

TAMAN VERTIKAL SEBAGAI PENDINGINAN ALAMI PADA RUMAH SEDERHANA SEHAT GRIYA SAXOPHONE KECAMATAN LOWOKWARU – KOTA MALANG

Agung Rizky Luddityawan, Agung Murti Nugroho, Haru A. Razziati
Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: agungrizkyl@gmail.com

ABSTRAK

Strategi pendinginan alami merupakan kriteria utama untuk mencapai kenyamanan termal penghuni dan rumah tinggal dalam lingkungan permukiman di Indonesia. Tata guna lahan Kota Malang khususnya Kecamatan Lowokwaru didominasi pertumbuhan sektor permukiman dan sektor perdagangan dan jasa, hal ini diikuti berkurangnya lahan hijau dalam upaya penyerapan karbon dioksida sebagai faktor penurun suhu permukaan pada lingkungan. Oleh karena itu kemungkinan penggunaan taman vertikal sebagai strategi pendinginan alami dengan memadukan potensi menurunkan suhu dalam dan luar bangunan dengan penyerapan karbondioksida dalam upaya memasukkan aliran udara dingin kedalam bangunan pada permukiman tipe rumah sederhana sehat penting untuk dikaji. Kajian ini merupakan pengembangan penelitian sebelumnya terutama tentang ventilasi dan selubung pintar bangunan oleh Nugroho (2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011), Racmad (2013) dan Rawuli (2013). Penelitian ini akan melanjutkan penelitian tentang pendinginan alami bangunan dengan mengembangkan taman vertikal yang optimum pada lahan rumah yang terbatas untuk mengurangi suhu luar bangunan serta dalam ruang sebagai penyelesaian arsitektur lingkungan dalam iklim panas dan lembab.

Kata kunci : *pendinginan alami, rumah sederhana sehat, taman vertikal*

1. PENDAHULUAN

Kota memiliki sifat yang dinamis dimana jumlah penduduk dan kegiatan akan semakin bergerak naik dan sulit bergerak turun. Pembakaran bahan bakar menghasilkan gas karbondioksida (CO₂) yang apabila dilakukan dalam jumlah yang sangat besar dapat berpotensi menaikkan suhu udara dan merusak kualitas udara lingkungan. Peranan perencana, arsitek, dan ahli tata kota untuk aktif sangat penting dalam strategi prioritas dan identifikasi kenaikan suhu udara dan kerusakan kualitas udara.

Secara terpisah profesi arsitek dianggap ikut berperan besar terhadap pemicu *urban heat island*. Hasil survey yang dilakukan *United Nations*, gedung-gedung besar dapat mengkonsumsi 40% dari minyak bumi dan sumber daya alam

serta 60% konsumsi listrik dunia. Berdasarkan catatan tersebut besar peranan arsitek sebagai pemicu *global warming* akibat sumbangan CO₂ dari pemakaian energi dari gedung-gedung besar. Kadar CO₂ di udara dalam jumlah yang normal sangat bermanfaat untuk melindungi kehidupan di bumi, namun dalam jumlah yang berlebihan sangat membahayakan. Adanya faktor-faktor yang telah dijelaskan sebelumnya dapat menyebabkan terjadinya fenomena *Urban Heat Island*.

Secara tidak langsung kebijakan penataan ruang kota tidak bertujuan dalam upaya mereduksi CO₂. Sedangkan beberapa kota besar seperti jakarta sedang giat berupaya mempersiapkan peraturan-peraturan yang mendukung penekanan emisi CO₂.

Khususnya Kota Malang tata guna lahan Kecamatan Lowokwaru tahun 2005-2009, terjadinya perubahan penggunaan lahan meningkat seluas 14.19 Ha (10,63%). Selain itu juga, terjadi peningkatan pada perdagangan dan jasa seluas 2,037 Ha (1,53%) dan pada fasilitas umum umum seluas 0,824 Ha (0,62%). Hal ini menunjukkan bahwa pesatnya pertumbuhan pada sektor permukiman dan pedagangan pada Kecamatan Lowokwaru. Pertumbuhan tersebut memungkinkan menimbulkan permasalahan pada lingkungan dengan kurangnya lahan terbuka pada tahun-tahun selanjutnya. Sehingga berpotensi terjadinya kenaikan suhu permukaan pada daerah Lowokwaru tata guna lahan Kecamatan Lowokwaru tahun 2005-2009, terjadinya perubahan penggunaan lahan meningkat seluas 14.19 Ha (10,63%) menurut (Fransiscus, 2009).

