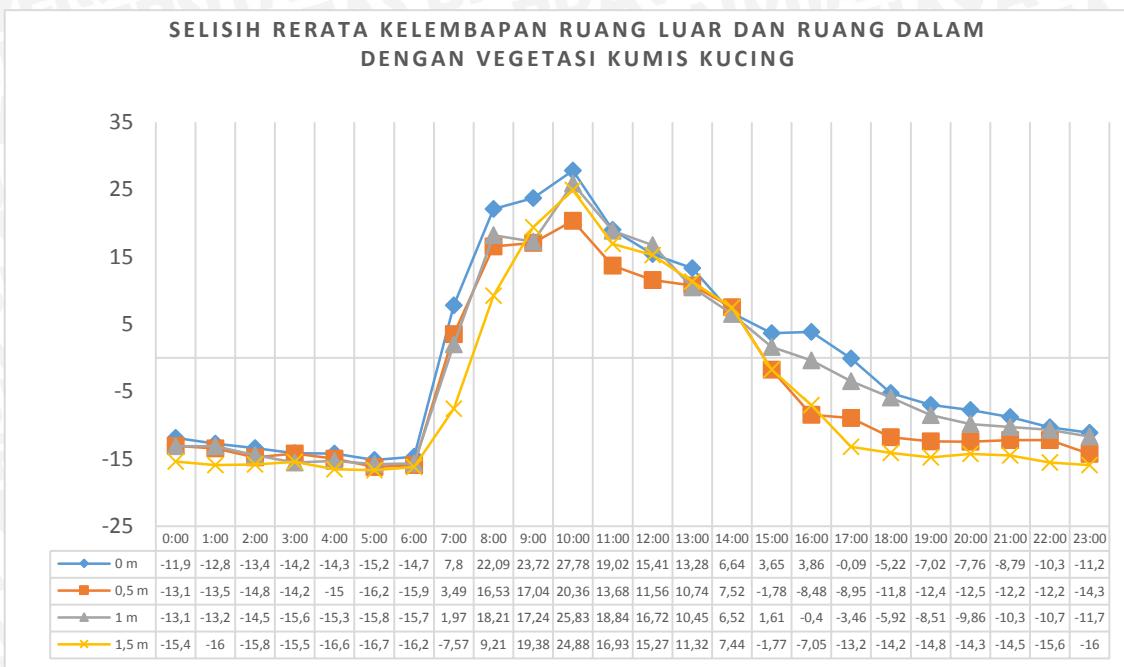


Gambar 4.36. Grafik perbandingan rerata suhu ruang dalam per jarak penataan vegetasi kumis kucing

Grafik perbandingan tersebut menunjukkan bahwa penataan vegetasi bayam merah dengan jarak 0 meter terhadap bangunan memiliki rerata kelembapan yang paling mendekati batas kenyamanan pada ruang dalam. Dengan rerata kelembapan terendah sebesar 62,63%, yakni pada pukul 13:00, dan rerata kelembapan tertinggi sebesar 73,69% pada pukul 19:00.

Tabel 4.25. Selisih Rerata Kelembapan Udara Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Kumis Kucing

Waktu	Rerata Selisih Kelembapan (RH ₀ - RH _i) (%)											
	0 m			0,5 m			1 m			1,5 m		
	R.Luar	R.Dalam	Selisih	R.Luar	R.Dalam	Selisih	R.Luar	R.Dalam	Selisih	R.Luar	R.Dalam	Selisih
0:00	81,59	69,67	-11,92	88,01	74,91	-13,10	95,43	82,30	-13,13	95,00	79,58	-15,42
1:00	82,30	69,53	-12,77	87,56	74,10	-13,46	94,85	81,70	-13,15	95,42	79,46	-15,96
2:00	82,06	68,64	-13,42	88,71	73,90	-14,81	96,21	81,73	-14,47	95,04	79,21	-15,82
3:00	82,82	68,66	-14,16	87,59	73,35	-14,24	96,07	80,49	-15,58	94,70	79,22	-15,48
4:00	83,28	69,04	-14,25	88,40	73,39	-15,01	96,06	80,76	-15,30	95,69	79,12	-16,57
5:00	83,69	68,53	-15,16	90,37	74,14	-16,23	96,04	80,26	-15,78	95,61	78,92	-16,70
6:00	82,69	68,00	-14,68	90,41	74,47	-15,94	94,98	79,28	-15,70	94,91	78,71	-16,20
7:00	57,63	65,43	7,80	70,06	73,55	3,49	75,29	77,26	1,97	84,91	77,34	-7,57
8:00	45,33	67,43	22,09	56,11	72,64	16,53	58,62	76,83	18,21	66,76	75,98	9,21
9:00	44,73	68,45	23,72	56,70	73,74	17,04	59,93	77,17	17,24	56,64	76,02	19,38
10:00	39,46	67,24	27,78	51,12	71,48	20,36	50,38	76,22	25,83	50,63	75,51	24,88
11:00	45,51	64,53	19,02	55,38	69,05	13,68	56,61	75,45	18,84	56,71	73,63	16,93
12:00	47,95	63,36	15,41	55,76	67,32	11,56	57,83	74,55	16,72	57,36	72,63	15,27
13:00	49,35	62,63	13,28	55,95	66,70	10,74	63,45	73,90	10,45	59,19	70,51	11,32
14:00	57,54	64,18	6,64	59,65	67,18	7,52	66,32	72,84	6,52	65,17	72,61	7,44
15:00	64,24	67,89	3,65	72,55	70,77	-1,78	74,24	75,85	1,61	81,10	79,33	-1,77
16:00	66,70	70,56	3,86	82,07	73,59	-8,48	77,08	76,69	-0,40	88,17	81,11	-7,05
17:00	70,38	70,30	-0,09	84,57	75,62	-8,95	81,22	77,76	-3,46	94,71	81,48	-13,23
18:00	74,67	69,45	-5,22	88,63	76,85	-11,78	84,11	78,18	-5,92	96,51	82,36	-14,15
19:00	80,71	73,69	-7,02	90,37	77,97	-12,40	87,21	78,70	-8,51	96,95	82,17	-14,78
20:00	81,33	73,56	-7,76	90,99	78,54	-12,45	89,05	79,20	-9,86	96,95	82,67	-14,28
21:00	81,61	72,82	-8,79	91,04	78,82	-12,22	89,91	79,66	-10,26	96,91	82,42	-14,50
22:00	79,89	69,58	-10,31	91,27	79,03	-12,24	91,36	80,63	-10,73	96,85	81,30	-15,55
23:00	78,12	66,97	-11,15	93,61	79,34	-14,27	92,58	80,87	-11,72	97,22	81,28	-15,95



Gambar 4.37. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Kelembapan Ruang Luar Dan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Kumis Kucing

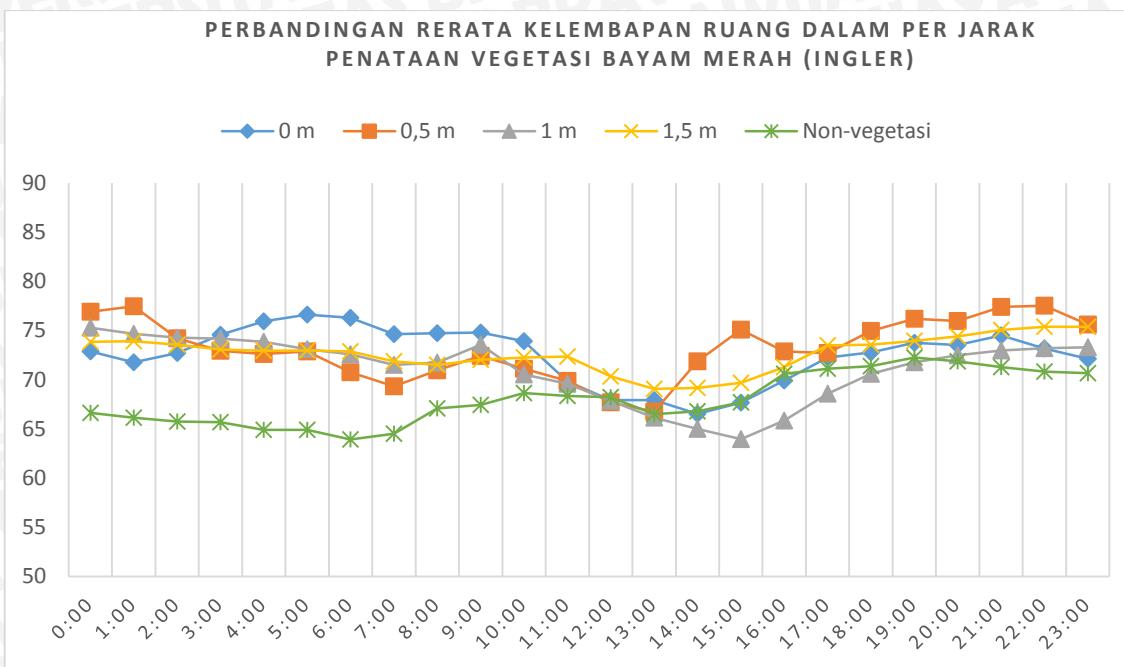
Dari tabel dan grafik analisa tersebut, jarak penataan vegetasi kumis kucing pada 0 meter terhadap bangunan memiliki selisih rerata kelembapan ruang luar dan ruang dalam yang lebih tinggi dibandingkan dengan 3 varian jarak lainnya, dengan selisih kelembapan tertinggi yang terjadi pada pukul 10:00 yakni sebesar 27,78% dengan kelembapan pada ruang luar sebesar 39,46% dan ruang dalam sebesar 67,24%. Sedangkan pada jarak penataan vegetasi kumis kucing sejauh 1,5 m terhadap bangunan memiliki selisih rerata kelembapan antara ruang luar dan ruang dalam yang paling rendah diantara ketiga varian jarak lainnya.

(2) Kelembapan dengan Bayam Merah (Ingler)

Berikut ini adalah tabel dan grafik (Tabel 4.24 & Gambar 4.46) perbandingan selisih rerata kelembapan pada masing-masing varian jarak penataan vegetasi bayam merah (ingler) pada ruang dalam objek penelitian (RH_i). Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui varian jarak yang memiliki pengaruh paling signifikan pada kelembapan, terkait dengan pengaruhnya terhadap suhu kenyamanan termal pada objek penelitian.

Tabel 4.26. Tabel Perbandingan Rerata Kelembapan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)

Waktu	Rerata Kelembapan (%) dengan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)				Rerata Kelembapan tanpa Vegetasi (%)
	0 m	0,5 m	1 m	1,5 m	
0:00	72,88	76,93	75,29	73,87	66,63
1:00	71,78	77,46	74,68	73,93	66,16
2:00	72,72	74,22	74,27	73,58	65,76
3:00	74,59	72,95	74,19	73,07	65,68
4:00	75,93	72,62	73,86	72,96	64,90
5:00	76,64	72,87	73,10	72,99	64,90
6:00	76,30	70,77	72,58	72,88	63,92
7:00	74,64	69,35	71,52	71,87	64,51
8:00	74,73	70,96	71,74	71,52	67,09
9:00	74,79	72,44	73,56	72,05	67,46
10:00	73,94	71,13	70,53	72,25	68,64
11:00	69,82	69,89	69,59	72,35	68,35
12:00	67,95	67,72	67,86	70,35	68,22
13:00	67,93	66,75	66,14	69,09	66,51
14:00	66,55	71,88	65,02	69,16	66,78
15:00	67,66	75,11	63,98	69,68	67,72
16:00	69,92	72,87	65,85	71,30	70,59
17:00	72,25	72,72	68,59	73,49	71,13
18:00	72,77	74,96	70,59	73,58	71,39
19:00	73,77	76,20	71,77	73,97	72,26
20:00	73,55	75,98	72,50	74,42	71,86
21:00	74,50	77,41	72,99	75,06	71,30
22:00	73,17	77,53	73,22	75,38	70,83
23:00	72,12	75,61	73,30	75,40	70,67



