

EVALUASI FUNGSI EKOLOGIS VERTIKAL HIJAU PADA BANGUNAN RUMAH DI KABUPATEN KUPANG NTT

Roosna Maryani O Adjum¹, Micha Ratu Rihi²

Jurusan Tanaman Pangan dan Hortikultura Politeknik Pertanian Negeri kupang
Jalan Prof. Herman YohanesPenfui – Kupang P.O. Box 1152 Kupang 85001
Telpon: (0380)881600, 881601: Email : roosnna@gmail.com

ABSTRACT

Using of green vertical in Indonesia began to develop since 2000. This has been supported by public awareness to create a better quality living space. The vertical greening system in the landscape world has become a common practice for growing vines on building walls. Evaluation study of green vertical ecological functions was carried out in one of the residential houses in Kupang Regency. The basic objective of research is vertical green is needed to replace the function of air conditioner (AC) in homes in creating thermal comfort. The method in this study is the experimental method, carried out by testing several parameters on green vertical. The research procedure consists of 4 main stages, (1) the design and construction of the proposed green vertical model; (2) distance placement arrangements between panels and buildings; (3) selection of plants to be used and (4) measurement of microclimate. The measurement results are then analyzed to compile the green vertical criteria in residential buildings. Observation of the study was conducted in July 2018. Based on the laying distance, the best vertical green distance to the building wall was 0 cm (attached to the wall). With a distance of 0 cm, the decrease in room temperature is at the maximum level of 0.68 ° C for indoor conditions and 0.86 ° C outside space. While based on the type of plant, the best combination of ground cover in reducing temperature was Marantha leuconeura. Referring to the measurement results, the best combination of panels to be applied on a residential scale was Marantha leuconeura which was placed at a distance of 0 cm from the wall of the building.

Keywords: Vertical green, comfort of temperature, home stay

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kekuatan urbanisasi yang tidak dapat dihentikan adalah penggunaan dalam jumlah besar vegetasi alam serta penggantinya dengan gedung konkrit yang meningkatkan suhu udara lingkungan yang mengarah pada fenomena efek ‘pulau panas kota’ atau *urban heat island (UHI)*. Di Indonesia, kegiatan menghijaukan kota dilakukan dengan adanya *trend* penggunaan vertikal hijau. Tujuan akhir yang diharapkan adalah sistem ini dapat mengubah pilihan fasilitas penghasil kenyamanan udara publik dari penggunaan *air conditioner (AC)* menjadi elemen vertikal hijau. Menurut Wong (2010) vertical hijau tanaman merambat memiliki efisiensi penyejuk udara dengan efisiensi terbaik apabila mengacu pada pengurangan suhu maksimum pada dinding dan permukaannya.

Berdasarkan permasalahan dan tinjauan teori yang diacu, diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui manfaat penerapan vertikal hijau model

struktur pada bangunan rumah ditinjau dari fungsi pengontrol suhu udara. Kajian ini berperan untuk membentuk kriteria vertikal hijau yang tepat dan aplikatif pada rumah sehingga konsep keberlanjutan lingkungan dapat diwujudkan.

Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mempelajari fungsi ekologis vertikal hijau untuk bangunan rumah tinggal. Sementara tujuan khususnya, yaitu,

1. mempelajari pengaruh jenis tanaman yang digunakan pada vertikal hijau terhadap penurunan suhu di dalam ruang;
2. mempelajari pengaruh jarak peletakan vertikal hijau terhadap penurunan suhu di dalam ruang;

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Acuan dasar penelitian yaitu *vertikal hijau* dibutuhkan untuk mengantikan fungsi *air conditioner* (AC) pada rumah tinggal dalam menciptakan kenyamanan termal. Lokasi yang digunakan adalah ruang sisi samping bangunan yang menghadap ke arah barat. Penelitian dilakukan pada bulan Maret hingga bulan Juli 2018.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari *hardware* yaitu berupa *thermohigrometer digital*, kamera digital, meteran dan *notebook* serta *software* untuk mengolah data. Sementara, bahan yang diperlukan mencakup kerangka struktur *Vertikal Hijau* yang terbuat dari *frame bambu* berbentuk rak; jenis tanaman penutup tanah yang terpilih (*Althernantera* sp., *Arachis pintoi*, *Chlorophytum* sp, *Maranta leuconeura*, *Hemigraphis exotica*) dan media tanam.