Hal ini menunjukkan bahwa pesatnya pertumbuhan pada sektor permukiman dan pedagangan pada Kecamatan Lowokwaru. Pertumbuhan tersebut memungkinkan menimbulkan permasalahan pada lingkungan dengan kurangnya lahan terbuka pada tahun-tahun selanjutnya. Sehingga berpotensi terjadinya kenaikan suhu permukaan pada daerah Lowokwaru.

Banyaknya jumlah penduduk pendatang yang menetap di daerah Lowokwaru menyebabkan penyediaan rumah tinggal yang layak bagi penghuninya.

Penyediaan rumah tinggal selayaknya berpedoman pada aturan yang dikeluarkan kementerian kesehatan yang berisi kenyamanan, kemudahan, dan kesehatan penduduk perkotaan dalam ruang rumah dapat memberikan acuan bagi pemilik rumah, penghuni rumah, pengembang pembangunan perumahan, pemerintah, pemerintah provinsi, maupun pemerintah kabupaten/kota dalam rangka upaya kenyamanan, kemudahan dan kesehatan penduduk perkotaan dalam ruang rumah.

Dengan latar belakang permasalahan tata guna lahan (berkurangnya RTH) dan pertumbuhan permukiman di Kecamatan Lowokwaru, dapat meningkatkan naiknya suhu permukaan dan buruknya kualitas udara. Sehingga perlu adanya tindakan terhadap lahan terbatas pada permukiman (Rumah Sederhana Sehat) yang semakin padat dengan strategi tata taman vertikal dengan tanaman produktif yang dapat dijadikan alternatif sistem perbaikan aliran udara dan pendinginan alami.

Selain itu, belum banyak pula penelitian tentang jenis tanaman produktif seperti sayuran dan tanaman obat keluarga yang ternyata mampu menjadi bagian dari sistem desain taman vertikal untuk menurunkan suhu dan memperbaiki kualitas udara.

Dengan adanya penataan taman vertikal diharapkan dapat memberi keuntungan dalam bidang ekonomi melalui aspek produktifitas tanaman dan penghematan energi. Langkah yang harus diambil adalah perpaduan antara pemilihan tanaman berdasarkan fungsi dan manfaatnya serta tidak merusak bangunan dan tata taman vertikal yang mampu menurunkan suhu dan perbaikan kualitas udara.

Upaya penciptaan kenyamanan termal lingkungan mikro melalui taman vertikal adalah sebagai sistem penurun suhu tujuan lain yang didapatkan adalah perbaikan kualitas udara lingkungan dan bangunan melalui produksi O₂ dan penyerapan CO₂ dari tata taman vertikal bangunan.

2. METODE KAJIAN-PENELITIAN

Penelitian ini memiliki fokus dan variabel utama adalah penataan taman vertikal sebagai pendinginan alami. Tujuan yang ingin dicapai adalah menciptakan kenyamanan termal pada tipikal model rumah sederhana sehat dengan lahan terbatas. 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 taman vertikal.

Fokus penelitian memiliki dua objek yang akan dikaji yaitu objek konfigurasi taman vertikal (elemen dalam) dan objek bangunan (elemen luar). Pemilihan objek penelitian ini menghasilkan dua populasi yaitu populasi konfigurasi taman vertikal dan populasi bangunan.

Objek bangunan untuk lokasi penelitian terletak di Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang yaitu rumah tinggal sederhana Perumahan Griya Saxofone No.42. Pemilihan Kecamatan Lowokwaru didasarkan atas beberapa pertimbangan yaitu terdapatnya fungsi permukiman, industri dan perdagangan dengan penggunaan lahan terbesar di Kota Malang sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan suhu.

