
ECO-AESTHETICS GREEN PANEL PADA BANGUNAN RUMAH TINGGAL

Study of Green Panel Eco-aesthetics in House Building

Wiwiek Dwi Serlan

Alumni Departemen Arsitektur Lanskap,
Fakultas Pertanian, Institut Pertanian
Bogor
e-mail: serlan_1488@yahoo.com

Andi Gunawan

Staf Pengajar Departemen Arsitektur
Lanskap IPB

Bambang Sulistyantara

Staf Pengajar Departemen Arsitektur
Lanskap IPB

ABSTRACT

Global climate changing and air condition warming has affect human thermal comfort quality. In 1961-1990 period, Indonesia ambient temperature increased to ± 0.5 °C. It was projected that the temperature increase about 1.8 to 4.0 °C in 2000-2050. In a fact, Indonesia comfortable temperature is about 27-28 °C. That comfortable can be created by natural elements such as plants. However, the problems of urban settlement is land limitation and land economic value. Plants presence like green open space was difficult to maintain in urban area. So the solution is made plant procurement by verticultur techniques, for example green panel. Green panel has function as secondary skin (second layer) to protect building from direct solar radiation, and also create comfortable micro climate inside building. The aims of this study was created standard criteria of green panel for house building base on eco-aesthetic principles. This study used calculation of temperature decreasing to evaluate green panel effect. Scenic Beauty Estimation (SBE) and Semantic Differential (SD) was used to assess green panel visual quality. Parameters tested of this study were distance of plant placed and plant types. The best plant combination of green panels are *Cuphea hyssopifolia* and *Iresine herbstii* which were placed on 0-50 cm distance from residential buildings walls.

Keywords: green panel, eco-aesthetic, thermal comfort, house building.

PENDAHULUAN

Perkembangan permukiman di Indonesia saat ini belum dapat mengefisiensikan sumber daya energi dengan cara terbaru. Konsumsi energi listrik yang digunakan untuk pendinginan bangunan dengan menggunakan penyegar udara mekanis yaitu air conditioner (AC) sudah mencapai tingkat 65% (Puslitbang Permukiman dalam Kusumawati 2011). Pendinginan ini dilakukan untuk menciptakan kenyamanan termal dalam bangunan. Sebenarnya kenyamanan tidak hanya diciptakan melalui teknologi modern. Kenyamanan dapat dibentuk melalui keberadaan elemen alami seperti tanaman (Savitri 1999).

Tanaman dalam lanskap memiliki dua fungsi utama yaitu climatological uses dan engineering uses. Climatological uses terkait rekayasa faktor iklim untuk menciptakan kenyamanan. Sementara engineering uses berupa rekayasa fisik oleh tanaman untuk mereduksi polusi dan bunyi, efek glare radiasi, dan lain sebagainya (Miller 1988). Permasalahan di perkotaan adalah keterbatasan lahan dan nilai ekonomi yang tinggi. Akibatnya keberadaan tanaman

dalam bentuk ruang terbuka hijau sulit untuk dipertahankan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang dapat mendukung pemenuhan kenyamanan tanpa menghilangkan harmonisasi antara alam dan manusia. Misalnya, penerapan green architecture dalam pemanfaatan ruang. Aplikasi teknis green architecture diterapkan mulai dari skala bangunan (Utami et al. 2008), contohnya penghijauan dinding bangunan dengan green panel.