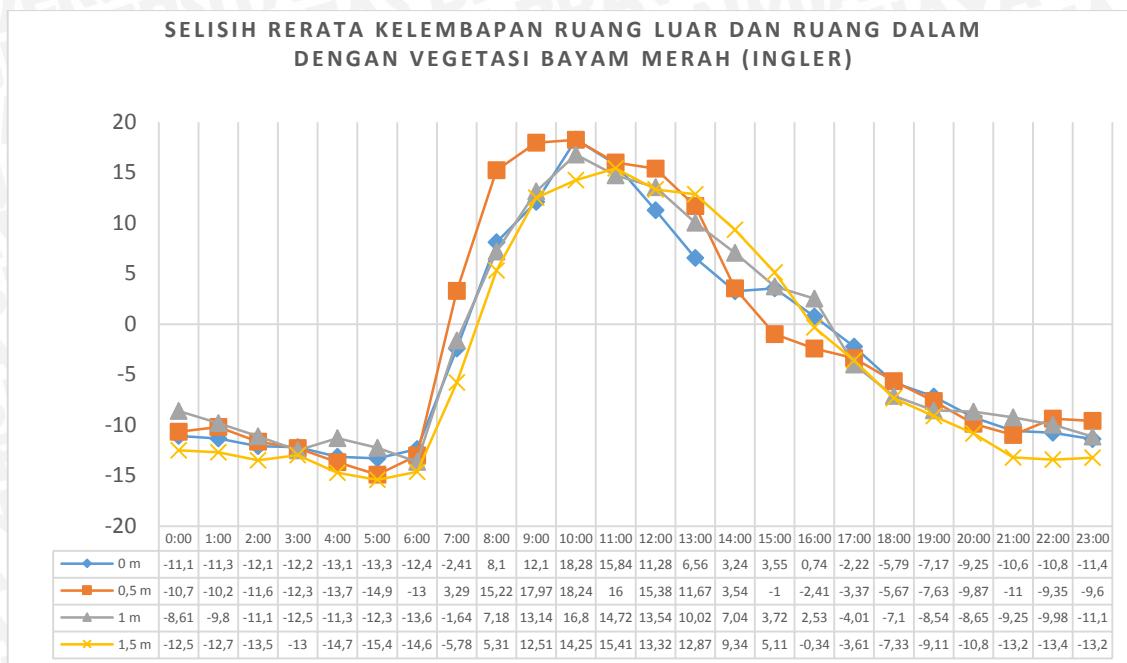
Gambar 4.38. Grafik perbandingan rerata kelembapan ruang dalam per jarak penataan vegetasi bayam merah (ingler)

Grafik perbandingan tersebut menunjukkan bahwa penataan vegetasi bayam merah dengan jarak 1 meter terhadap bangunan memiliki rerata kelembapan yang paling mendekati batas kenyamanan kelembapan udara, dengan rerata minimum mencapai 63,98% pada pukul 13:00 dan rerata tertinggi mencapai 75,29% pada pukul 0:00.

Dari 4 macam varian jarak penataan vegetasi bayam merah pada objek penelitian, selanjutnya dilakukan analisis terhadap kinerja tata vegetasi dalam mengkondisikan kelembapan pada ruang dalam bangunan. Berikut adalah tabel dan grafik analisis perbandingan selisih rerata kelembapan ruang luar dan ruang dalam pada setiap jarak penataan vegetasi kumis kucing.

Tabel 4.27. Selisih Rerata Suhu Ruang Luar dan Ruang Dalam dengan Vegetasi Bayam Merah (ingler)

Waktu	Rerata Selisih Kelembapan (RH ₀ - RH _i) (%)												
	0 m				0,5 m				1 m			1,5 m	
	R.Luar	R.Dalam	Selisih	R.Luar	R.Dalam	Selisih	R.Luar	R.Dalam	Selisih	R.Luar	R.Dalam	Selisih	
0:00	83,96	72,88	-11,07	87,60	76,93	-10,67	83,90	75,29	-8,61	86,37	73,87	-12,50	
1:00	83,10	71,78	-11,32	87,64	77,46	-10,18	84,48	74,68	-9,80	86,62	73,93	-12,69	
2:00	84,80	72,72	-12,08	85,85	74,22	-11,63	85,37	74,27	-11,10	87,07	73,58	-13,49	
3:00	86,77	74,59	-12,18	85,22	72,95	-12,27	86,69	74,19	-12,50	86,04	73,07	-12,97	
4:00	89,04	75,93	-13,12	86,30	72,62	-13,68	85,17	73,86	-11,31	87,67	72,96	-14,71	
5:00	89,92	76,64	-13,28	87,78	72,87	-14,91	85,36	73,10	-12,26	88,40	72,99	-15,41	
6:00	88,66	76,30	-12,37	83,79	70,77	-13,02	86,21	72,58	-13,63	87,51	72,88	-14,63	
7:00	77,04	74,64	-2,41	66,06	69,35	3,29	73,16	71,52	-1,64	77,64	71,87	-5,78	
8:00	66,63	74,73	8,10	55,74	70,96	15,22	64,56	71,74	7,18	66,21	71,52	5,31	
9:00	62,69	74,79	12,10	54,47	72,44	17,97	60,42	73,56	13,14	59,54	72,05	12,51	
10:00	55,66	73,94	18,28	52,89	71,13	18,24	53,72	70,53	16,80	58,00	72,25	14,25	
11:00	53,99	69,82	15,84	53,89	69,89	16,00	54,88	69,59	14,72	56,94	72,35	15,41	
12:00	56,67	67,95	11,28	52,34	67,72	15,38	54,32	67,86	13,54	57,03	70,35	13,32	
13:00	61,37	67,93	6,56	55,08	66,75	11,67	56,12	66,14	10,02	56,22	69,09	12,87	
14:00	63,31	66,55	3,24	68,34	71,88	3,54	57,98	65,02	7,04	59,82	69,16	9,34	
15:00	64,11	67,66	3,55	76,10	75,11	-1,00	60,27	63,98	3,72	64,57	69,68	5,11	
16:00	69,18	69,92	0,74	75,28	72,87	-2,41	63,31	65,85	2,53	71,65	71,30	-0,34	
17:00	74,46	72,25	-2,22	76,09	72,72	-3,37	72,60	68,59	-4,01	77,10	73,49	-3,61	
18:00	78,55	72,77	-5,79	80,63	74,96	-5,67	77,69	70,59	-7,10	80,91	73,58	-7,33	
19:00	80,94	73,77	-7,17	83,83	76,20	-7,63	80,31	71,77	-8,54	83,08	73,97	-9,11	
20:00	82,80	73,55	-9,25	85,86	75,98	-9,87	81,15	72,50	-8,65	85,23	74,42	-10,81	
21:00	85,08	74,50	-10,58	88,40	77,41	-10,99	82,24	72,99	-9,25	88,26	75,06	-13,20	
22:00	83,93	73,17	-10,75	86,88	77,53	-9,35	83,20	73,22	-9,98	88,80	75,38	-13,42	
23:00	83,51	72,12	-11,39	85,22	75,61	-9,60	84,44	73,30	-11,14	88,62	75,40	-13,22	



Gambar 4.39. Grafik Perbandingan Selisih Rerata Kelembapan Ruang Luar Dan Ruang Dalam Per Jarak Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)

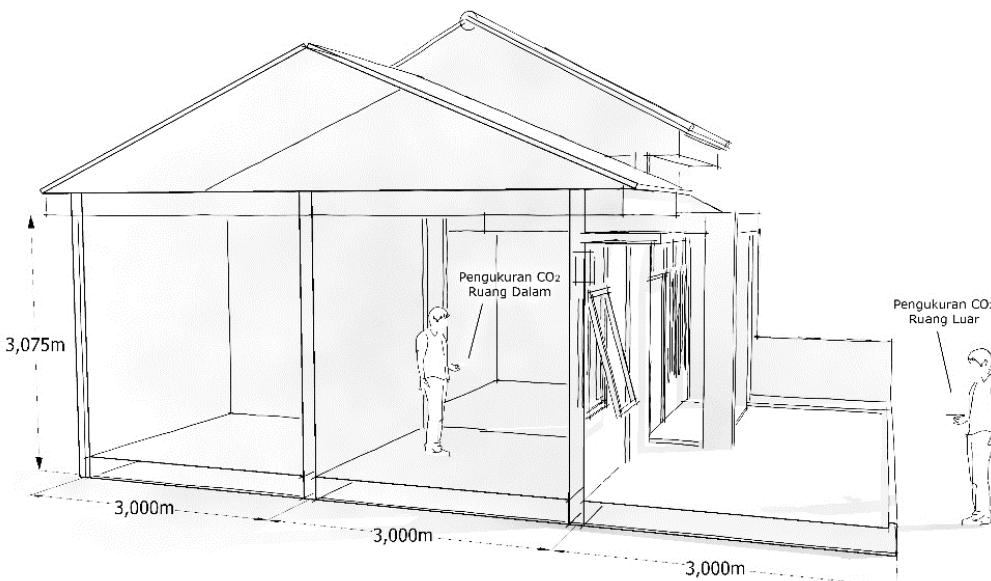
Dari tabel dan grafik analisa tersebut, penataan vegetasi bayam merah (ingler) pada jarak 0 meter terhadap bangunan memiliki selisih rerata suhu ruang luar dan ruang dalam yang relatif tinggi dari varian jarak lainnya dengan selisih maksimum sebesar 18,28% yang tercatat pada pukul 10:00, sedangkan pada jarak penataan vegetasi kumis kucing sejauh 1,5 m terhadap bangunan memiliki selisih rerata suhu antara ruang luar dan ruang dalam yang paling rendah diantara ketiga varian jarak penataan lainnya.

4.3. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian

Udara adalah kebutuhan lingkungan yang paling utama bagi kehidupan, baik bagi manusia, binatang, maupun tumbuhan. Terutama udara yang memiliki kadar oksigen dan karbondioksida yang sesuai dengan kebutuhan makhluk hidup, batas aman kadar karbondioksida pada udara untuk lingkungan hidup manusia adalah dibawah 5000 ppm, pada kadar 5000 ppm atau lebih, akan membahayakan bagi kesehatan manusia (*Carbon dioxide: IDLH Documentation*, 2006).

Udara yang terus bergerak juga merupakan persyaratan utama untuk kenyamanan termal, untuk membuang kelebihan panas tubuh. Namun pergerakan udara dibatasi oleh dinding, lantai, dan langit-langit bangunan sehingga pergerakannya menjadi lamban dan berpengaruh terhadap kenyamanan termal. Dengan demikian bangunan memerlukan

keberadaan tanaman untuk mengakomodasi pergantian udara yang telah terkontaminasi menjadi udara yang lebih segar, serta mengubah CO_2 menjadi O_2 melalui proses fotosintesis oleh tumbuhan, agar tercapai suhu ruang yang nyaman.

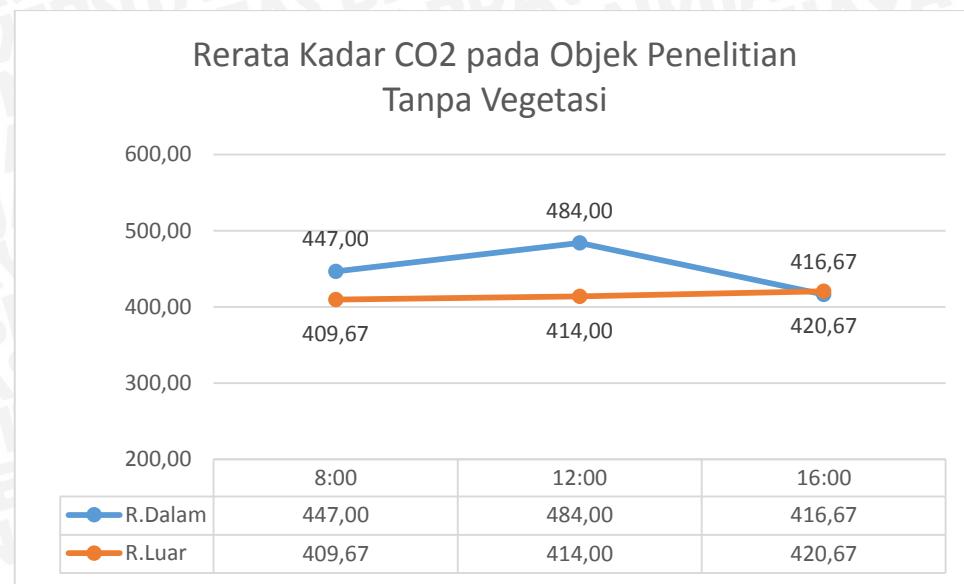


Gambar 4.40 Ilustrasi posisi pengukuran manual kadar karbondioksida (CO_2)

Pengukuran kadar karbondioksida (CO_2) dilakukan terhadap kondisi luar dan dalam bangunan, tanpa penataan tanaman dan dengan penataan tanaman pada ruang luar. Berikut adalah kondisi objek bangunan tanpa adanya penataan tanaman.

Tabel 4.28. Pengukuran CO_2 pada Objek Penelitian tanpa Adanya Penataan Tanaman

Waktu	Kadar CO_2 (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
01/05/2014	8:00	441	412
	12:00	454	382
	16:00	419	432
	Rerata	438	408,67
02/05/2014	8:00	435	398
	12:00	521	472
	16:00	428	417
	Rerata	461,33	429
03/05/2014	8:00	465	419
	12:00	477	388
	16:00	403	413
	Rerata	448,33	406,67
			48,33



Gambar 4.41. Grafik Rerata Kadar CO₂ Tanpa Penataan Vegetasi

Data pengukuran kadar karbondioksida pada objek penelitian tanpa adanya penataan tanaman tersebut menunjukkan data yang fluktuatif. Dengan kadar karbondioksida tertinggi pada ruang dalam mencapai 521 ppm yang terjadi pada pukul 12:00. Dan kadar karbondioksida terendah di ruang dalam bangunan berada pada angka 403 ppm pada pukul 16:00. Pada ruang luar bangunan, kadar karbondioksida tertinggi mencapai 472 ppm, yakni pada pukul 12:00, sedangkan yang terendah mencapai 382 ppm, pada pukul 12:00.