Metode

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, dilakukan dengan beberapa indikator pengamatan pada vertikal hijau. Prosedur penelitian terdiri atas 4 tahapan utama yaitu, (1) desain model vertikal hijau

yang diusulkan; (2) pengaturan jarak penempatan antara sisi papan dengan bangunan; (3) seleksi tanaman yang akan digunakan. (4) Kemudian dilakukan pengukuran suhu udara mikro. Hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk menyusun kriteria *vertikal hijau* pada bangunan rumah tinggal.

Desain dan Konstruksi *Vertikal Hijau*

Pada tahapan ini dilakukan pembangunan struktur vertikal hijau yang akan dianalisis dan dibandingkan berdasarkan fungsi kontrol penurun suhu (ekologis). Struktur dibuat dalam satuan modul berukuran 2 m x 2 m x 0,6 m. seperti rak tanaman. Bambu dengan diameter 0,04 m (rangka horizontal) dan 0,06 m (rangka vertikal). Jarak tiap-tiap rak bambu adalah 0,2 m dan diikat menggunakan ikat goni. Pemilihan material bambu didasarkan pada acuan prinsip ekologis dalam penggunaan material penyusun vertikal hijau. Berdasarkan fungsi vertikal hijau sebagai penyaring dan mengurangi radiasi matahari yang masuk ke dalam bangunan, kerapatan tanaman yang direncanakan pada vertikal hijau adalah 90% - 100% dengan sistem tanaman *pot* yang mudah dipasang dan dilepas. Vertikal hijau ditempatkan pada dinding bangunan yang padat masif tidak berjendela. Vertikal hijau yang digunakan bersifat *portable* (dapat dipindahkan) karena didesain tidak menempel pada lantai bangunan (Serlan, 2013).

Suhu dan kelembaban udara pada bangunan rumah tinggal dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu orientasi bangunan terhadap matahari dan arah angin; *hard material* penyusun struktur bangunan; dan *soft material* yaitu keberadaan tanaman serta elemen air (Talarosha 2005). Berdasarkan penjelasan tersebut peningkatkan kenyamanan termal pada bangunan rumah dapat dilakukan dengan merekayasa komposisi *soft material* di sekitar bangunan. Pada kondisi lahan yang terbatas, pengadaan tanaman dapat dilakukan melalui teknik vertikal hijau. Fungsi *climate control* terkait penurunan suhu dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu jarak penempatan, jenis tanaman yang digunakan, ukuran (dimensi panel), dan material (Reed 2010). Pada penelitian ini, dua aspek utama yang dianalisis adalah jarak dan jenis tanaman.

Pengaturan Jarak antara struktur dengan Bangunan

Peran tanaman dalam menurunkan suhu pada bangunan dipengaruhi oleh pembentukan *shading* (bayangan). Reed (2010) mengungkapkan, bayangan

dapat menurunkan jumlah radiasi sinar matahari pada dinding dan atap rumah sehingga interior bangunan memiliki suhu yang lebih rendah dan nyaman bagi manusia. Sistem *shading* pada bangunan dipengaruhi oleh arah radiasi matahari yang bervariasi menurut tempat dan waktu. Menurut tempat disebabkan letak lintang dan keadaan atmosfer yang berawan (Savitri 1999). Sementara menurut waktu, dipengaruhi oleh pelintasan bumi mengelilingi matahari yang menyebabkan tiga posisi matahari yang berbeda setiap tahunnya. Menurut Reed (2010) luas bayangan optimum diperoleh pada jarak benda setengah dari tinggi benda aslinya. Oleh karena itu, dengan tinggi *vertikal hijau* 2 m pengujian jarak uji dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu: Jarak 0,0 meter dari dinding bangunan (menempel), Jarak 0,5 meter dan Jarak 1,0 meter dari dinding bangunan