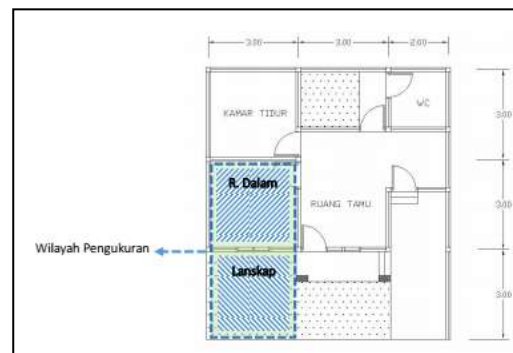
Lokasi pengukuran dilakukan pada taman vertikal rumah dan ruang dalam. Pengukuran dalam ruang masing-masing unit dilakukan pada ruangan seluas $3 \times 3 \text{ m}^2$ yang berhubungan langsung dengan taman vertikal yang akan diukur. Dari pertimbangan-pertimbangan serta kondisi eksisting yang ada, maka ditetapkan bahwa pengukuran ruang dalam di uji pada kamar tidur depan yang dimana ruangan tersebut langsung berhadapan dengan lanskap. Pengukuran diluar di uji pada daerah yang berhadapan langsung dengan ruang dalam yang akan dilakukannya. Berikut adalah visualisasi pengukuran.

Sementara untuk elemen luar bangunan dalam hal ini taman vertikal akan memanfaatkan tanaman sayur dan tanaman obat keluarga. Pemanfaatan tanaman sayur dan toga dipilih berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

1. Dapat hidup pada kondisi iklim lokasi penelitian
2. Mendukung fungsi estetika
3. Ketahanan pangan (*food sustain*)
4. Obat herbal
5. Penyerapan kalor yang besar.

Maka dari pertimbangan tersebut maka ditentukan tanaman sawi, seledri, kumis kucing dan bayam merah. Pertimbangan ini sendiri diikuti dengan faktor-faktor dalam mencapai tujuan penelitian yaitu penyerpan CO_2 sebagai upaya penurunan suhu. Faktor-faktor tersebut diantaranya:

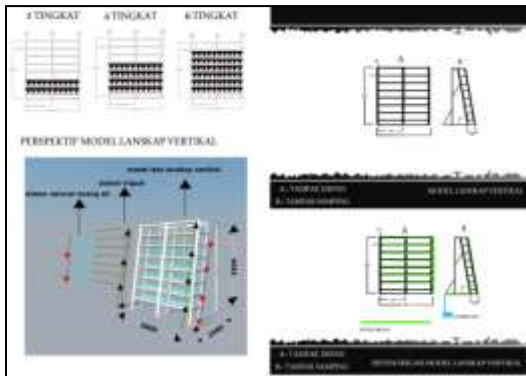
1. Dimensi daun lebar, terkait penghasil oksigen
2. Daya serap polutan, terkait kadar pencemar udara
3. Umur panen pendek, terkait pemanfaatan tanaman
4. Daya serap kalor tinggi, terkait penurunan suhu
5. Kemudahan proses tanam, terkait efektifitas penelitian.



Gambar 2.1 Area pengukuran pada objek penelitian

Pengambilan data ukur menggunakan alat HOBO Data Logger, pengukuran temperatur ruang dalam dan taman vertikal dilakukan setiap 1 jam secara otomatis selama 24 jam dalam 72 hari (Agustus-November) 2013. Sebelumnya dilakukan pengambilan data eksisting yaitu tanpa ada penataan taman vertikal di luar bangunan. Data yang dipakai adalah hasil pengukuran pada jam-jam tertentu yaitu pada pukul 06.00 hingga 18.00. Data yang terkumpul di rata-rata menjadi data :

1. Temperatur eksisting objek penelitian tanpa penataan taman vertikal selama 3 hari
2. Temperatur rata-rata siang hari (pukul 06.00 – 18.00)
3. Temperatur rata-rata harian selama 72 hari tanpa modifikasi taman vertikal
4. Temperatur rata-rata harian selama 72 hari dengan modifikasi taman vertikal.

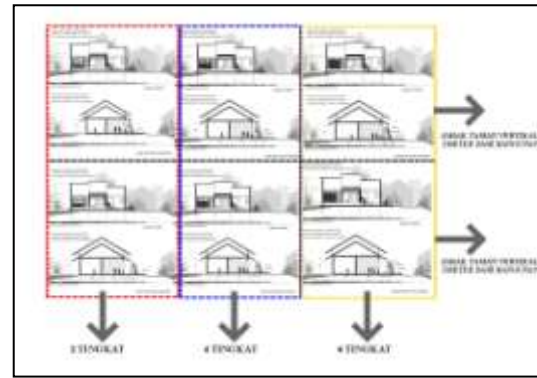


Gambar 2.2 Sistem Model Penataan Taman Vertikal

Sementara itu pengambilan data melalui alat ukur kadar CO₂ udara menggunakan alat Telaire. Pengukuran dilakukan setiap 1 jam secara manual selama 72 hari pada ruang dalam dan taman vertikal. Data yang dipakai adalah hasil pengukuran pada jam-jam tertentu yaitu pada pukul 07.00 hingga 17.00. Pengukuran dilakukan di luar objek bangunan dan di dalam ruang objek bangunan.