4.3.1. Pengukuran CO₂ dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing

Penataan vegetasi menggunakan jenis tanaman kumis kucing dilakukan dengan 4 ragam variasi jarak tanaman terhadap bangunan, jarak 0 meter diukur pada 16 – 18 April 2014, jarak 0,5 meter diukur pada 19 – 21 April 2014, jarak 1 meter pada 22 – 24 April, dan jarak 1,5 meter pada 25 – 27 April 2014. Dalam masa pengukuran, cuaca tidak selalu cerah, beberapa hari diantaranya terjadi hujan pada siang atau sore hari.

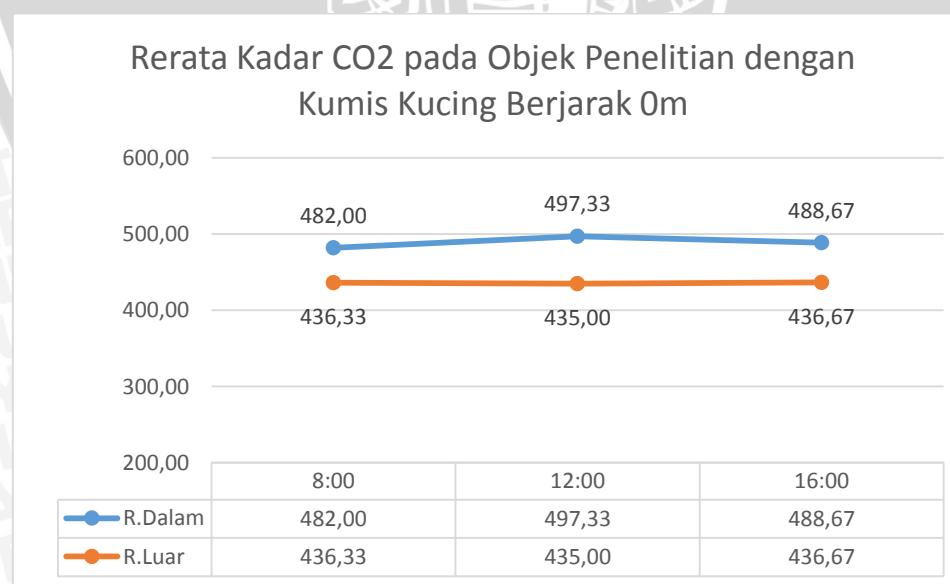
(1) Pengukuran CO₂ dengan penataan kumis kucing berjarak 0 m

Berikut adalah hasil pengukuran terhadap kondisi objek bangunan dengan penataan vegetasi jenis tanaman kumis kucing pada jarak 0 meter yang dilakukan pada 16 – 18 April 2014.

Tabel 4.29. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Jenis Kumis Kucing Berjarak 0m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar CO ₂ (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
16/04/2014	8:00	529	454
	12:00	479	414
	16:00	482	445
	Rerata	496,67	437,67
17/04/2014	8:00	495	470
	12:00	511	468
	16:00	504	418
	Rerata	503,33	452
18/04/2014	8:00	422	385
	12:00	502	423
	16:00	480	447
	Rerata	468	418,33

Pengukuran kadar CO₂ pada penataan vegetasi dengan jenis tanaman kumis kucing dengan jarak 0 meter pada tanggal 16 – 18 April 2014 memiliki kadar CO₂ tertinggi pada angka 529 ppm di ruang bagian dalam, sementara pada ruang luar kadar CO₂ tertinggi sebesar 470 ppm. Selisih perbedaan tertinggi dari perbandingan kadar CO₂ pada ruang dalam dan ruang luar tercatat sebesar 504 ppm (pada ruang dalam) : 418 ppm (pada ruang luar) yaitu terjadi pada waktu 16:00 WIB dengan mengalami selisih perbedaan kadar CO₂ sebesar 86 ppm.



Gambar 4.42. Grafik Rerata CO₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada Jarak 0 m

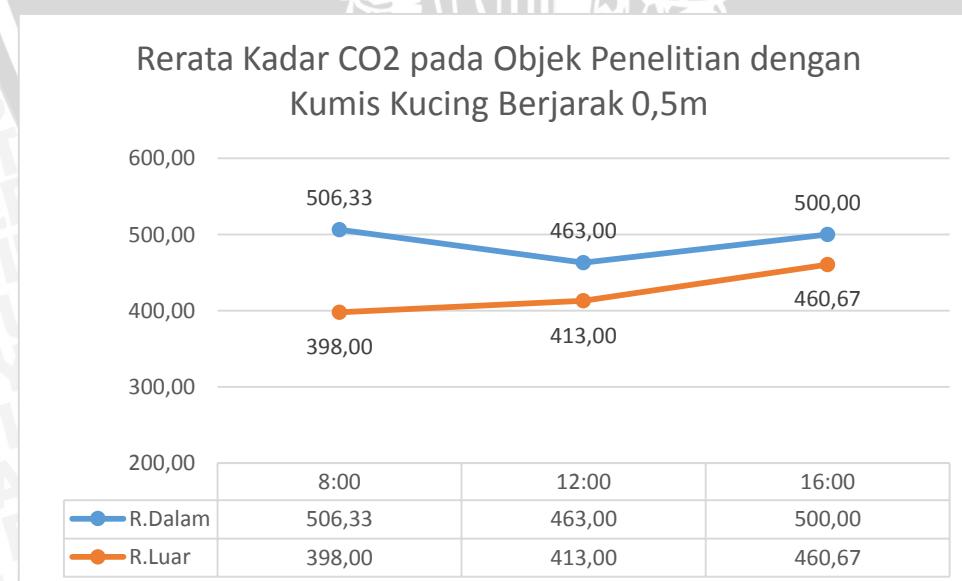
Kadar CO₂ terendah pada ruang dalam dengan penataan tanaman jenis kumis kucing yang berjarak 0 meter terhadap bangunan terjadi pada 18 April 2014 yang mencapai 422 ppm dengan kadar CO₂ sebesar 385 ppm pada ruang luar.

(2) Pengukuran CO₂ dengan penataan kumis kucing berjarak 0,5 m

Pengukuran kadar CO₂ pada objek penelitian dengan penataan tanaman kumis kucing pada jarak 0,5 meter terhadap bangunan dilakukan pada 19 – 21 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan pada 19 April 2014.

Tabel 4.30. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Jenis Kumis Kucing Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar CO ₂ (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
19/04/2014	8:00	520	419
	12:00	531	393
	16:00	482	466
	Rerata	511	426
20/04/2014	8:00	491	377
	12:00	432	438
	16:00	501	466
	Rerata	474,67	427
21/04/2014	8:00	508	398
	12:00	426	408
	16:00	517	450
	Rerata	483,67	418,67



Gambar 4.43. Grafik Rerata CO₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada Jarak 0,5 m

Hasil pengukuran kadar CO₂ pada penataan vegetasi dengan jenis tanaman kumis kucing dengan jarak 0,5 meter ini memiliki kadar CO₂ tertinggi pada angka 531 ppm di ruang bagian dalam, sementara pada ruang luar kadar CO₂ tertinggi sebesar 393 ppm yang terjadi pada pukul 12:00 tanggal 19 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan. Pada waktu yang sama, kondisi tersebut menghasilkan selisih perbedaan kadar CO₂ yang tertinggi pada penataan dengan variasi ini, yakni dengan selisih sebesar 138 ppm.

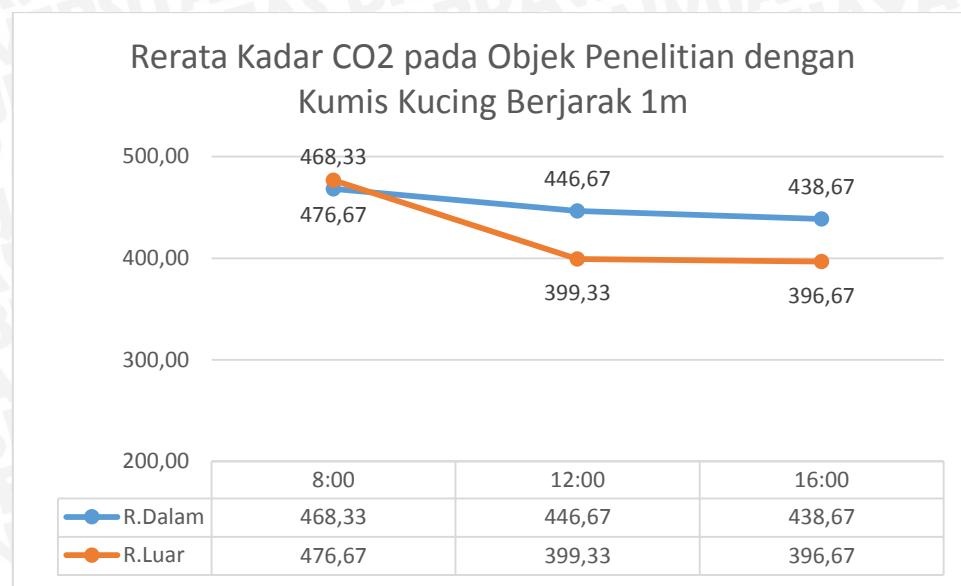
Dari hasil pengukuran tersebut, kadar CO₂ terendah pada ruang dalam dengan penataan tanaman jenis kumis kucing berjarak 0,5 meter terhadap bangunan terjadi pada 21 April 2014 yang kadarnya dapat mencapai 426 ppm dengan kadar CO₂ sebesar 408 ppm pada ruang luar.

(3) Pengukuran CO₂ dengan penataan kumis kucing berjarak 1 m

Pengukuran CO₂ pada variasi penataan tanaman kumis kucing pada jarak 1 meter terhadap bangunan dilakukan pada 22 – 24 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan pada 22 April 2014.

Tabel 4.31. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Jenis Kumis Kucing Berjarak 1 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar CO ₂ (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
22/04/2014	8:00	497	482
	12:00	434	431
	16:00	430	357
	Rerata	453,67	423,33
23/04/2014	8:00	447	491
	12:00	405	388
	16:00	472	385
	Rerata	441,33	421,33
24/04/2014	8:00	461	457
	12:00	501	379
	16:00	414	448
	Rerata	458,67	428
			53,33



Gambar 4.44. Grafik Rerata CO₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada Jarak 1 m

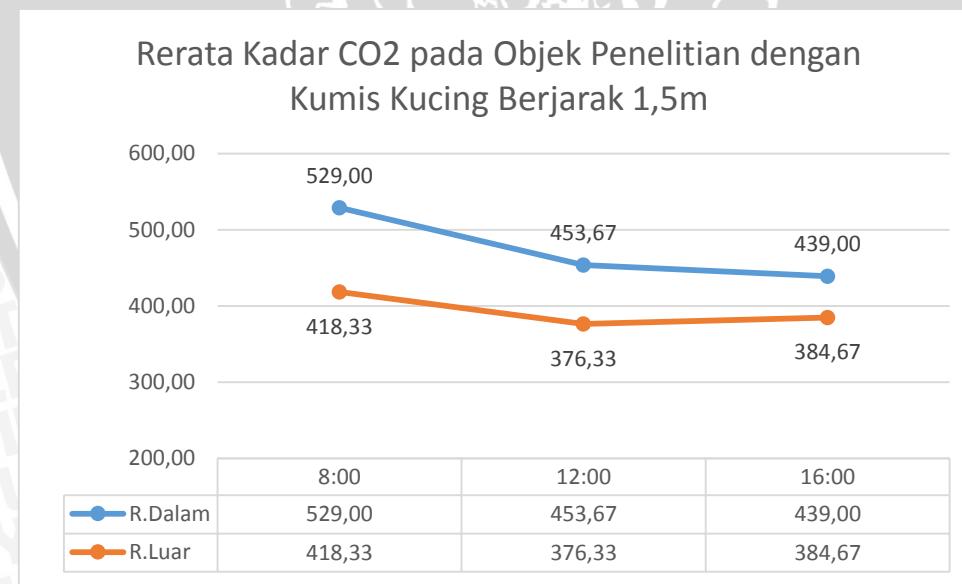
Hasil pengukuran kadar CO₂ pada penataan vegetasi dengan jenis tanaman kumis kucing dengan jarak 1 meter ini memiliki kadar CO₂ tertinggi pada angka 501 ppm di ruang bagian dalam dengan kondisi ruang luar yang memiliki kadar sebesar 379 ppm yang terjadi pada pukul 12:00 tanggal 24 April 2014. Selisih perbedaan tertinggi dari perbandingan kadar CO₂ pada ruang dalam dan ruang luar tercatat sebesar 501 ppm (pada ruang dalam) : 379 ppm (pada ruang luar) yang terjadi pada waktu yang sama, dengan mengalami selisih perbedaan kadar CO₂ sebesar 122 ppm. Pada data tersebut, kadar CO₂ terendah pada ruang dalam mencapai 405 ppm dengan kadar 388 ppm pada ruang luar yang terjadi pada pukul 12:00 tanggal 23 April.