Tanaman adalah salah satu elemen utama penyusun vertikal hijau. Tanaman berfungsi sebagai elemen memodifikasi kenyamanan termal pada bangunan. Efektivitas tanaman dalam menangkap radiasi matahari dipengaruhi tingkat kepadatan daun, bentuk daun, dan pola percabangannya (Grey dan Deneke 1978). Kriteria tanaman yang dapat menghalangi radiasi dan dapat menurunkan temperatur yaitu: *covering* tajuk luas; tektur kasar; kerapatan daun tinggi; dan bentuk daun lebar (Desyana 2011). Pemilihan tanaman juga harus memperhatikan daya dukung kerangka vertikal hijau dan sistem pemeliharaannya cenderung tidak rumit (Noviandi 2011). Oleh karena itu, tanaman yang akan diuji pada vertikal hijau ini adalah tanaman penutup tanah, *Althermantera* sp., *Arachis pintoi*, *Chlorophytum* sp, *Maranta leuconeura*, dan *Hemigraphis exotica*

Pengukuran Iklim Mikro Vertikal Hijau

Penelitian dilakukan dengan membandingkan nilai penurunan suhu pada dua ruang ukur yaitu ruang yang dipasang Vertikal Hijau dan tidak dipasang. Tiap ruang memiliki dua titik pengukuran yaitu di dalam ruang dan di luar ruang dibelakang vertikal hijau. Pengukuran data suhu tiap model dilakukan dengan menggunakan *thermohigrometer digital*. Waktu pengukuran mewakili pagi hingga sore hari yaitu pukul 10.00, pukul 12.00, pukul 14.00, dan pukul 16.00 dengan kondisi cuaca cerah. Pengukuran data tiap jenis tanaman dilakukan pada waktu yang berbeda dan disesuaikan dengan parameter jarak dan jenis tanaman. Misalnya:

Hari pertama : Tanaman A pada jarak bambu 0.0 m,
Hari kedua : Tanaman A pada jarak bambu 0.5 m, dan
Hari ketiga : Tanaman A pada jarak bambu 1.0 m.

Pengukuran data diulang tiga kali untuk tiap jenis tanaman uji dengan perbedaan waktu ukur 10 menit. Pengukuran data lapang dilakukan pada bulan Juli 2018. Data pengukuran ditabulasi dan dibuat grafik untuk mengetahui:

1. Rata-rata suhu harian tanpa pemasangan vertikal hijau ;
2. Rata-rata suhu harian dengan pemasangan vertikal hijau; dan
3. Perbandingan kenyamanan termal ruangan yang dipasang dan tidak dipasang Vertikal Hijau.
4. Perbandingan Nilai Penurunan Suhu

Analisis data dilakukan dengan membandingkan penurunan suhu yang dihasilkan dari tiap tanaman Vertikal Hijau pada ruang dan ruang kontrol yang tujuannya untuk mengetahui nilai suhu optimum yang dapat diturunkan dengan keberadaan serta kualitas kenyamanan ruang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Tanaman dan Penurunan Suhu

Hal penting sebagai sifat tanaman adalah tanaman dapat mengurangi suhu udara secara langsung dengan menaungi permukaan yang terserap panas dan melalui pendinginan evapotranspirasi. Vegetasi dapat secara signifikan mengurangi suhu maksimum gedung dengan menaungi dinding/tembok dari sinar matahari dengan besar suhu harian. Fluktuasi suhu harian dapat berkurang sampai sekitar 50%.