KETERANGAN	
X1	JARAK 1M
X2	JARAK 2M
K1	PENATAAN 2 TINGKAT
K2	PENATAAN 4 TINGKAT
K3	PENATAAN 6 TINGKAT

KETERANGAN		
RUANG DALAM	RUANG LUAR	JUMLAH HARI
X1.K1	X1.K1	3 Hari
X1.K2	X1.K2	3 Hari
X1.K3	X1.K3	3 Hari
X2.K1	X2.K1	3 Hari
X2.K2	X2.K2	3 Hari
X2.K3	X2.K3	3 Hari
TOTAL		18 Hari per satu jenis tanaman



Gambar 2.3 Variabel Penelitian

Nantinya data dari pengukuran menggunakan hobo data logger dan telaire dipetakan melalui tabel dan grafik. Melalui tabel dan grafik akan mendapatkan tampilan perilaku kadar CO₂ dan temperatur ruang dari penelitian ini.

Untuk pengukuran kapasitas termal permukaan daun elemen taman vertikal dan tanaman menggunakan kamera inframerah suhu. Pengukuran dilakukan setiap 2 jam secara manual selama 72 hari pada ruang dalam dan taman vertikal. Data yang dipakai adalah hasil pengukuran pada jam-jam tertentu yaitu pada pukul 08.00 hingga 18.00.

Nantinya data hasil kamera inframerah suhu disandingkan dengan data eksisting. Contoh penataan terlihat pada gambar dibawah ini. Dari gambar dipilih area sesuai kebutuhan selanjutnya area tersebut dibagi dua bagian. Bagian dengan komposisi tanaman dan bagian tanpa tanaman. Sehingga terlihat perbedaan pengaruh termal untuk permukaan daun.

Untuk pengukuran oksigen dilakukan secara manual setiap satu jam. Data yang dipakai adalah hasil pengukuran pada jam-jam tertentu yaitu pukul 07.00 samapai dengan 17.00. Pengukuran kadar O₂ ini pada penataan taman vertikal sendiri bersifat analisis terhadap hasil pengukuran CO₂. Analisis yang ingin diketahui adalah apakah penyerapan CO₂ pada penataan taman

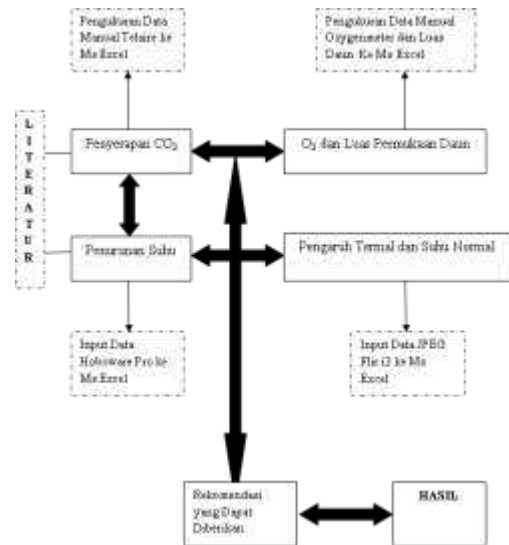
vertikal berbanding lurus dengan naiknya kadar O₂.

Terdapat dua hasil dari data yang didapat melalui penelitian ini yaitu kadar CO₂ dan penurunan suhu. Untuk data penyerapan CO₂ melalui penataan taman vertikal metode analisisnya adalah dengan membandingkan data kenaikan kadar O₂ dan luas permukaan daun.



Gambar 2.4 Skema hubungan metode pengukuran

Nantinya proses analisis data ini akan menghasilkan beberapa temuan dan rekomendasi desain terhadap penataan taman vertikal. Proses analisis ditunjukkan pada bagan dibawah ini.