(4) Pengukuran CO₂ dengan penataan kumis kucing berjarak 1,5 m

Pengukuran kadar CO₂ dengan penataan tanaman kumis kucing pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan dilakukan pada 25 – 28 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan pada 25 April 2014.

Tabel 4.32. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Jenis Kumis Kucing Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar CO ₂ (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
25/04/2014	8:00	538	408
	12:00	472	379
	16:00	486	413
	Rerata	498,67	400
26/04/2014	8:00	539	426
	12:00	431	353
	16:00	411	350
	Rerata	460,33	376,33
27/04/2014	8:00	510	421
	12:00	458	397
	16:00	420	391
	Rerata	462,67	403
			59,67



Gambar 4.45. Grafik Rerata CO₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada Jarak 1,5 m

Pengukuran kadar CO₂ pada penataan vegetasi dengan jenis tanaman kumis kucing dengan jarak 1,5 meter ini memiliki kadar CO₂ tertinggi pada angka 539 ppm di ruang bagian dalam yang terjadi pada pukul 08:00 tanggal 26 April dengan kadar 426

ppm pada ruang luarnya. Selisih perbedaan tertinggi dari perbandingan kadar CO₂ pada ruang dalam dan ruang luar tercatat sebesar 538 ppm (pada ruang dalam) : 408 ppm (pada ruang luar) yaitu terjadi pada waktu 08:00 WIB tanggal 25 April 2014 yakni sebesar 86 ppm dengan kondisi cuaca hujan pada sore hari.

4.3.2. Pengukuran CO₂ dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)

Penataan vegetasi bayam merah yang dilakukan dengan 4 ragam variasi jarak tanaman terhadap bangunan diterapkan pada 16 – 27 Mei 2014, jarak 0 meter diukur pada 16 – 18 Mei 2014, jarak 0,5 meter diukur pada 19 – 21 Mei 2014, jarak 1 meter pada 22 – 24 Mei, dan jarak 1,5 meter pada 25 – 27 Mei 2014. Dalam masa pengukuran, cuaca tidak selalu cerah, beberapa hari diantaranya terjadi hujan pada siang atau sore hari.

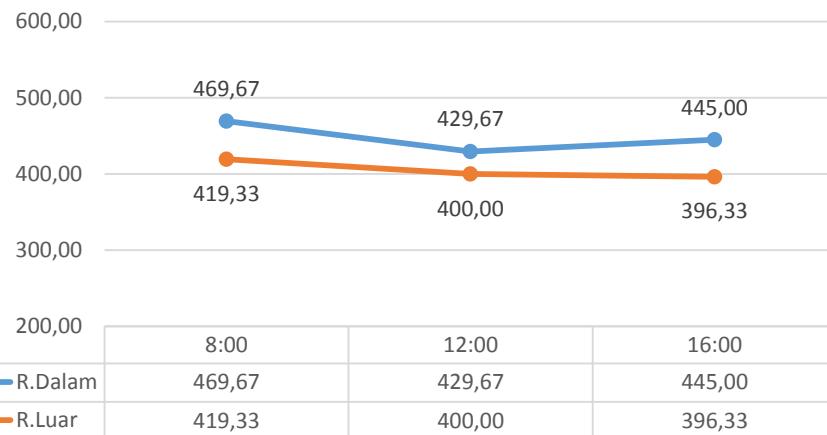
(1) Pengukuran CO₂ dengan penataan bayam merah (ingler) berjarak 0 m

Berikut adalah hasil pengukuran terhadap kondisi objek bangunan dengan penataan vegetasi jenis tanaman kumis kucing pada jarak 0 meter yang dilakukan pada 16 – 18 Mei 2014.

Tabel 4.33. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Jenis Bayam Merah Berjarak 0 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar CO ₂ (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
16/05/2014	8:00	444	436
	12:00	401	316
	16:00	389	344
	Rerata	411,33	365,33
17/05/2014	8:00	480	418
	12:00	454	459
	16:00	468	434
	Rerata	467,33	437
18/05/2014	8:00	485	404
	12:00	434	425
	16:00	478	411
	Rerata	465,67	413,33

Rerata Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0m



Gambar 4.46. Grafik Rerata CO₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada Jarak 0 m

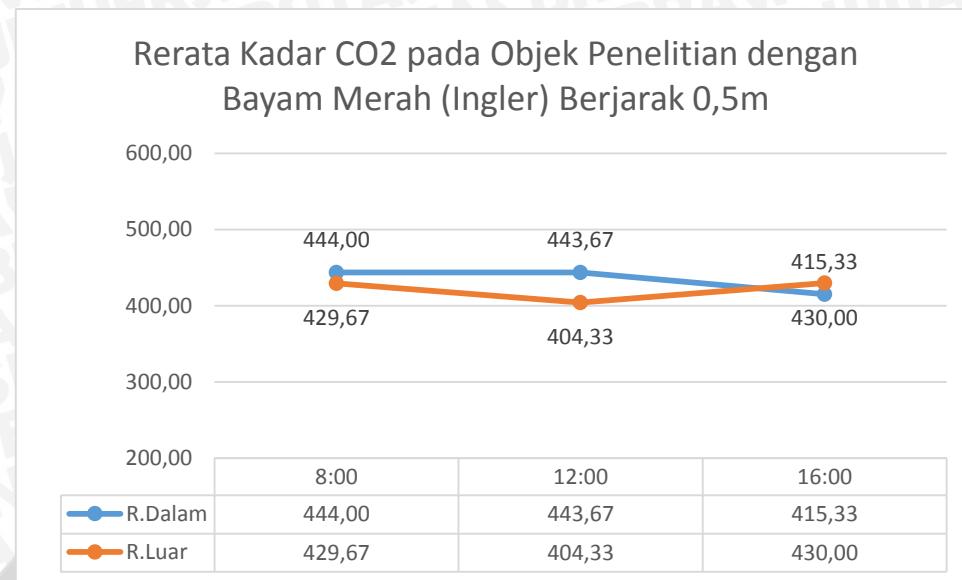
Hasil pengukuran kadar CO₂ pada penataan vegetasi dengan jenis tanaman bayam merah dengan jarak 0 meter ini memiliki kadar CO₂ tertinggi pada angka 485 ppm di ruang bagian dalam, yakni pada 18 Mei 2014 pukul 08:00. Sementara pada ruang luar kadar CO₂ tertinggi sebesar 459 ppm yang terjadi pada pukul 12:00, 17 Mei 2014.

(2) Pengukuran CO₂ dengan penataan bayam merah (ingler) berjarak 0,5 m

Pengukuran kadar CO₂ pada objek penelitian dengan penataan tanaman bayam merah berjarak 0,5 meter terhadap bangunan dilakukan pada 19 – 21 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan pada 19 April 2014.

Tabel 4.34. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar CO ₂ (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
19/05/2014	8:00	449	415
	12:00	494	418
	16:00	436	447
	Rerata	459,67	426,67
20/05/2014	8:00	436	441
	12:00	400	382
	16:00	405	434
	Rerata	413,67	419
21/05/2014	8:00	447	433
	12:00	437	413
	16:00	405	409
	Rerata	429,67	418,33



Gambar 4.47. Grafik Rerata CO₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada Jarak 0,5 m

Pengukuran kadar CO₂ pada penataan vegetasi dengan jenis tanaman kumis kucing dengan jarak 0 meter pada tanggal 19 – 21 Mei 2014 memiliki kadar CO₂ tertinggi pada angka 494 ppm di ruang bagian dalam yang tercatat pada 19 Mei pukul 12:00, sementara pada ruang luar kadar CO₂ tertinggi sebesar 447 ppm, yakni pada pukul 16:00 di hari yang sama.

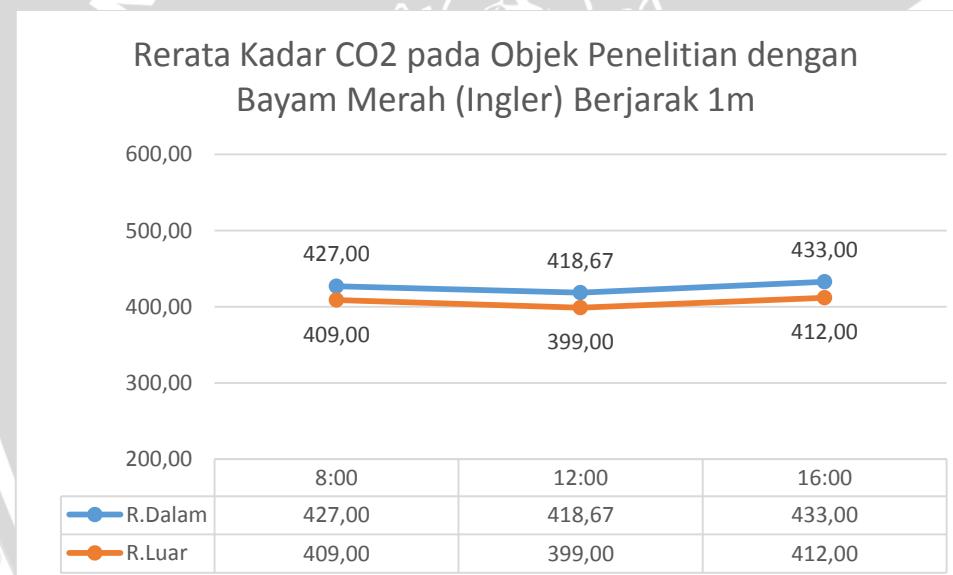
Selisih perbedaan tertinggi dari perbandingan kadar CO₂ pada ruang dalam dan ruang luar tercatat sebesar 418 ppm (pada ruang dalam) : 494 ppm (pada ruang luar) tercatat pada hari yang sama pada pukul 12:00 WIB dengan selisih perbedaan kadar CO₂ sebesar 76 ppm.

(3) Pengukuran CO₂ dengan penataan bayam merah (ingler) berjarak 1 m

Pada variasi berikutnya, dengan penataan tanaman bayam merah pada jarak 1 meter terhadap bangunan, dilakukan pengukuran pada 22 – 24 Mei 2014, data CO₂ yang tercatat disajikan pada tabel beriku (Tabel 4.32).

Tabel 4.35. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah Berjarak 1 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar CO ₂ (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
22/05/2014	8:00	414	393
	12:00	414	406
	16:00	452	411
	Rerata	426,67	403,33
23/05/2014	8:00	415	426
	12:00	420	401
	16:00	449	431
	Rerata	428	419,33
24/05/2014	8:00	452	408
	12:00	422	390
	16:00	398	394
	Rerata	424	397,33
			26,67



Gambar 4.48. Grafik Rerata CO₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada Jarak 1 m

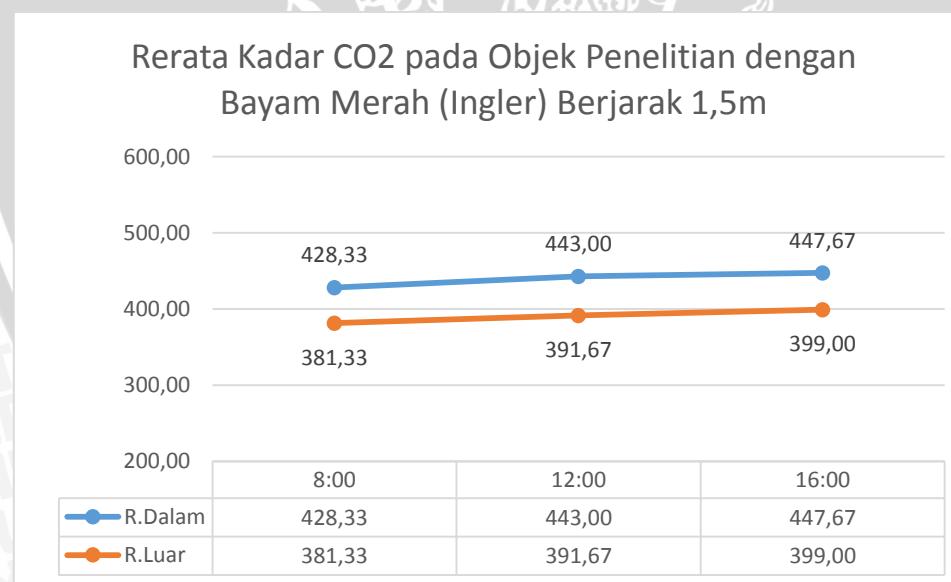
Hasil pengukuran kadar CO₂ pada penataan vegetasi dengan jenis tanaman bayam merah dengan jarak 1 meter ini memiliki kadar CO₂ tertinggi pada angka 452 ppm di ruang bagian dalam dengan kondisi ruang luar yang memiliki kadar sebesar 411 ppm yang terjadi pada pukul 16:00 tanggal 22 Mei 2014, memiliki selisih kadar CO₂ sebesar 41 ppm.