Green panel merupakan dinding kedua (secondary skin) yang ditanami berbagai jenis tanaman dan berfungsi mengurangi radiasi matahari pada bangunan (Utami et al. 2008) sehingga dapat menciptakan iklim mikro yang nyaman. Panel juga dapat meningkatkan kualitas visual estetika bangunan melalui kombinasi tanamannya. Berdasarkan pemikiran tersebut, diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui manfaat penerapan green panel pada bangunan rumah tinggal ditinjau dari fungsi ekologis dan nilai visual estetika. Tujuan umum dari penelitian ini adalah mempelajari eco-aesthetics green panel untuk bangunan rumah tinggal. Sementara tujuan khususnya, yaitu: 1) mempelajari pengaruh jarak

peletakan green panel terhadap penurunan suhu di dalam ruang; 2) mempelajari pengaruh jenis tanaman yang digunakan pada green panel terhadap penurunan suhu di dalam ruang; 3) mempelajari kualitas estetika perlakuan jenis tanaman terhadap kualitas visual bangunan; 4) menganalisis korelasi antara fungsi ekologi dan estetika green panel.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di rumah tinggal tipe 38/90 di Perumahan Dramaga Cantik N51, Kabupaten Bogor. Luas lahan rumah tinggal adalah 90 m² dengan luas bangunan 38 m². Acuan dasar penelitian ini yaitu green panel dibutuhkan untuk mengurangi penggunaan air conditioner (AC) dalam menciptakan kenyamanan termal. Lokasi yang digunakan yaitu sisi samping yang menghadap ke arah barat. Kondisi sekitar bangunan tempat peletakan green panel bebas dari halangan dan naungan.

Prosedur Penelitian

1. Desain dan Konstruksi Green Panel

Struktur green panel dibuat dalam satuan modul berukuran 2 m x 2 m x 0.6 m. Panel tersusun dari frame bambu yang disusun menyerupai rak tanaman. Pemilihan material bambu didasarkan pada prinsip ekologis dalam penggunaan material penyusun green panel. Kerapatan tanaman yang direncanakan yaitu 80% - 100% dengan sistem tanaman pot. Panel ditempatkan pada dinding masif (tidak berjendela). Tujuannya agar panel tidak menutupi pencahayaan dan penghawaan alami pada bangunan rumah. Green panel bersifat portable atau didesain tidak menempel pada lantai dasar bangunan. Desain dan konstruksi panel uji dapat dilihat pada Gambar 1.

2. Pengaturan Jarak antara Panel dengan Bangunan

Peran tanaman dalam menurunkan suhu dipengaruhi pembentukan shading (bayangan). Efek bayangan menurunkan jumlah radiasi pada dinding dan atap sehingga interior bangunan memiliki suhu lebih rendah dan nyaman (Reed 2010). Luas bayangan optimum diperoleh pada jarak benda setengah tinggi benda aslinya. Pengujian jarak dikelompokkan menjadi 0 m, 0.5 m dan 1 m.

3. Seleksi Tanaman yang digunakan.

Tanaman adalah elemen utama penyusun green panel, efektivitas tanaman dalam mengurangi radiasi

dipengaruhi tingkat kepadatan daun, bentuk, dan pola percabangan (Grey dan Deneke 1978). Kriteria tanaman yang efektif menurunkan suhu yaitu bertajuk lebar, tekstur kasar, kerapatan daun tinggi, dan bentuk daun lebar (Desyana 2011). Pemilihan tanaman juga harus memperhatikan daya dukung kerangka panel, oleh karena itu tanaman yang akan uji adalah *Althernantera sp.*, *Arachis pintoi*, *Chlorophytum sp.*, *Cuphea hyssopifolia*, dan *Iresine herbstii*.

4. Pengukuran Iklim Mikro Green Panel

Penelitian dilakukan dengan membandingkan nilai penurunan suhu ruang yang dipasang green panel dan tidak dipasang panel. Tiap ruang memiliki dua titik ukur yaitu satu didalam ruang dan satu diluar ruang (dibelakang green panel). Pengukuran data dilakukan dengan menggunakan thermohigrometer digital. Waktu pengukuran mewakili kondisi pagi hingga sore hari yaitu pukul 10.00; pukul 12.00; pukul 14.00 dan pukul 16.00 WIB. Tiap pengukuran data diulang sebanyak tiga kali.