Gambar 2.5 Skema analisa data

Sementara untuk data penurunan suhu, terdiri dari beberapa analisis yaitu pengaruh kapasitas termal permukaan daun tanaman dan taman vertikal dan nilai penurunan suhu terhadap suhu normal. Langkah terakhir adalah pengukuran luas permukaan daun 4 jenis tanaman tersebut (indeks luas daun) yang diukur terhadap luasan per satu daun dan luas daun per satu tanaman terhadap analisa hasil pengukuran sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pendinginan alami dan kesehatan ruang melalui sistem taman vertikal yang dilakukan berdasarkan penataan tanaman sayur dan toga. Selanjutnya dengan melakukan pengukuran suhu dan karbon dioksida melalui analisis kinerja termal, kadar oksigen dan indeks luas daun., pengukuran dilakukan di dalam dan luar bangunan. Penelitian menerapkan 2 variasi yaitu jarak sistem taman vertikal dan penataan taman vertikal (tingkat peletakan tanaman).

Variasi jarak dalam penelitian ini yaitu jarak tata taman vertikal terhadap ruang yang diukur, variasi jarak tata taman vertikal terhadap bangunan yaitu jarak 1 meter dan jarak 2 meter. Sedangkan untuk variasi penataan

tanaman pada sistem taman vertikal dilakukan pada penataan 2 tingkat, 4 tingkat dan 6 tingkat. dari variasi ini dilakukan pada dua lokasi yaitu di dalam dan luar bangunan griya saxophone nomor 42.

Hasil yang didapat nantinya dianalisis melalui analisis kinerja termal, kadar oksigen lingkungan bangunan dan indeks luas daun setiap jenis tanaman pada sistem tata taman vertikal. Selanjutnya hasil analisis dipakai untuk rujukan rekomendasi desain.

Dinding utara dan dinding selatan bangunan objek penelitian menerima radiasi matahari yang relatif sedikit, tetapi dinding timur dan barat membutuhkan perlindungan terhadap radiasi matahari yang berlimpah.

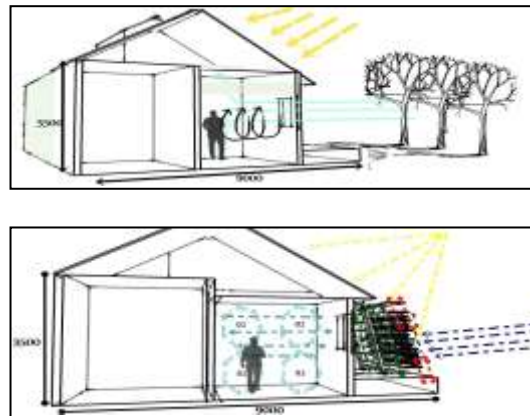
Dalam mengurangi radiasi matahari, salah satu inovasi yang ditawarkan yaitu penggunaan taman vertikal. Salah satu mekanisme utama yang dimiliki oleh taman vertikal untuk pendinginan bangunan adalah mengurangi radiasi matahari yang mencapai selubung bangunan (kemampuan untuk teduh).

Dengan demikian, memahami hubungan antara transmitansi surya (radiasi matahari) pada taman vertikal dapat menjadi kunci dalam memprediksi bahwa taman vertikal dapat memiliki efek pendinginan yang berarti pada sebuah bangunan.

Udara mengalir melalui sebuah bangunan karena kecenderungan udara untuk bermigrasi dari daerah yang bertekanan rendah - tinggi. Dimana hanya dinding tunggal berbatasan alam, maka jendela dapat membantu dalam menciptakan perbedaan tekanan yang menginduksi aliran udara ruang dalam bangunan.

Kecepatan angin sekitar bangunan harus dikurangi, perangkat pelindung yang paling efektif adalah penghalang yang didirikan tegak lurus terhadap arah angin dan angin dari atas bangunan atau

area luar bangunan yang akan dilindungi. Taman vertikal dalam hal ini sebagai perangkat pelindung terhadap laju aliran udara panas pada luar bangunan.



Gambar 3.1 Arah aliran udara dan radiasi matahari sebelum adanya taman vertikal dan sesudah Griya Saxophone No 42

Udara yang kaya oksigen untuk bernafas adalah kebutuhan lingkungan yang paling mendesak bagi kehidupan manusia. Udara terus bergerak juga persyaratan utama untuk kenyamanan termal, untuk membuang kelebihan panas tubuh.

Pergerakan udara dibatasi oleh dinding, lantai, dan langit-langit bangunan dan dapat menjadi tidak nyaman dan pergerakannya lamban. Dengan demikian bangunan memerlukan sistem taman vertikal untuk memastikan optimalisasi kecepatan pergerakan udara di dalam dan di luar bangunan untuk mencairkan dan mengganti udara yang terkontaminasi dengan udara baru dan suhu yang dapat diterima.