(4) Pengukuran CO₂ dengan penataan bayam merah (ingler) berjarak 1,5 m

Hasil pengukuran CO₂ dengan penataan tanaman bayam merah pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan dilakukan pada 25 – 27 Mei 2014 disajikan pada tabel berikut (Tabel 4.33).

Tabel 4.36. Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar CO ₂ (ppm)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
25/05/2014	8:00	403	381
	12:00	475	415
	16:00	425	394
	Rerata	434,33	396,67
26/05/2014	8:00	432	358
	12:00	439	371
	16:00	495	404
	Rerata	455,33	377,67
27/05/2014	8:00	450	405
	12:00	415	389
	16:00	423	399
	Rerata	429,33	397,67
			31,67

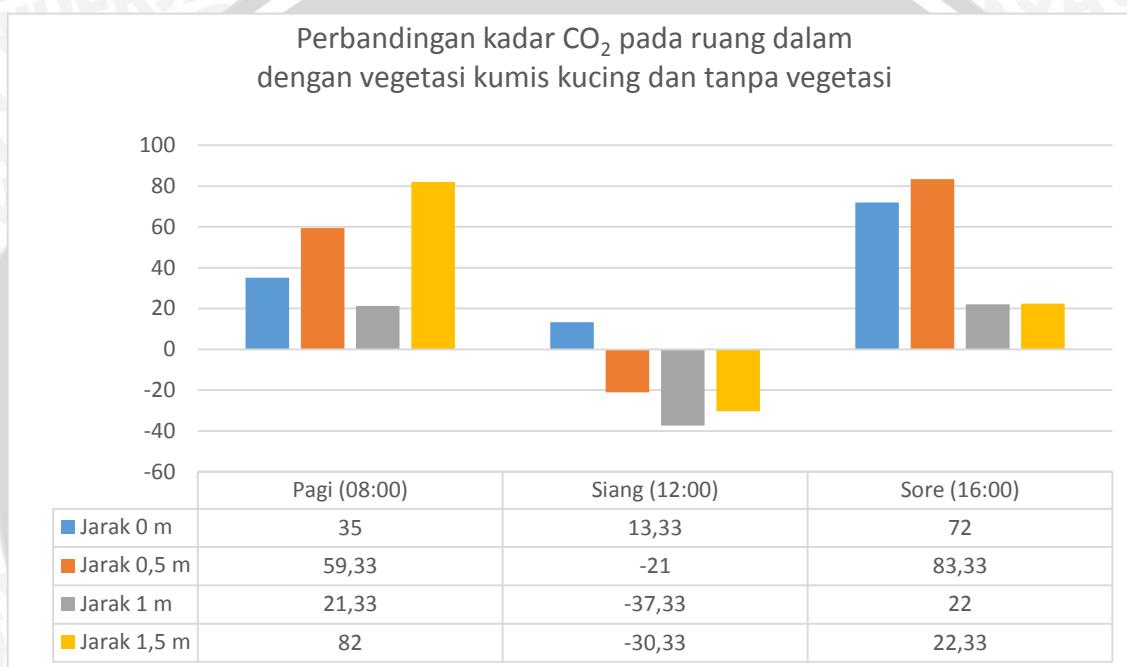


Gambar 4.49. Grafik Rerata CO₂ pada Objek Penelitian dengan Kumis Kucing pada Jarak 1,5 m

Pengukuran pada penataan vegetasi bayam merah dengan jarak 1,5 meter ini memiliki kadar CO₂ tertinggi sebesar 495 ppm di ruang bagian dalam yang terjadi pada pukul 16:00 tanggal 26 Mei dengan kadar CO₂ sebesar 404 ppm pada ruang luarnya.

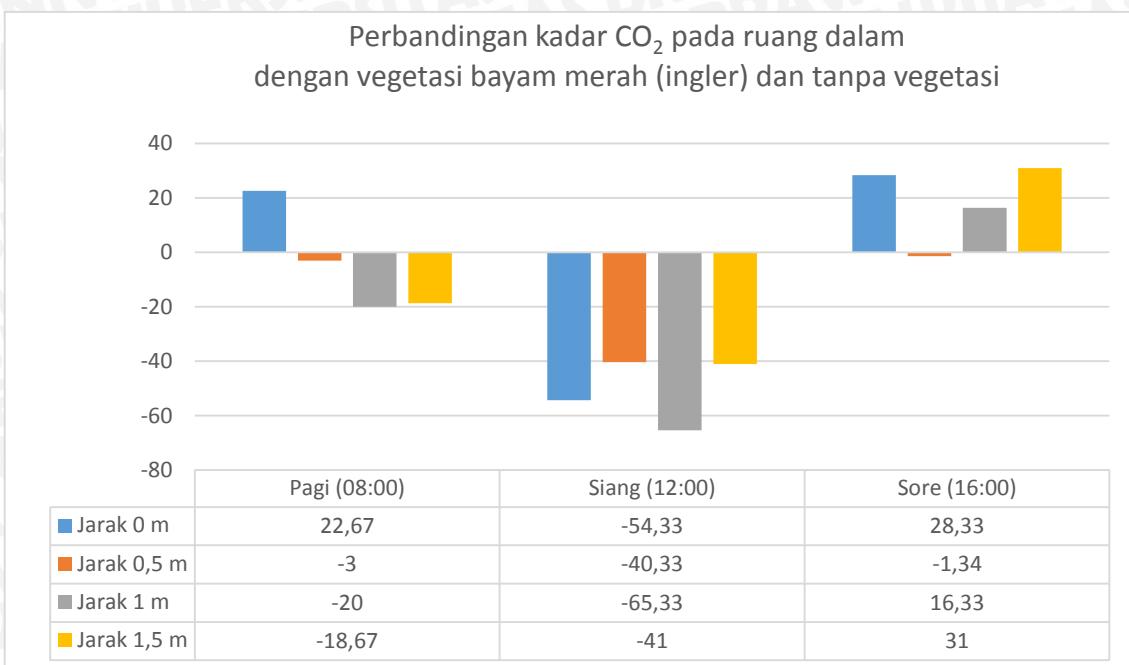
4.3.3. Analisis Data Hasil Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian

Data hasil pengukuran kadar CO₂ pada ruang luar dan dalam objek penelitian, dengan penataan vegetasi menggunakan 2 jenis tanaman, yakni kumis kucing dan bayam merah, serta 4 varian jarak penataan terhadap bangunan, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui varian tanaman dan jarak yang optimal dalam menurunkan kadar CO₂ pada ruang dalam objek penelitian. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan data pengukuran kadar karbondioksida pada ruang dalam tanpa penataan vegetasi dengan data hasil pengukuran menggunakan penataan vegetasi.



Gambar 4.50 Grafik perbandingan selisih rerata kadar CO₂ pada objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing

Grafik analisa tersebut menunjukkan bahwa penurunan kadar karbondioksida pada ruang dalam objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing terjadi pada siang hari dengan penataan berjarak 0,5m , 1m dan 1,5m. Penurunan kadar karbon dioksida terbanyak terjadi pada siang hari dengan penataan vegetasi kumis kucing berjarak 1 meter terhadap bangunan, yakni sebesar 37,33 ppm. Peningkatan kadar karbondioksida pada ruang dalam objek penelitian terjadi pada pagi dan sore hari, peningkatan terbesar terjadi pada sore hari dengan penataan vegetasi berjarak 0,5 meter terhadap bangunan, yakni sebesar 83,33 ppm.



Gambar 4.51 Grafik perbandingan selisih rerata kadar CO₂ pada objek penelitian dengan penataan vegetasi bayam merah (ingler)

Data hasil analisa perbandingan antara kadar karbondioksida pada ruang dalam tanpa penataan vegetasi dengan kadar karbondioksida pada ruang dalam yang diberlakukan penataan vegetasi bayam merah ini mengalami penurunan yang signifikan pada siang hari, dengan penurunan terbesar pada variasi penataan berjarak 1 meter terhadap bangunan, yakni sebesar 65,33 ppm. Pada pagi dan sore hari, kadar karbondioksida pada ruang dalam objek penelitian tidak banyak berbeda dibandingkan dengan kadar karbondioksida pada ruang dalam objek penelitian ketika tanpa penataan vegetasi, peningkatan kadar karbondioksida yang signifikan terjadi pada variasi penataan vegetasi dengan jarak 0 meter, yakni pada pagi dan sore hari.

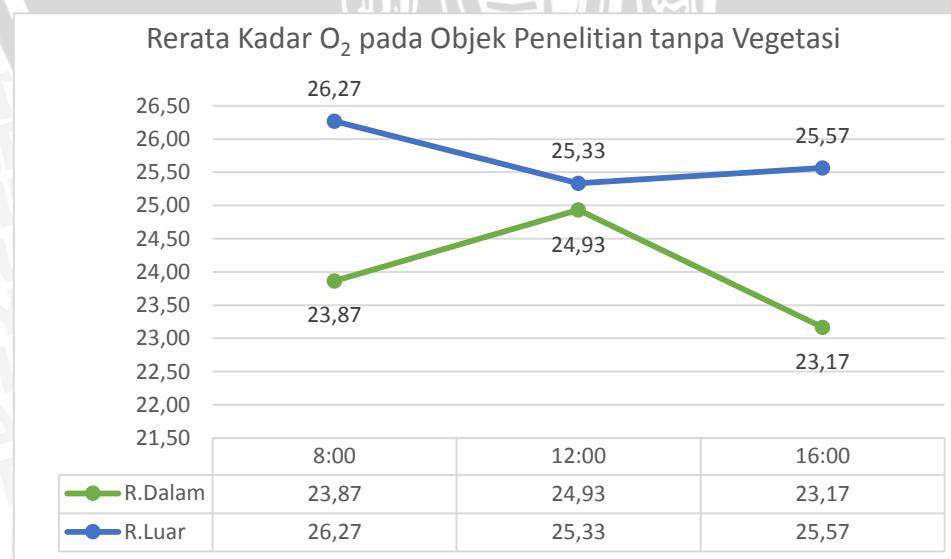
4.4. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian

Pengukuran kadar oksigen (O₂) dilakukan terhadap kondisi luar dan dalam bangunan untuk mengetahui kapasitas produksi oksigen oleh sampel tanaman, kadar oksigen yang ideal pada udara bersih adalah pada kisaran 20,94%. Pengukuran dilakukan pada ruang luar dan dalam objek penelitian dengan posisi pengukuran yang sama dengan pengukuran kadar CO₂ pada udara.

Pengukuran dilakukan tanpa penataan vegetasi untuk mendapatkan kondisi awal objek penelitian tanpa adanya perlakuan dan selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengukuran pada objek penelitian dengan adanya penataan vegetasi. Berikut adalah kondisi objek bangunan tanpa adanya penataan tanaman.

Tabel 4.37. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian tanpa penataan vegetasi

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
01/06/2014	8:00	26,4	24,9
	12:00	24,5	25
	16:00	22,1	28
	Rerata	24,33	25,97
02/06/2014	8:00	23,1	26,9
	12:00	28,6	26,5
	16:00	24,3	23,2
	Rerata	25,33	25,53
03/06/2014	8:00	22,1	27
	12:00	21,7	24,5
	16:00	23,1	25,5
	Rerata	22,3	25,67



Gambar 4.52. Grafik Rerata O₂ pada Objek Penelitian tanpa Vegetasi

Pengukuran kadar O₂ pada udara luar bangunan objek penelitian tanpa penataan vegetasi ini memiliki kadar O₂ tertinggi pada pagi hari, yakni sebesar 26,27%, sedangkan kadar O₂ terendah pada udara ruang luar objek penelitian tercatat pada siang hari dengan kadar O₂ sebesar 25,33%. Data hasil pengukuran kadar O₂ pada ruang dalam bangunan memiliki kadar tertinggi pada siang hari, yakni sebesar 24,93% sedangkan kadar terendah tercatat pada sore hari dengan kadar oksigen sebesar 23,17%.