Mengacu pada fungsi ameliorasi iklim, tanaman dikombinasikan dengan struktur bambu vertikal sehingga terbentuk vertikal hijau. Pada penelitian ini, tanaman yang digunakan termasuk kategori penutup tanah yaitu tanaman yang memiliki tinggi kurang dari 50 cm. Pemilihan jenis tanaman juga berhubungan dengan daya tahan struktur kerangka vertikal hijau yang diusulkan. Tanaman penutup tanah yang dipilih adalah jenis yang toleran terhadap sinar matahari langsung dan pengaruh angin, memiliki tingkat kerapatan daun relatif tinggi, dengan sistem pemeliharaan mudah. Jenis tanaman yang diujikan adalah: *Althermantera* sp.; *Arachis pintoi*; *Chlorophytum* sp.; *Marantha leuconeura* dan *Hemigraphis exotica*

Perbandingan penurunan suhu tiap jenis tanaman

Data pengukuran lapang menunjukkan bahwa vertikal hijau dengan kombinasi tanaman memang dapat menurunkan suhu pada bangunan. Hal ini dikarenakan radiasi matahari yang datang diserap oleh tanaman untuk kegiatan fotosintesis dan penguapan. Selain itu, penurunan suhu bangunan juga disebabkan oleh efek bayangan (*shading*) dari tajuk tanaman yang menghalangi pemanasan permukaan dinding bangunan. Berdasarkan perbandingan, besarnya reduksi suhu oleh tiap jenis tanaman berbeda-beda. Efektivitas penurunan suhu tiap jenis tanaman dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Efektivitas penurunan suhu tiap jenis tanaman

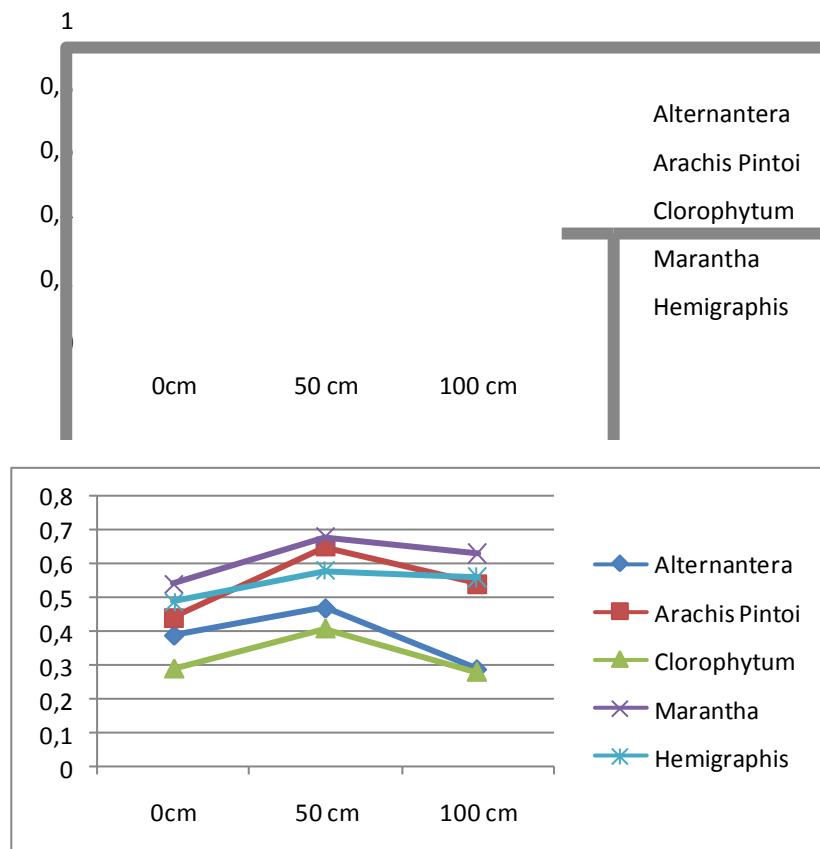
Posisi	Waktu	Reduksi Suhu (°C)				
		T1	T2	T3	T4	T5
X1 (0 cm)	10.00	0,76	0,86	0,53	0,25	0,80
	12.00	0,36	0,96	0,50	1,13	0,94
	14.00	1,16	0,63	1,16	1,40	0,56
	16.00	0,63	0,60	0,50	0,67	0,67
	Ratarata	0,72	0,76	0,67	0,86	0,74
X2 (0cm)	10.00	0,21	0,33	0,33	0,25	0,53
	12.00	0,33	0,36	0,13	0,51	0,35
	14.00	0,50	0,23	0,23	0,62	0,66
	16.00	0,54	0,85	0,50	0,80	0,43
	Rata rata	0,39	0,44	0,29	0,54	0,49
X1 (50cm)	10.00	0,84	0,62	0,56	0,90	0,82
	12.00	0,70	0,73	0,80	0,77	0,56
	14.00	0,60	0,53	0,26	0,72	0,68
	16.00	0,30	0,90	0,23	0,90	0,72
	Rata rata	0,61	0,69	0,46	0,82	0,69
X2 (50cm)	10.00	0,25	0,80	0,43	1,17	0,58
	12.00	0,46	0,37	0,26	0,36	0,75
	14.00	0,78	0,30	0,45	0,82	0,50
	16.00	0,40	1,12	0,50	0,39	0,52
	Rata rata	0,47	0,65	0,41	0,68	0,58
X1(100cm)	10.00	0,52	0,43	0,43	0,82	0,90
	12.00	0,60	0,52	0,40	1,10	0,89
	14.00	0,72	0,60	0,73	0,70	0,40
	16.00	0,20	0,50	0,14	0,52	0,35
	Rata rata	0,51	0,51	0,41	0,78	0,63
X2(100cm)	10.00	0,30	0,43	0,30	1,15	0,80
	12.00	0,34	0,66	0,30	0,40	0,40
	14.00	0,40	0,78	0,20	0,66	0,45
	16.00	0,13	0,30	0,33	0,33	0,58
	Rata rata	0,29	0,54	0,28	0,63	0,56