Pengukuran Kadar CO₂ pada Objek Penelitian (Griya Saxophone No.42)

Pengukuran dilakukan terhadap kondisi luar dan dalam bangunan dengan tata taman vertikal. Peletakan tata taman vertikal diletakan di halaman di depan ruang pengukuran. Tata taman vertikal diukur dengan tanpa adanya perlakuan.



Gambar 3.2 Foto Taman vertikal tanpa adanya perlakuan

Pengukuran kadar CO₂ tanpa adanya penataan taman vertikal menunjukkan hasil yang fluktuatif. Selisih kenaikan tertinggi dari perbandingan kadar CO₂ pada ruang dalam dan ruang luar tercatat sebesar 569 ppm (pada ruang dalam) : 424 ppm (pada ruang luar) yaitu terjadi pada waktu 07:00 WIB dengan mengalami selisih kenaikan kadar CO₂ sebesar 145 ppm. Penurunan kadar CO₂ tertinggi terjadi pada waktu 16:00 WIB dengan perbandingan kadar CO₂ 442 ppm (pada ruang dalam) : 576 ppm (pada ruang luar) dengan selisih penurunan sebesar 134 ppm.



Gambar 3.3 Rerata tiap jam pengukuran taman vertikal tanpa adanya perlakuan

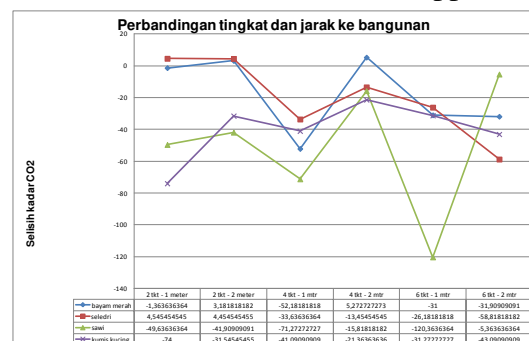
Grafik menunjukkan selisih perbandingan rerata kadar CO₂ pada tiap jam pada pengukuran tanpa adanya tata taman vertikal (3 hari pengukuran). Hasil menunjukkan selisih penurunan tertinggi kadar CO₂ terjadi pada pukul 16.00 WIB. Sementara selisih kenaikan tertinggi kadar CO₂ terjadi pada pukul 07:00 WIB.

Pengukuran menggunakan alat ukur CO₂ yaitu telaire secara manual. Pengukuran dilakukan selama 72 hari pada waktu pengukuran setiap 1 jam mulai pukul 07.00-17.00 WIB. Pengukuran terbagi dalam setiap variasi penelitian dan jenis tanaman.



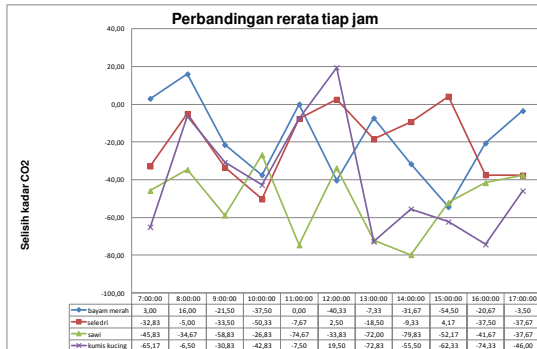
Gambar 3.4 Proses pengukuran kadar CO₂ (Menggunakan Telaide): a). Ruang dalam, b). Ruang luar

Variabel tingkat dan jarak tata taman vertikal terhadap bangunan keempat jenis tanaman menunjukkan hasil penurunan kadar CO₂. Hasil signifikan ditunjukkan jenis tanaman sawi melalui penataan variabel dengan 6 tingkat dengan jarak 1 meter terhadap bangunan. Melalui 6 tingkat dan jarak 1 meter tanaman sawi mampu mereduksi selisih kadar CO₂ sebesar 120,36 ppm.



Gambar 3.5 Perbandingan rerata keempat tanaman terhadap tingkat dan jarak pada bangunan

Sementara untuk mengetahui waktu penurunan kadar CO₂ melalui variabel-variabel penataan lanskap rerata per jam tiap jenis tanaman. Waktu-waktu dimana terjadi penurunan kadar CO₂ dapat diketahui melalui perbandingan rerata keempat jenis tanaman. Penurunan terbesar terjadi pada pukul 15:00 melalui penataan taman vertikal tanaman jenis sawi.