5. Evaluasi Kualitas Visual Green Panel

Evaluasi kualitas visual green panel dilakukan dengan metode scenic beauty estimation (SBE) dan semantic differential (SD). Metode ini menggunakan foto sebagai media penilaian. Pengambilan foto

dilakukan pada kondisi cuaca yang cerah (10.00-14.00 WIB). Jumlah responden untuk penilaian yaitu ± 30 orang (Daniel dan Boster 1976). Responden penilaian merupakan kelompok masyarakat yang dianggap kritis dan peduli terhadap estetika lingkungan.

Analisis Data

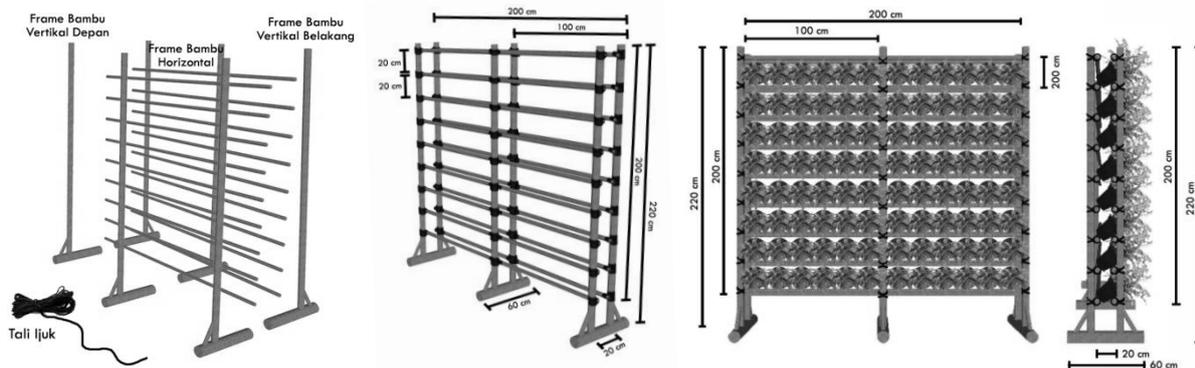
1. Perhitungan Nilai Penurunan Suhu

Analisis data dilakukan dengan membandingkan perubahan suhu (T) yang dihasilkan dari tiap kombinasi tanaman pada green panel. Tujuannya untuk mengetahui nilai penurunan suhu ruang yang mempengaruhi kualitas kenyamanan yang dihasilkan tiap panel.

2. Penilaian Kualitas Visual Estetika (Scenic Beauty Estimation dan semantic differential)

Data kuisioner diolah secara statistik untuk memperoleh indeks kualitas visual dari green panel. Pada metode Scenic Beauty Estimation (SBE), kualitas visual panel diukur dengan perhitungan nilai z (Daniel dan Boster 1976). Hasil analisis dikelompokkan dalam tiga kategori kualitas yaitu visual estetika tinggi.

Hubungan antara kualitas estetik dan kriteria penyusunnya dianalisis berdasarkan penilaian persepsi oleh responden menggunakan metode semantic differential (SD). Penilaian akan menghasilkan nilai rata-rata



Gambar 1 Struktur dan kerangka green panel uji

kriteria. Secara umum akan didapatkan kata sifat yang mewakili persepsi karakter estetikanya.

3. Keterkaitan Fungsi Ekologis dan Estetika Green Panel

Nilai optimum fungsi ekologis dan estetik menunjukkan green panel memiliki fungsi eco-aesthetic. Panel akan menjadi standar untuk diaplikasikan pada bangunan rumah tinggal. Sebelum penyusunan standar perlu dilakukan uji kebebasan (independensi) dua fungsi yaitu ekologis dan estetika. Hipotesis yang digunakan untuk mendukung pengujian tersebut terdiri dari hipotesis awal (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1), yaitu:

H_0 : Fungsi ekologi green panel dan kualitas estetika saling bebas.