Keterangan: X1 = luar ruangan ; X2 = di dalam ruangan; T1 = *Althernantera* sp.;

T2 = *Arachis pintoi*; T3 = *Chlorophytum* sp.; T4 = *Marantha leuconora* ; T5 = *Hemigraphis exotica*

Rata-rata pengurangan suhu luar menunjukkan tanaman dengan nilai reduksi terendah adalah *Chlorophytum* sp. (0,41-0,67 °C). Sementara reduksi

suhu tertinggi dicapai oleh jenis tanaman *Marantha leuconeura* (0,78-0,86°C). Hal tersebut juga berlaku pada pengukuran suhu di dalam ruang (indoor). Nilai reduksi *Chlorophytum* sp. adalah 0,28-0,41 °C dan *Marantha leuconeura* 0,54-0,68 °C. Perbandingan reduksi suhu tiap jenis tanaman dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Perbandingan reduksi suhu tiap jenis tanaman
(a. Diluar ruangan, b. Di dalam ruangan)

Penggunaan vertikal hijau pada bangunan rumah tinggal di daerah Kabupaten Kupang sebagai usaha dalam menciptakan kenyamanan udara memberi pengaruh positif yang cukup nyata. Data pengukuran suhu pada bulan Juli 2018 menunjukkan, rata-rata suhu harian dalam ruang dengan konstruksi vertikal hijau adalah 31,78 °C. Sementara ruangan tanpa konstruksi vertikal hijau memiliki rata-rata suhu harian 32,59°C. Terdapat selisih perbedaan suhu ruang \pm 0,81°C. Pada pengukuran luar ruang, rata-rata suhu harian lingkungan adalah 33,22°C. Sementara di luar ruang tanpa vertikal hijau (kontrol) suhunya adalah 34,12°C. Selisih penurunan suhu udara di luar ruang lebih signifikan yaitu \pm 0,90°C. Data lapang juga menunjukan, suhu udara mulai mengalami penurunan saat sore hari atau sekitar pukul 16.00 WIB. Pengukuran suhu yang