4.4.1. Pengukuran Kadar O₂ dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing

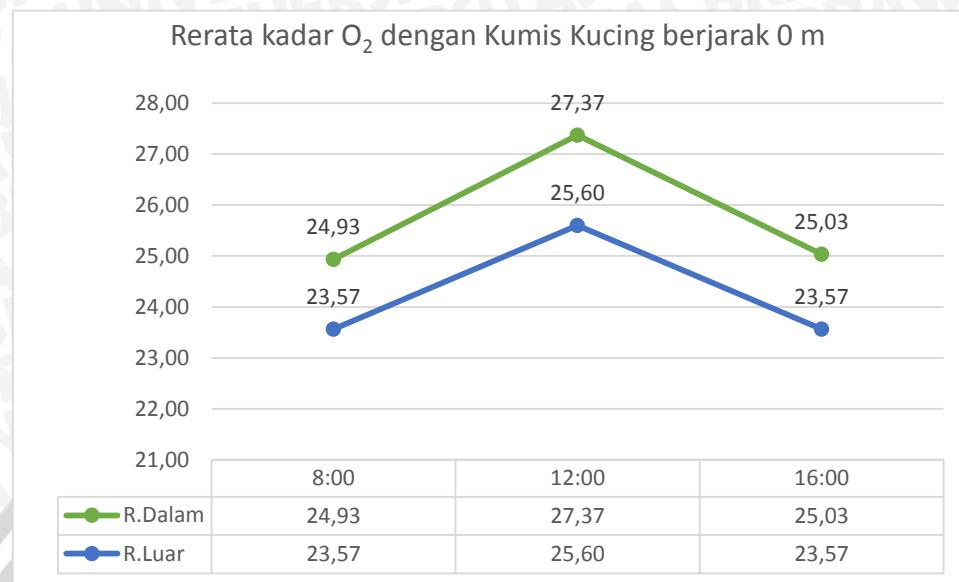
Penataan vegetasi menggunakan jenis tanaman kumis kucing dilakukan dengan 4 ragam variasi jarak tanaman terhadap bangunan, jarak 0 meter diukur pada 16 – 18 April 2014, jarak 0,5 meter diukur pada 19 – 21 April 2014, jarak 1 meter pada 22 – 24 April, dan jarak 1,5 meter pada 25 – 27 April 2014. Dalam masa pengukuran, cuaca tidak selalu cerah, beberapa hari diantaranya terjadi hujan pada siang atau sore hari. Data hasil pengukuran kadar O₂ yang diperoleh cenderung fluktuatif dan tidak berpola.

(1) Pengukuran O₂ dengan penataan kumis kucing berjarak 0 m

Berikut adalah data hasil pengukuran oksigen terhadap objek penelitian dengan penataan vegetasi jenis kumis kucing pada jarak 0 meter (Tabel 4.35 & Gambar 4.58). Pengukuran dilakukan pada 16 – 18 April 2014 dengan kondisi cuaca cerah.

Tabel 4.38. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
16/04/2014	8:00	22,5	25,3
	12:00	23,5	23,4
	16:00	22,5	25,3
	Rerata	22,83	24,67
17/04/2014	8:00	29	22,7
	12:00	26,1	22,5
	16:00	30,7	21
	Rerata	28,6	22,07
18/04/2014	8:00	23,3	22,7
	12:00	32,5	30,9
	16:00	21,9	24,4
	Rerata	25,9	26



Gambar 4.53. Grafik Rerata O₂ pada Objek Penelitian Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0 m Terhadap Bangunan

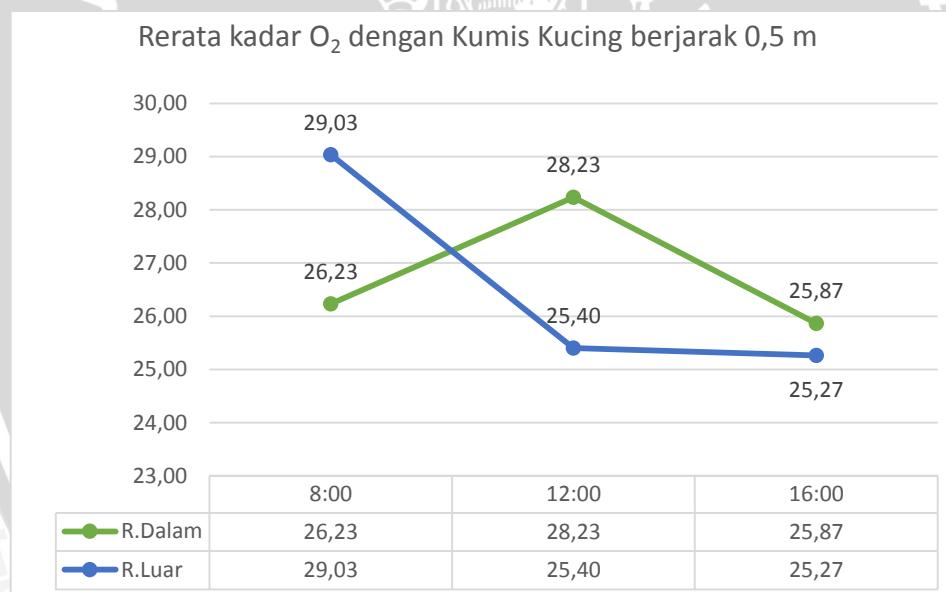
Data hasil pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan kumis kucing pada jarak 0 meter terhadap bangunan tersebut memiliki kadar tertinggi sebesar 25,60% pada ruang luar, yakni pada siang hari. Kadar O₂ saat pagi dan sore hari pada ruang luar bangunan relatif sama, yakni pada kadar 23,57%. Pada ruang dalam bangunan, kadar oksigen tertinggi terjadi pada siang hari, yakni sebesar 27,37% dan pada pagi hari mencapai 24,93%.

(2) Pengukuran O₂ dengan penataan kumis kucing berjarak 0,5 m

Pengukuran O₂ pada objek penelitian dengan penataan tanaman kumis kucing berjarak 0,5 meter terhadap bangunan dilakukan pada 19 – 21 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan pada 19 April 2014. Berikut adalah hasil pengukuran kadar oksigen pada ruang luar dan dalam objek penelitian dengan penataan vegetasi berjarak 0,5 meter terhadap bangunan (Tabel 4.36 & Gambar 4.59)

Tabel 4.39. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
19/04/2014	8:00	25,2	23,5
	12:00	29,4	23,8
	16:00	28,8	24,8
	Rerata	27,8	24,03
20/04/2014	8:00	22,1	27,9
	12:00	30,6	32,4
	16:00	27	26,5
	Rerata	26,57	28,93
21/04/2014	8:00	31,4	35,7
	12:00	24,7	20
	16:00	21,8	24,5
	Rerata	25,97	26,73



Gambar 4.54. Grafik Rerata O₂ pada Objek Penelitian Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan

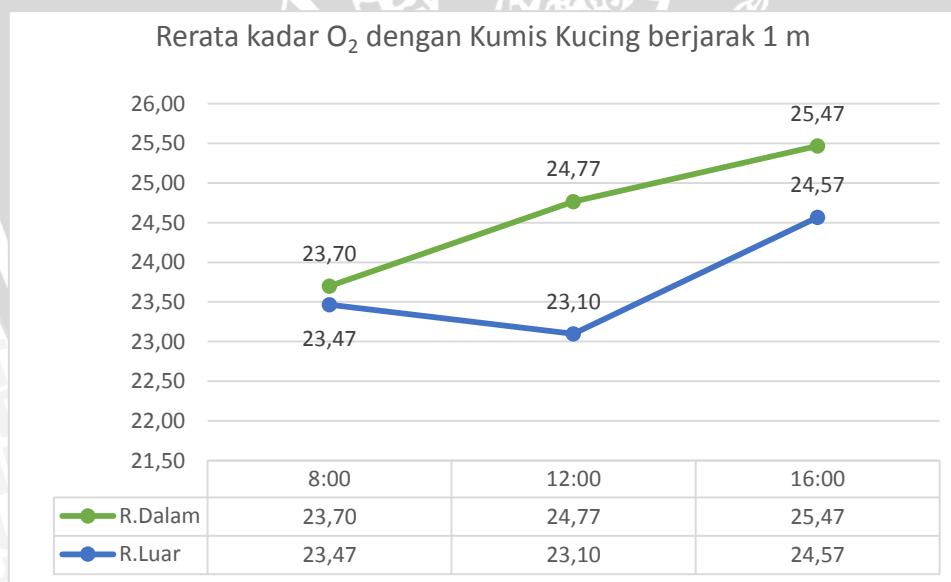
Data pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan kumis kucing pada jarak 0,5 meter terhadap bangunan tersebut memiliki kadar tertinggi sebesar 29,03% pada ruang luar, yakni pada pagi hari. Kadar O₂ terendah pada ruang luar objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 0,5 meter terjadi pada sore hari, yakni sebesar 23,57%. Pada ruang dalam bangunan, kadar oksigen tertinggi terjadi pada siang hari, yakni sebesar 28,23% dan kadar terendah terjadi pada sore hari yang mencapai 25,87%.

(3) Pengukuran O₂ dengan penataan kumis kucing berjarak 1 m

Pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan variasi penataan tanaman kumis kucing pada jarak 1 meter terhadap bangunan dilakukan pada 22 – 24 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan pada 22 April 2014.

Tabel 4.40. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
22/04/2014	8:00	22,2	23,8
	12:00	28,5	24,4
	16:00	24,6	23,9
	Rerata	25,1	24,03
23/04/2014	8:00	25,2	26,1
	12:00	23,9	25,3
	16:00	26,4	23,7
	Rerata	25,17	25,03
24/04/2014	8:00	23,7	20,5
	12:00	21,9	19,6
	16:00	25,4	26,1
	Rerata	23,67	22,07



Gambar 4.55. Grafik Rerata O₂ pada Objek Penelitian Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1 m Terhadap Bangunan

Data hasil pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing pada jarak 1 meter memiliki kadar O₂ tertinggi sebesar 24,57% pada ruang luar, yakni pada sore hari. Kadar O₂ terendah pada ruang luar objek penelitian dengan

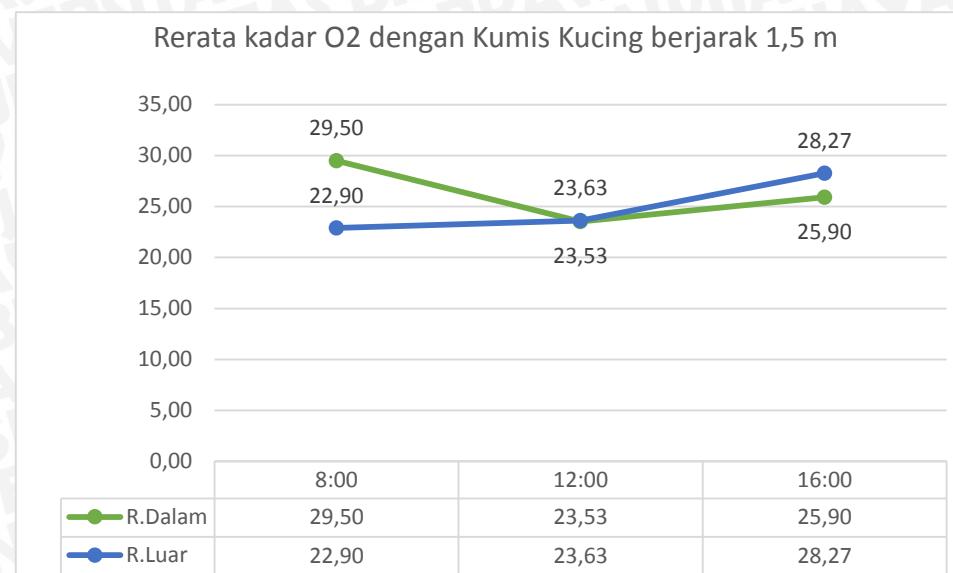
vegetasi kumis kucing berjarak 1 meter tercatat pada siang hari, yakni sebesar 23,57%. Pada ruang dalam bangunan objek penelitian, kadar oksigen tertinggi terjadi pada sore hari, yakni sebesar 25,47% dan kadar oksigen terendah terjadi pada pagi hari yang mencapai 23,47%.

(4) Pengukuran O₂ dengan penataan kumis kucing berjarak 1,5 m

Pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan tanaman kumis kucing pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan dilakukan pada 25 – 28 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan pada 25 April 2014. Berikut adalah tabel dan grafik data hasil pengukuran (Tabel 4. & Gambar 4.60)

Tabel 4.41. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
25/04/2014	8:00	33,2	22
	12:00	21,4	21,3
	16:00	23,3	29,9
	Rerata	25,97	24,4
26/04/2014	8:00	28,8	23,6
	12:00	24,8	26,7
	16:00	27,8	26,2
	Rerata	27,13	25,5
27/04/2014	8:00	26,5	23,1
	12:00	24,4	22,9
	16:00	26,6	28,7
	Rerata	25,83	24,9



Gambar 4.56. Grafik Rerata O₂ pada Objek Penelitian Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan

Data pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan kumis kucing pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan tersebut memiliki kadar tertinggi sebesar 28,27% pada ruang luar, yakni pada sore hari. Kadar O₂ terendah pada ruang luar objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 1,5 meter terjadi pada pagi hari, yakni sebesar 22,90%. Pada ruang dalam bangunan, kadar oksigen tertinggi terjadi pada pagi hari, yakni sebesar 29,50% dan kadar terendah terjadi pada sore hari yang mencapai 23,53%.