H_1 : Fungsi ekologi green panel dan kualitas estetika tidak saling bebas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Green Panel dan Penurunan Suhu

Hasil pengukuran pada bulan April-Mei 2013 menunjukkan, rata-rata suhu harian ruang dengan konstruksi green panel adalah 28,62°C. Sementara ruangan tanpa konstruksi green panel memiliki rata-rata suhu harian 29,15°C. Terdapat perbedaan suhu ruang $\pm 0,53^\circ\text{C}$. Pada pengukuran luar ruang (outdoor di belakang panel), rata-rata suhu harian adalah 30,49°C. Sementara suhu di luar tanpa green panel (kontrol) adalah 31,14°C. Selisih penurunan suhu di luar ruangan lebih besar yaitu $\pm 0,65^\circ\text{C}$.

Grafik diatas (Gambar 4) menunjukkan, suhu ruangan dengan kombinasi green panel lebih rendah dibandingkan ruangan tanpa green panel. Hal ini dikarenakan penurunan suhu dipengaruhi oleh kemampuan material dinding bangunan dalam melepas kalor (panas). Radiasi panas masuk kedalam bangunan melalui proses konduksi pada dinding, atap dan ventilasi bangunan. Radiasi matahari memancarkan 6% ultraviolet, 48%

cahaya tampak dan 46% infra merah sehingga memberi efek panas yang besar (Talarosha 2005).

Material bangunan akan menyerap dan memantulkan radiasi matahari dalam proporsi yang berbeda. Hal ini dipengaruhi koefisien serap dan pemantul kalornya. Radiasi yang terserap akan dikumpulkan dan diteruskan ke sisi dalam bangunan, sebagian lain akan dipantulkan kembali ke udara. Semakin besar nilai koefisien serap kalor, semakin besar jumlah panas yang diteruskan ke dalam bangunan. Faktor yang juga mempengaruhi daya serap dan pantul kalor adalah warna permukaan bangunan. Warna terang memiliki daya serap lebih kecil dibandingkan warna tua pekat (Frick dan Tri 2006).

Rumah tinggal objek studi memiliki permukaan dinding yang tersusun dari material batu bata merah yang diplesir dan dicat tembok berwarna abu-abu. Nilai koefisien serap kalornya adalah:

$$\alpha = 1/2 (\alpha \text{ batu bata merah} + \alpha \text{ cat abu-abu madya})$$

$$\alpha = 0,5 \times (0,75 + 0,70)$$

$$\alpha = 0,725 \square 72,5 \%$$

Total nilai daya serap dan daya pantul adalah 100% (keseimbangan energi), nilai daya pantul kalor dinding bangunan adalah 27,5%. Tambahan konstruksi green panel menyebabkan nilai koefisien serapan kalor dinding bangunan rumah tinggal turun menjadi :

$$\alpha = 1/3 (\alpha \text{ batu bata merah} + \alpha \text{ cat abu-abu madya} + \alpha \text{ vegetasi})$$

$$\alpha = 0,33 \times (0,75 + 0,70 + 0,32)$$

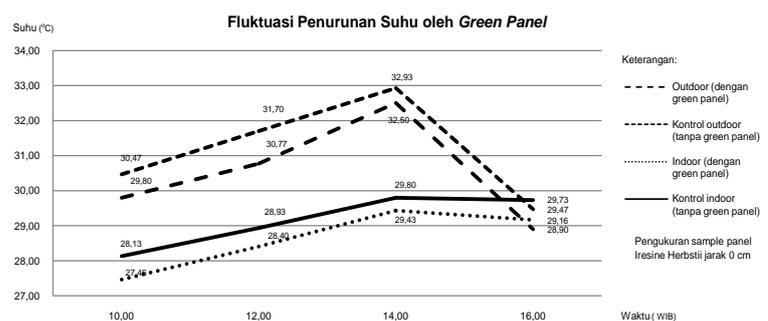
$$\alpha = 0,584 \square 58,4 \%$$

Daya pantul radiasi dinding dengan kombinasi green panel adalah 41,59%. Green panel membuat suhu ukur di luar ruangan pukul 14.00 (cuaca cerah) turun dari 32,93°C menjadi 32,50°C. Sementara di dalam ruangan penurunan suhu turun dari 29,80 °C menjadi 29,70°C. Total radiasi matahari (kalor) yang ditransmisikan dinding bangunan dan kombinasi green panel melalui proses konduksi, adalah 0,053J/s.