dilakukan pada bulan Juli 2018 merupakan waktu musim panas dengan kemarau. Pada kondisi ini, cuaca pagi dan sore hari memiliki perbedaan yang cukup jauh. Pagi hari kondisi cuaca biasanya sangat panas sementara menjelang sore atau malam hari menghangat. Oleh karena itu, selisih suhu antara pukul 14.00 dan 16.00 (WIB) di luar ruangan (*outdoor*) relatif besar yaitu rata-rata $\pm 3,56^{\circ}\text{C}$.

Pengukuran lapang menunjukkan *Chlorophytum* sp. memiliki tingkat penurunan suhu paling rendah dibandingkan dengan tanaman lain. Hal ini dipengaruhi oleh faktor morfologi dan fisiologinya (Serlan, 2013). Secara morfologi, daun tanaman *Chlorophytum* sp. yang berbentuk *linear* memanjang kurang efisien dalam menghalangi, menyerap dan memantulkan radiasi matahari yang datang. Luas permukaan tajuk tanaman yang kecil menyebabkan proporsi sinar matahari yang diteruskan ke permukaan dinding bangunan menjadi lebih besar. Ketebalan daun tanaman juga rendah, sehingga tanaman cenderung lebih banyak meloloskan radiasi matahari ke ruang dibawah tajuk (permukaan dinding bangunan). Sementara, *Marantha leuconeura* menjadi tanaman dengan tingkat penurunan suhu tertinggi. Mengacu pada bentuk fisiologinya, tanaman ini memiliki daun berukuran lebih besar, massa banyak, lembut, dan berwarna hijau mengkilap bertitik putih yang mendukung tanaman menyerap panas. Luas permukaan tajuk tanaman ini relatif lebih luas dengan tingkat kerapatan daun yang tinggi. Permana (2004) menyatakan, semakin rapat komposisi tajuk serta luas permukaan daunnya, tanaman akan semakin efektif menghalau radiasi matahari sehingga suhu lingkungan dapat diturunkan.

Jarak Green Panel terhadap Penurunan Suhu Ruang

Hasil pengamatan yang dilaksanakan bulan Juli 2018 dengan cuaca relatif cerah di Kab Kupang menunjukan bahwa fungsi jarak pada vertikal hijau berbanding lurus dengan penurunan suhu ruang (data tanaman *Marantha leuconeura*). Semakin dekat jarak panel dengan dinding bangunan maka penurunan suhu ruangan akan semakin rendah. Hal ini berlaku pada pengukuran tiap jenis tanaman percobaan yang digunakan. Hubungan antara jarak vertikal hijau dengan tingkat penurunan suhu digambarkan dalam fungsi regresi: **$Y = 0,007x + 28,78$** dengan **$R^2 = 0,810$** . Berdasarkan persamaan, penambahan 1 cm jarak akan meningkatkan suhu ruang $0,007^{\circ}\text{C}$. Perhitungan fungsi regresi untuk jenis tanaman lain juga menunjukan korelasi yang sama.

Suhu tinggi pada posisi panel yang berjauhan dengan dinding disebabkan oleh dua alasan. Pertama, suhu tinggi disebabkan oleh pembentukan ruang udara mati antara panel dan dinding bangunan. Ruang udara ini menyebabkan terhalangnya pelepasan panas dari dalam ruang. Aliran udara yang berlawanan dengan dinding bangunan menyebabkan turbulensi udara sehingga menghasilkan suhu yang lebih tinggi. Faktor kedua, suhu tinggi disebabkan fungsi naungan vertikal hijau yang kurang maksimal. Hubungan antara jarak dan naungan adalah berbanding terbalik. Semakin jauh jarak vertikal hijau, semakin sedikit naungan yang melindungi dinding dari radiasi, sehingga suhu ruang menjadi lebih tinggi. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan fungsi panel, jarak peletakan terbaik adalah 0 cm (menempel).

SIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan vertikal hijau pada bangunan rumah memberi manfaat positif dari segi fungsi pengontrol iklim mikro seperti suhu udara untuk peningkatan kenyamanan di dalam bangunan. Penerapan vertikal hijau pada bangunan juga berperan sebagai media pendidikan lingkungan bagi masyarakat sehingga kesadaran dalam menciptakan ruang hidup yang lebih baik dapat ditingkatkan.

Berdasarkan jarak peletakannya, jarak terbaik vertikal hijau terhadap dinding bangunan adalah 0 cm (menempel pada dinding). Pada jarak tersebut penurunan suhu ruang ada pada tingkat maksimum yaitu 0,42°C untuk kondisi di dalam ruang dan 0,79°C di luar ruang. Berdasarkan jenis tanaman, penutup tanah kombinasi yang paling baik dalam menurunkan suhu adalah jenis *Marantha leuconeura*. Tingkat reduksi suhu ruang oleh *ground cover* tersebut berada pada rentang 0,65°C - 0,79°C pada kondisi cuaca panas dan cerah.

Pada penelitian ini jarak peletakan dan uji beberapa jenis tanaman penutup tanah yang sesuai sudah diketahui. Namun, masih banyak jenis tanaman lanskap yang potensial digunakan serta perlu diteliti lebih lanjut. Konstruksi vertikal hijau yang digunakan dalam penelitian adalah konstruksi yang paling sederhana. Sebaiknya, penelitian selanjutnya yang dapat dilakukan dapat melakukan pengujian jenis tanaman lain dengan konstruksi panel yang dapat diaplikasikan pada skala yang lebih besar. Selain itu, perlu juga dilakukan penelitian lanjutan terkait hubungan antara fungsi ekologi dan

estetika tanaman, sehingga dapat dibuat klasifikasi kualitas eko-estetika yang dapat menjadi standar baku dalam menciptakan kenyamanan bagi penggunanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Desyana RD. 2011. Trend Desain Penanaman pada Lanskap Permukiman Bogor Nirwana Residence. Skripsi. Bogor. IPB: Departemen Arsitektur Lanskap, Institut Pertanian Bogor.
- Greenroofs. 2008. Introduction to Green Wall Technology, Benefits and Design. Jurnal Green Screen [internet]. [diacu 13 Jan 18]. Tersedia dari: <http://www.greenscreen.com.pdf>.
- Grey GW, Frederick JD. 1985. Urban Forestry. New York : John Wiley and Sons Inc.
- Permana, D. 2004. Studi Iklim Mikro Tipe Penutupan Lahan Kampus IPB Darmaga Bogor. Skripsi. Bogor. IPB: Departemen Arsitektur Lanskap, Institut Pertanian Bogor.
- Reed S. 2010. Energy Wise Landscape Design. Canada: New Society Publisher.
- Savitri. 1999. Pengaruh Tirai Tanaman Passiflora Coccinea terhadap Penurunan Suhu dalam Ruang. Skripsi. Bogor. IPB: Jurusan Budidaya Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Serlan WD. 2013. Kajian *Eco-Aesthetics Green Panel* pada Bangunan Rumah Tinggal. Tesis. Sekolah Pascasarjana. IPB.
- Talarosha B. 2005. Menciptakan Kenyamanan Thermal dalam Bangunan. Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6 Juli 2005 [internet]. [diakses pada 21 Peb 2018]. Tersedia dari: <http://repository.usu.ac.id.pdf>.
- Wong NH, AK Tan, Y Chen, K Sekar, PY Tan, D Chan, K Chiang, NC Wong. 2010. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. Building and Environment 45 (2010) 663–672.