4.4.2. Pengukuran Kadar O₂ dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler)

Pengukuran kadar oksigen (O₂) terhadap objek penelitian dengan 4 ragam variasi jarak penataan vegetasi bayam merah (ingler) dilakukan pada 16 – 27 Mei 2014. Dalam masa pengukuran, cuaca tidak selalu cerah, beberapa hari diantaranya terjadi hujan pada siang atau sore hari.

(1) Pengukuran O₂ dengan penataan bayam merah (ingler) berjarak 0 m

Pengukuran kadar oksigen Berikut adalah hasil pengukuran terhadap kondisi objek bangunan dengan penataan vegetasi jenis tanaman kumis kucing pada jarak 0 meter yang dilakukan pada 16 – 18 Mei 2014.

Tabel 4.42. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
16/05/2014	8:00	24,9	25,8
	12:00	26,5	30,1
	16:00	27,6	27,9
	Rerata	26,33	27,93
17/05/2014	8:00	26,1	27,2
	12:00	29,7	29,9
	16:00	23,7	22,2
	Rerata	26,5	26,43
18/05/2014	8:00	28,3	27,7
	12:00	23,7	20,9
	16:00	22,7	27,8
	Rerata	24,9	25,47
			2,83



Gambar 4.57. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0 m Terhadap Bangunan

Hasil pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan tanaman bayam merah berjarak 0 meter terhadap bangunan ini mencatat kadar O₂ tertinggi pada siang hari di ruang luar, yakni sebesar 26,97%. Kadar oksigen tertinggi pada ruang dalam tercatat pada siang hari, yakni sebesar 26,63% dan kadar oksigen terendah pada ruang dalam mencapai 24,67% yang tercatat pada sore hari.

(2) Pengukuran O₂ dengan penataan bayam merah (ingler) berjarak 0,5 m

Pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan tanaman bayam merah berjarak 0,5 meter terhadap bangunan dilakukan pada 19 – 21 April 2014 dengan kondisi cuaca hujan pada 19 April 2014. Berikut data hasil pengukuran kadar O₂ pada ruang luar dan dalam objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing pada jarak 0,5 m (Tabel 4. & Gambar 4.61)

Tabel 4.43. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
19/05/2014	8:00	23,4	27,8
	12:00	23,5	28,4
	16:00	21,1	26
	Rerata	22,67	27,4
20/05/2014	8:00	28,3	29,2
	12:00	23,5	22,9
	16:00	26,3	24,2
	Rerata	26,03	25,43
21/05/2014	8:00	26,3	31,3
	12:00	22,5	22
	16:00	21,4	24,7
	Rerata	23,4	26



Gambar 4.58. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 0,5 m Terhadap Bangunan

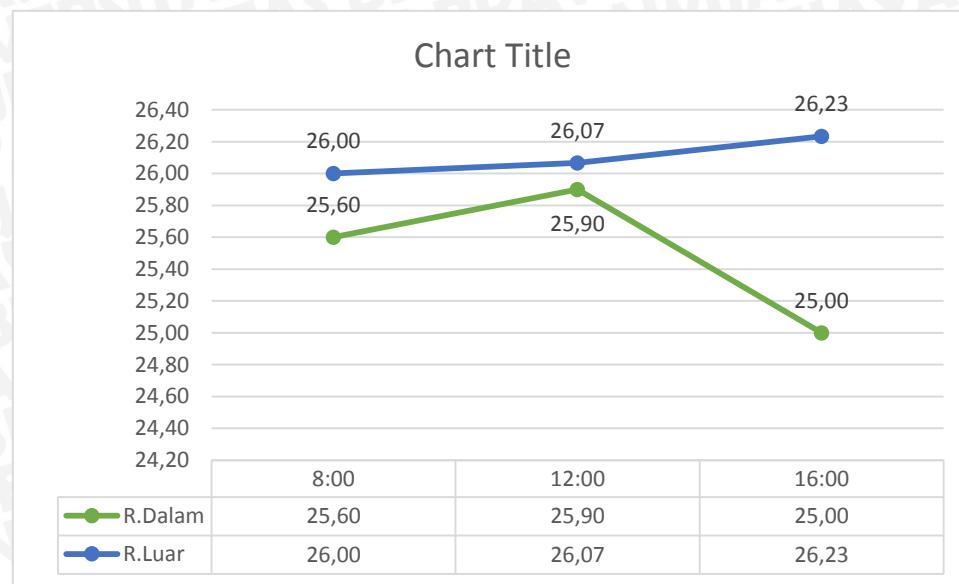
Data pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan kumis kucing pada jarak 0,5 meter terhadap bangunan tersebut memiliki kadar tertinggi sebesar 29,43% pada ruang luar, yakni pada pagi hari. Kadar O₂ terendah pada ruang luar objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 0,5 meter terjadi pada sore hari, yakni sebesar 24,43%. Pada ruang dalam bangunan, kadar oksigen tertinggi terjadi pada pagi hari, yakni sebesar 26,00% dan kadar terendah terjadi pada sore hari yang mencapai 22,93%.

(3) Pengukuran O₂ dengan penataan bayam merah (ingler) berjarak 1 m

Pengukuran kadar oksigen (O₂) pada objek penelitian dengan penataan tanaman bayam merah pada jarak 1 meter terhadap bangunan dilakukan pada 22 – 24 Mei 2014. Data hasil pengukuran kadar O₂ tersebut disajikan pada tabel dan grafik berikut (Tabel 4.43 & gambar 4.62).

Tabel 4.44. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
22/05/2014	8:00	26,9	27,6
	12:00	25,1	25,7
	16:00	26,1	28
	Rerata	26,03	27,1
23/05/2014	8:00	22,8	25,6
	12:00	26,5	26,6
	16:00	22,9	23,1
	Rerata	24,07	25,1
24/05/2014	8:00	27,1	24,8
	12:00	26,1	25,9
	16:00	26	27,6
	Rerata	26,4	26,1



Gambar 4.59. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1 m Terhadap Bangunan

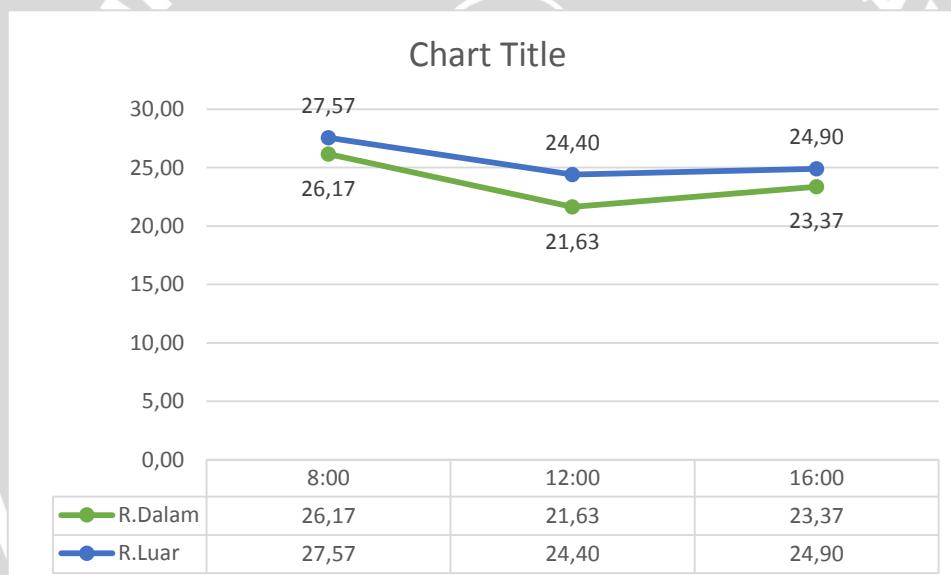
Data hasil pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing pada jarak 1 meter memiliki kadar O₂ tertinggi sebesar 26,23% pada ruang luar, yakni pada sore hari. Kadar O₂ terendah pada ruang luar objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 1 meter tercatat pada pagi hari, yakni sebesar 26,00%. Pada ruang dalam bangunan objek penelitian, kadar oksigen tertinggi terjadi pada siang hari, yakni sebesar 25,90% dan kadar oksigen terendah terjadi pada sore hari yang mencapai 25,00%.

(4) Pengukuran O₂ dengan penataan bayam merah (ingler) berjarak 1,5 m

Pengukuran O₂ terhadap ruang luar dan ruang dalam objek penelitian dengan penataan tanaman bayam merah (ingler) pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan dilakukan pada 25 – 27 Mei 2014. Data hasil pengukuran kadar oksigen pada objek penelitian dengan penataan vegetasi pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan disajikan pada tabel dan grafik berikut (Tabel 4.45 & Gambar 4.63)

Tabel 4.45. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Kumis Kucing Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan

Waktu	Kadar O ₂ (%)		
	Ruang Dalam	Ruang Luar	Selisih
25/05/2014	8:00	28,2	34
	12:00	22,6	21,9
	16:00	21,9	22,9
	Rerata	24,23	26,27
26/05/2014	8:00	29,2	21,5
	12:00	21,1	28,3
	16:00	24,6	29,5
	Rerata	24,97	26,43
27/05/2014	8:00	21,1	27,2
	12:00	21,2	23
	16:00	23,6	22,3
	Rerata	21,97	24,17

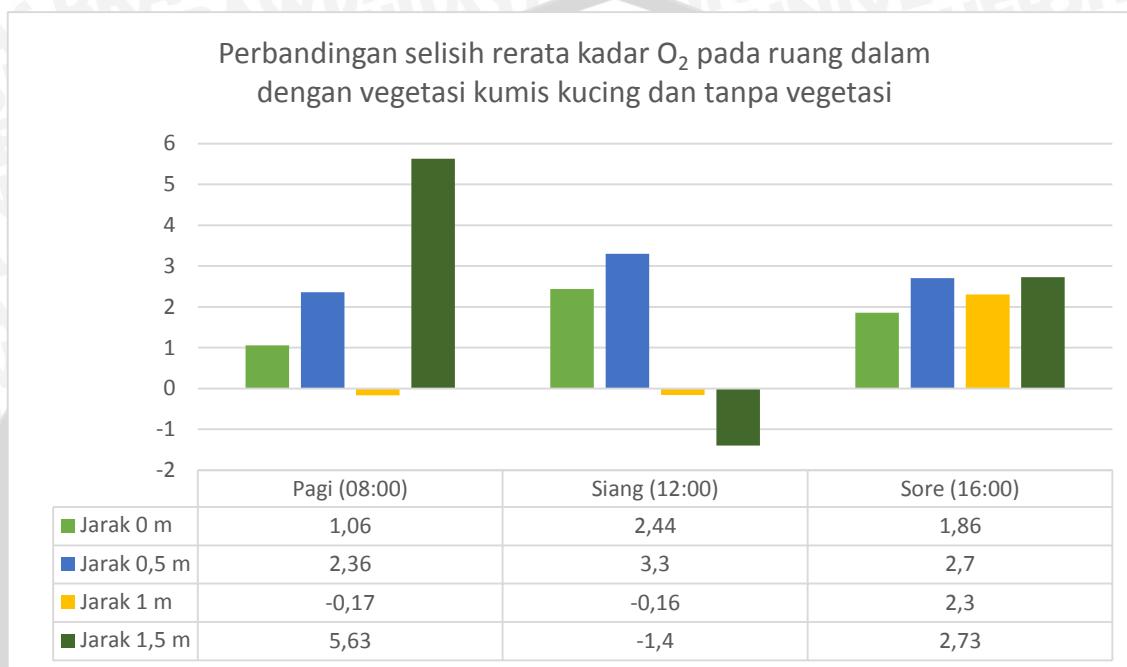


Gambar 4.60. Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian dengan Penataan Vegetasi Bayam Merah (Ingler) Berjarak 1,5 m Terhadap Bangunan

Data pengukuran kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan kumis kucing pada jarak 1,5 meter terhadap bangunan tersebut memiliki kadar tertinggi sebesar 27,57% pada ruang luar, yakni pada pagi hari. Kadar O₂ terendah pada ruang luar objek penelitian dengan vegetasi kumis kucing berjarak 1,5 meter terjadi pada siang hari, yakni sebesar 24,40%. Pada ruang dalam bangunan, kadar oksigen tertinggi terjadi pada pagi hari, yakni sebesar 26,17% dan kadar terendah terjadi pada siang hari yang mencapai 21,63%.