Berdasarkan perhitungan, nilai kalor yang dikonduksikan oleh dinding bangunan rumah tinggal dengan kombinasi green panel adalah 0,053 Joule/detik atau 191 Joule/jam. Perhitungan dengan rumus yang sama pada ruang tanpa green panel menghasilkan nilai transmisi kalor 0,059 Joule/detik atau 213 Joule/jam. Selisih kalor yang ditransmisikan dinding tanpa panel dengan dinding bangunan kombinasi green panel adalah 22,37 Joule/jam. Hal ini menunjukkan bahwa green panel mengurangi jumlah konduksi kalor dari radiasi matahari ke dalam bangunan.

Jenis Tanaman dan Penurunan Suhu

Green panel dapat menurunkan suhu bangunan rumah tinggal. Hal ini dikarenakan radiasi matahari pada permukaan dinding akan diserap tanaman untuk kegiatan fotosintesis dan penguapan. Penurunan suhu juga disebabkan oleh efek bayangan (shading) dari tajuk tanaman yang menghalangi pemanasan permukaan dinding. Berdasarkan data, tanaman dengan



Gambar 1 Fluktuasi suhu harian

nilai reduksi suhu terendah adalah *Chlorophytum sp.* (0,15-0,28°C) dan reduksi suhu tertinggi dicapai *Cuphea hyssopifolia* (0,39-0,58°C) (Gambar 5).

Chlorophytum sp. memiliki tingkat reduksi suhu paling rendah disebabkan beberapa faktor. Secara morfologi, daun *Chlorophytum sp.* yang berbentuk linear memanjang kurang efektif menghalangi, menyerap dan memantulkan radiasi matahari yang datang. Luas permukaan tajuk kecil, menyebabkan proporsi sinar yang diteruskan ke permukaan dinding menjadi lebih besar. Ketebalan daun tanaman juga tipis, tanaman cenderung meloloskan radiasi matahari ke ruang di bawah tajuk (permukaan dinding bangunan). Sementara, *Cuphea hyssopifolia* menjadi tanaman dengan tingkat penurunan suhu tertinggi. Tanaman ini memiliki daun berukuran kecil, lembut, dan berwarna hijau mengkilap yang tumbuh disepanjang batang tanaman. Luas permukaan tajuk tanaman lebih luas dengan tingkat kerapatan daun yang tinggi. Semakin rapat komposisi tajuk dan luas permukaan daunnya, tanaman akan semakin efektif menghalau radiasi matahari sehingga suhu dapat diturunkan (Permana 2004). *Cuphea hyssopifolia* memantulkan radiasi matahari dengan baik sebelum mencapai permukaan dinding bangunan.

Pengaruh Jarak Green Panel terhadap Suhu Ruang

Hasil pengamatan menunjukkan, fungsi jarak green panel berbanding lurus dengan penurunan suhu ruangan. Semakin dekat jarak panel dengan dinding bangunan maka selisih penurunan suhu ruangan akan semakin besar. Hubungan antara variabel jarak dan tingkat penurunan suhu (data tanaman *Cuphea hyssopifolia*) digambarkan dalam fungsi regresi:

$$"Y = 0,006x + 28,5" \quad "R^2 = 0,926"$$

Berdasarkan persamaan, penambahan 1 cm jarak akan meningkatkan suhu ruang 0,006 °C.

Perhitungan fungsi regresi untuk jenis tanaman lain juga menunjukkan 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 atau pulau bahang 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 shading panel yang kurang maksimal. Hubungan antara jarak dan shading adalah berbanding terbalik. Semakin jauh jarak green panel, semakin sedikit shading 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).

Evaluasi Kualitas Estetika Green Panel

Berdasarkan nilai scenic beauty estimation (SBE) diketahui bahwa perlakuan green panel dinilai lebih baik daripada kondisi eksisting (Tabel 2). Panel *Arachis pintoi* menjadi panel dengan kualitas estetika standar atau kondisi visual yang ditoleransi responden. Sementara, nilai tertinggi dimiliki oleh *Iresine herbstii*. Komposisi ini adalah kondisi visual yang paling disukai responden.

Panel *Arachis pintoi* memiliki nilai SBE rendah karena warna tajuk tanaman (hijau tua) membuat dinding bangunan (abu-abu) menjadi semakin gelap. Berdasarkan teori psikologis warna, dinding abu-abu memberi kesan distracted dan tajuk hijau tua terkesan obsess yang mengganggu pikiran (McGraw 2013). Kombinasi warna menciptakan respon psikologi ruang displeasure. Ruang terkesan muram, membosankan, tidak rapi, tidak nyaman, dan tidak indah (Simond 1983). Sementara, *Iresine herbstii* yang disukai oleh responden memiliki warna tajuk ungu

kemerahan memberi kesan mewah dan karakter yang kuat (sublime). Warna tanaman sangat dominan sehingga kesan distracted dinding bangunan menjadi tersamarkan. Tekstur tanaman yang kasar menegaskan karakter dinding yang kuat, kokoh, dan keras. Kombinasi warna menciptakan respon persepsi dinamis (dynamic action). Ruang memiliki karakter mencolok, berirama, natural, dengan konsentrasi pada focal point kontras yang kuat (Simond 1983). Kontras *Iresine herbstii* membuat suasana lebih hidup dan memecah kejemuhan visual.

Persepsi terkait Keberadaan Green Panel

Pengukuran respon psikologis responden melalui Semantic Differential (SD) dalam skala bipolar menunjukkan (Gambar 6), situasi yang tidak disukai adalah kondisi eksisting tanpa adanya green panel. Kondisi tersebut menunjukkan respon kata sifat bernegatif (gersang, tidak nyaman, membosankan, panas, kaku, dan lain sebagainya). Kata sifat ini mencerminkan psikologis ruang yang penuh dengan ketegangan (tension). Respon ketegangan muncul karena bangunan terkesan kaku tanpa tanaman yang melembutkan arsitekturnya. Kondisi lanskap tidak teduh, tidak nyaman dan terkesan panas. Cahaya matahari terlalu menyilaukan karena tatanan lanskap relatif terbuka. Sementara, kombinasi panel dengan nilai tertinggi yaitu *Iresine herbstii* menunjukkan respon bipolar bersifat positif (teduh, nyaman, karakter kuat, menarik, dinamis, kontras, dan lain sebagainya). Kesan ruang yang ditangkap responden adalah kekaguman (sublime) dan aksi dinamis (dynamic action).

Kajian Eco-Aesthetic Green Panel

Perhitungan uji kebebasan chi-square antara fungsi ekologis dan estetika menunjukkan pada nilai α 0,05 nilai χ^2 hitung yaitu 7,143 sementara χ^2 tabel 3,841. Maka:

$$\chi^2 \text{ hit} > \chi^2 \text{ tab} \quad \square \text{ Tolak Ho.}$$

Kedua faktor uji tidak saling bebas. Kesimpulannya, terdapat hubungan antara fungsi ekologis dan estetika pada green panel. Rekomendasi penggunaan green panel berdasarkan uji statistik dapat dilihat pada Tabel 3. Matrik tersebut menunjukkan, panel yang paling efektif menciptakan kenyamanan termal serta meningkatkan kualitas visual bangunan adalah kombinasi *Iresine herbstii* dan *Cuphea hyssopifolia* yang diletakkan pada jarak 0 - 50 cm.