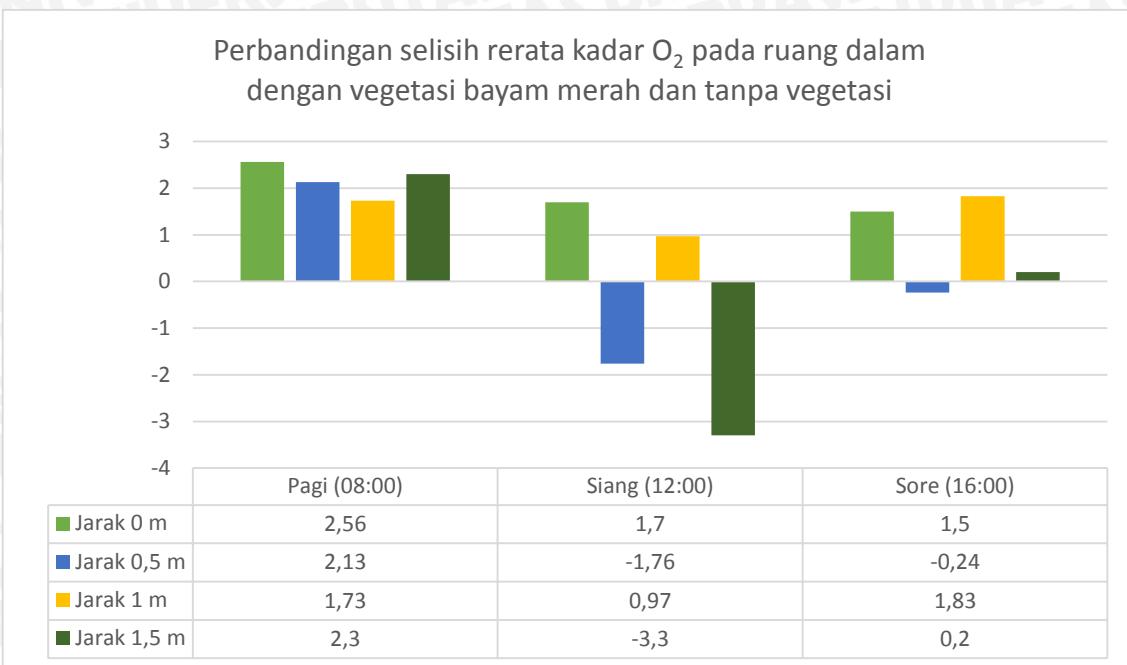
4.4.3. Analisis Data Hasil Pengukuran Kadar O₂ pada Objek Penelitian

Data hasil pengukuran kadar O₂ pada ruang luar dan dalam objek penelitian yang telah diperoleh selanjutnya dianalisa dengan membandingkan antara data hasil pengukuran kadar karbondioksida tanpa penataan vegetasi dengan data hasil pengukuran menggunakan penataan vegetasi.



Gambar 4.61. Grafik perbandingan selisih rerata kadar O₂ pada objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing

Grafik analisa tersebut menunjukkan bahwa peningkatan tertinggi kadar oksigen pada ruang dalam objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing terjadi pada pagi hari dengan penataan berjarak 1,5 meter, yakni sebesar 5,63%. Pada sore hari, peningkatan kadar oksigen terjadi secara merata pada keempat varian jarak penataan vegetasi kumis kucing. Penurunan kadar oksigen terendah terjadi pada siang hari dengan penataan vegetasi kumis kucing berjarak 1,5 meter terhadap bangunan, yakni sebesar 1,4%. Peningkatan kadar karbondioksida pada pagi dan siang hari terjadi pada penataan vegetasi kumis kucing dengan jarak 0 dan 0,5 meter dengan peningkatan antara 1% hingga 3%.



Gambar 4.62. Grafik perbandingan selisih rerata kadar O_2 pada objek penelitian dengan penataan vegetasi kumis kucing

Data hasil analisa perbandingan antara kadar karbondioksida pada ruang dalam tanpa penataan vegetasi dengan kadar karbondioksida pada ruang dalam yang diberlakukan penataan vegetasi bayam merah ini mengalami penurunan yang signifikan pada siang hari, dengan penurunan terbesar pada variasi penataan berjarak 1 meter terhadap bangunan, yakni sebesar 65,33 ppm. Pada pagi dan sore hari, kadar karbondioksida pada ruang dalam objek penelitian tidak banyak berbeda dibandingkan dengan kadar karbondioksida pada ruang dalam objek penelitian ketika tanpa penataan vegetasi, peningkatan kadar karbondioksida yang signifikan terjadi pada variasi penataan vegetasi dengan jarak 0 meter, yakni pada pagi dan sore hari.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.Kesimpulan

Penataan vegetasi horizontal pada ruang luar bangunan memiliki keragaman karakteristik dalam mengkondisikan udara di sekitarnya. Dari data hasil pengukuran dan analisis yang dilakukan, diperoleh hasil yang variatif, diantaranya adalah karakteristik dalam penurunan suhu, penurunan kadar karbondioksida dan peningkatan kadar oksigen.

Pada penataan vegetasi dengan jenis kumis kucing, jarak penataan terhadap bangunan yang efektif adalah pada jarak 0 meter. Pada jarak tersebut, perbedaan suhu ruang luar dan ruang dalam pada pukul 10:00 dapat mencapai 7°C, sedangkan pada penataan vegetasi dengan jenis bayam merah, penurunan suhu terbesar diperoleh dengan penataan pada jarak 0,5 meter terhadap bangunan dengan perbedaan suhu ruang luar dan ruang dalam maksimal mencapai 4°C pada pukul 09:00. Penurunan suhu oleh kedua jenis tanaman tersebut terjadi pada pagi hingga siang hari, pada kisaran waktu antara pukul 07:00 hingga pukul 14:00.

Penurunan kadar karbondioksida pada ruang dalam bangunan oleh penataan vegetasi pada ruang luar bangunan memiliki perilaku yang berbeda dengan penurunan suhu pada ruang dalam oleh vegetasi, penurunan kadar karbondioksida pada ruang dalam objek penelitian oleh tumbuhan jenis kumis kucing secara efektif terjadi pada siang hari dengan penataan vegetasi pada jarak 1 m, yakni sebesar 37 ppm, sedangkan penurunan kadar karbondioksida oleh tumbuhan jenis bayam merah terjadi pada siang hari dengan jarak 1 m dapat menurunkan kadar karbondioksida hingga sebesar 65 ppm.

5.2.Saran

Peneliti menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dari penelitian yang telah dilakukan. Untuk itu peneliti meminta kritik dan saran dari pembaca agar laporan penelitian ini menjadi lebih sempurna. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan aspek arsitektural dalam pemilihan media tanam dan jenis tanaman sayur dan toga sebagai alternatif upaya peningkatan kualitas termal pada bangunan. Selain itu juga perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Konfigurasi jarak tanaman terhadap bangunan
2. Waktu penurunan suhu paling signifikan dengan adanya tata vegetasi dan
3. Jenis tanaman pada penataan vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Halda., Sri Lestari & Hilda Lestiana. 2012. "Studi Pulau Panas Perkotaan dan Kaitannya Dengan Perubahan Parameter Iklim Suhu Dan Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Landsat TM Studi Kasus DKI Jakarta dan Sekitarnya". *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*. Vol. 13, No. 1, 2012: 19-24.
- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). 1992. "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy" (ASHRAE Standard 55-1992). Atlanta, GA: ASHRAE.
- Ahira, Anne. 2011. *Manfaat Sayur Sawi, Si Hijau Penuh Gizi*. <http://www.anneahira.com/manfaat-sayur-sawi.htm> . (diakses 2 Mei 2014)
- Anonim. 2013. *Morfologi Sawi*. <http://ilmubiologi.com/morfologi-sawi> . (diakses 2 Mei 2014).
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2014. *Keadaan Cuaca Kota Malang Tahun 2012-2013*. <http://malangkota.bps.go.id/index.php?hal=tabel&id=23> . (diakses 6 April 2014).
- Departemen PU Dirjen Bina Marga. 1996. "Tata Cara Perencanaan Teknik Lansekap Jalan" No. 033/T/BM/1996. <http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/No.%20033-T-BM-1996.pdf> . (diakses 2 Mei 2014).
- Ernofia. 2013. *Optimalisasi Pemanfaatan Lahan Pekarangan*. <http://epetani.deptan.go.id/budidaya/optimalisasi-pemanfaatan-lahan-pekarangan-8408> . (diakses 18 April 2014).
- Fanger, P. O. 1970. *Thermal Comfort*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Grey, G. W. and Deneke, F. J. 1978. *Urban Forestry*. New York: John Wiley and Sons.
- Lo, C.P., & Dale A. Quattrochi. 2003. "Land-Use and Land-Cover Change, Urban Heat Island Phenomenon, and Health Implications: A Remote Sensing Approach". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 69, No. 9, September 2003. http://www.asprs.org/a/publications/pers/2003journal/september/2003_sep_1053-1063.pdf . (diakses 6 April 2014).
- Hakim, Rustam. 1991. *Unsur Perancangan Dalam Arsitektur Lansekap*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hakim, Rustam. 2008. *Ruang Terbuka Dan Ruang Terbuka Hijau*. <http://rustam2000.wordpress.com/ruang-terbuka-hijau/> .(diakses pada 2 Mei 2014).
- Hakim, Rustam & Hardi Utomo. 2008. *Komponen Perancangan Arsitektur Lansekap: Prinsip – Unsur dan Aplikasi Desain*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hanson, Ronald L. 1991. "Evapotranspiration and Droughts." ed. Paulson, R.W., Chase, E.B., Roberts, R.S., and Moody, D.W. *National Water Summary 1988-89*:

- Hydrologic Events and Floods and Droughts*, U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2375, hal. 99-104.
- Herawaty, Tety dan Ari Novianti. 2006. *Kumis Kucing*. Jakarta: BPOM, Direktorat Obat Asli Indonesia.
- Irwan, Zoer'aini Djamal. 2005. *Tatanan Lingkungan dan Lansekap Hutan Kota*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Irwan, Zoer'aini Djamal. 2008. "Eksplorasi Pemanfaatan Pekarangan secara Konseptual". KabarIndonesia, 24 November 2008. <http://www.kabarindonesia.com/berita/print.php?id=20081124075715> . (diakses 2 Mei 2014).
- Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 829/MENKES/SK/VII/1999 tentang Persyaratan Kesehatan Perumahan.
- Kusumaningrum. 2005. "Mempelajari Toksisitas Minuman Seduhan Bubuk Daun Kumis Kucing (*Orthosiphon Stamineus Benth.*) terhadap Tikus Percobaan Secara *In Vivo*". Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Laurie, Michael. 1986. *An Introduction To Landscape Architecture*. New York: Elsevier.
- Lippsmeier, Georg. 1994. *Bangunan Tropis*. Jakarta : Erlangga.
- Luddityawan, Agung Rizky. 2014. "Taman Vertikal Sebagai Pendinginan Alami Pada Rumah Sederhana Sehat Griya Saxophone Kecamatan Lowokwaru – Kota Malang". *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Arsitektur FT Universitas Brawijaya.
- Pearlmutter, D., Krüger, E.L., & Berliner, P. 2009. "The role of evaporation in the energy balance of an open-air scaled urban surface", *International Journal of Climatology*, 29. hal 911-920.
- Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Malang Tahun 2010 – 2030.
- Rahwuli, Ahdian. 2013. "Taman Vertikal Sebagai Sistem Pendingin Udara Alami Pada Pemukiman Perkotaan Malang". *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Arsitektur FT Universitas Brawijaya.
- Rukmana, Rahmat. 1994. *Bayam: Bertanam dan Pengolahan Pasca Panen*. Yogyakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Rukmana, Rahmat. 2005. *Bertanam Sayuran di Pekarangan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Smith, J. 2001. *The Facts On File Dictionary of Weather and Climate Revised Edition*. New York: Facts On File, Inc.
- Soemarno, MS. 2013. *Pentingnya Vegetasi bagi Kenyamanan Lingkungan*. <http://marnolecture.ub.ac.id/2013/11/pentingnya-vegetasi-bagi-kenya manan-lingkungan/> . (diakses 2 Mei 2014).
- Supriati, Yati dan Ersi Herliana. 2010. *Bertanam 15 Sayuran Organik dalam Pot*. Jakarta: Penebar Swadaya.

[Type here]

Tukiman. 2004. *Pemanfaatan Tumbuhan Obat Keluarga (TOGA) untuk Kesehatan Keluarga*. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat, USU.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1992 Tentang Perumahan Dan Permukiman. <http://digilib-ampl.net/file/pdf/UU%20No.4%20Thn%201992%20ttg%20Perumahan%20&%20Permukiman.pdf> . (diakses 2 Mei 2014).

Wijaya, Aldi Kamal. 2006. "Evaluasi Keragaan Fenotipe Tanaman Seledri Daun (*Apium Graveolens L. Subsp. Secalinum Alef.*) Kultivar Amigo Hasil Radiasi dengan Sinar Gamma Cobalt-60 (Co60)". Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