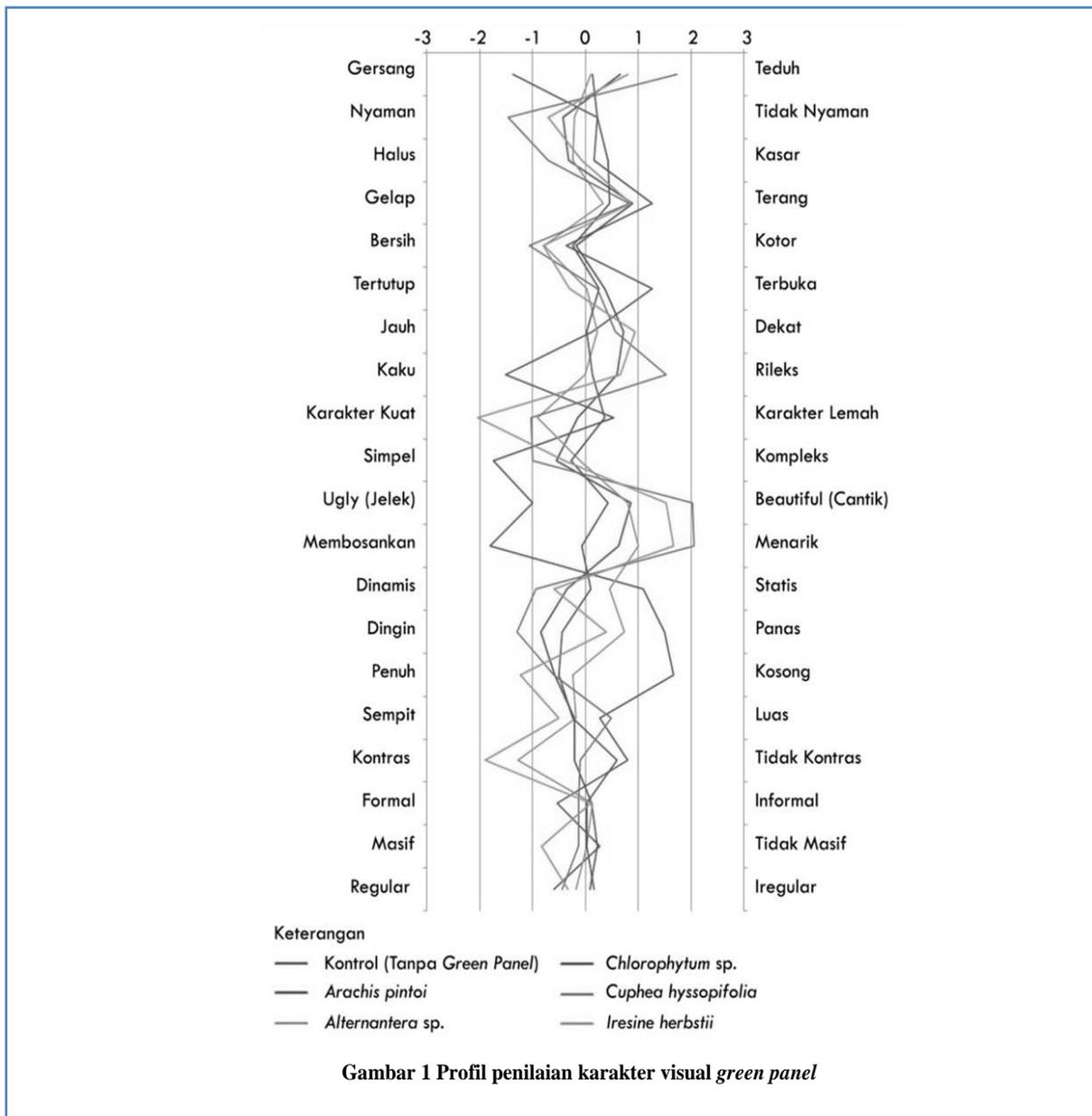
SIMPULAN

Penerapan green panel memberi manfaat dari segi fungsi dan estetika visual (eco-aesthetics). Manfaat fungsi yaitu peningkatan kenyamanan termal bangunan, dan

manfaat estetika terkait psikologis berupa peningkatan nilai seni dan visual bangunan. Berdasarkan jarak peletakkannya, jarak terbaik untuk green panel adalah 0 cm. Hal ini dikarenakan, jarak yang lebar berpotensi menimbulkan ruang bahang sehingga penurunan suhu ruang tidak maksimal. Jenis ground cover kombinasi yang paling baik dalam menurunkan suhu adalah *Cuphea hyssopifolia* dan *Iresine herbstii*. Berdasarkan evaluasi estetika, kedua ground cover memiliki kualitas keindahan yang tinggi. Mengacu pada hasil uji kebebasan, kombinasi panel yang paling baik untuk diaplikasikan pada skala rumah tinggal adalah *Cuphea hyssopifolia* dan *Iresine herbstii* yang diletakkan pada jarak 0 - 50 cm dari dinding bangunan.

Saran

Pada penelitian ini jarak peletakan dan uji beberapa jenis tanaman ground cover yang sesuai sudah diketahui. Namun, masih banyak jenis tanaman lain yang potensial digunakan dan harus diteliti lebih lanjut. Konstruksi panel yang digunakan adalah konstruksi yang paling sederhana. Frame belum terkoneksi dengan sistem irigasi. Penelitian selanjutnya, diharapkan dapat diuji jenis tanaman lain dengan konstruksi panel yang dapat diaplikasikan pada skala yang lebih besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Daniel TC, Boster RS. 1976. Measuring Landscape Aesthetic: The Scenic Beauty Estimation Method. USDA. New Jersey.
- Desyana RD. 2011. Trend Desain Penanaman pada Lanskap Permukiman BNR. Skripsi. Bogor. IPB: Departemen Arsitektur Lanskap, Institut Pertanian Bogor.
- Frick H dan Tri HM. 2006. Arsitektur Ekologis. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Grey GW, Frederick JD. 1985. Urban Forestry. John Wiley and Sons Inc. New York
- Kusumawati MNF. 2011. Standar Kenyamanan Termal Penghuni Gedung Perkantoran dalam upaya Konservasi Energi. 2005 [internet]. [diacu 2012 Oktober 9]. Tersedia dari: <http://www.bsn-go.id.pdf>
- McGraw PV. 2013. Human color perception. Psychological Journal [internet]. [diacu 2013 Juni 15]. Tersedia dari: <http://socialpsychology.org/journals.pdf>
- Miller RW. 1988. Urban Forestry, Planning and Managing Urban Greenspaces. Prentice-Hall.inc. New Jersey
- Permana, Deni. 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, New Society Publisher, Canada.
- Savitri. 1999. Pengaruh Tirai Tanaman Passiflora Coccinea terhadap Penurunan Suhu dalam Ruang. Skripsi. Bogor. IPB: Jurusan Budidaya Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Simonds JO. 1983. Landscape Architecture. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Talarosha B. 2005. Menciptakan Kenyamanan Thermal dalam Bangunan. Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6 Juli 2005 [internet]. [diacu 2012 Oktober 9]. Tersedia dari: <http://repository.usu.ac.id.pdf>.
- Utami FNH, Kaswanto, dan Akhmad AH. 2008. Penerapan Konsep Bangunan Ramah Lingkungan melalui Konstruksi Green Panel sebagai Alternatif Peningkatan Kenyamanan dalam Ruang. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, Edisi Desember 2008 [internet]. [diacu 2012 Oktober 9]. Tersedia dari: <http://repository.ipb.ac.id.pdf>.