Gambar 3.6 Perbandingan rerata per jam keempat tanaman

Analisis kadar oksigen terhadap adanya taman vertikal

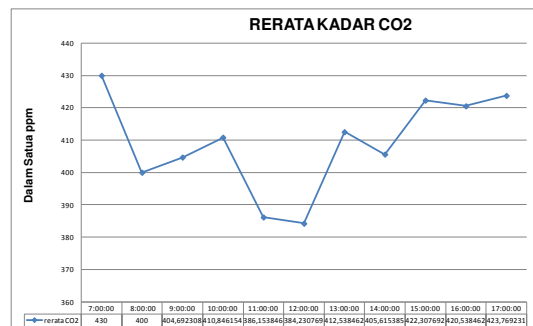
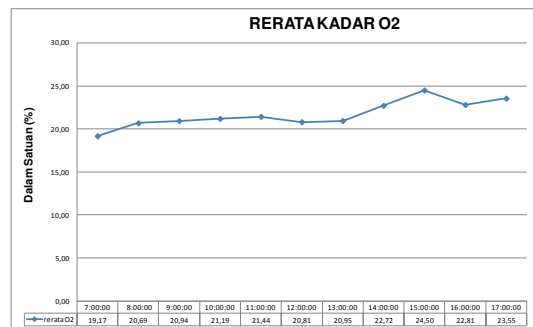
Dari data perbandingan didapatkan kesimpulan melalui penataan taman vertikal jenis tanaman sawi dengan variabel perlakuan 6 tingkat dan jarak 1 meter dapat menurunkan kadar CO₂ cukup signifikan dan terjadi pada pukul 14:00 WIB.

Pengukuran kadar O₂ yang dilakukan pada area diantara tata taman vertikal dan bangunan dimaksudkan untuk mengetahui kinerja tata taman vertikal dalam pengurangan kadar CO₂. Dari hasil pengukuran akan diketahui sistem tata lanskap dalam pengurangan kadar CO₂. Data O₂ akan dilakukan rata-rata dan dibandingkan dengan kadar CO₂ ruang luar. Selanjutnya akan diketahui kinerja penurunan CO₂ tata taman vertikal terhadap bangunan.



Gambar 3.7 Alat ukur oksigen (*oxygen meter*)

Pengukuran kadar O₂ dan CO₂ pada area antara taman vertikal dan objek bangunan dilakukan pada tanggal 23 oktober -4 november 2013.

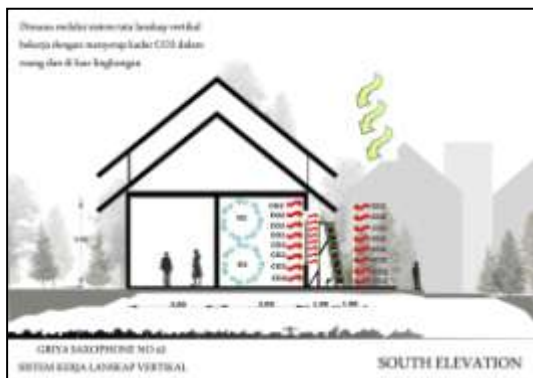


Gambar 3.8 Rerata kadar O₂ dan CO₂ pengukuran tanggal 23 Oktober -4 November 2013

Pengukuran kadar karbondioksida melalui taman vertikal pada bangunan merupakan pengukuran dengan mempertimbangkan kadar O₂ pada musim kemarau. Hal ini dikarenakan adanya kontak langsung pada lingkungan objek penelitian (bangunan rumah sederhana sehat Griya Saxophone

no.42) sehingga mempengaruhi hasil dari pengukuran kadar CO₂ udara. Dari data pengukuran kadar O₂ objek penelitian pada menunjukkan kadar O₂ terendah pada luar bangunan terjadi pada pukul 07.00 WIB dan kadar CO₂ tertinggi terjadi pada pukul 07.00 WIB. Hal ini menunjukkan kadar karbondioksida lingkungan dan bangunan berbanding dengan kadar oksigen pada lingkungan dan bangunan.

Pengukuran Suhu pada Objek Penelitian



Gambar 3.9 Proses perpindahan kadar udara pada taman vertikal terhadap bangunan

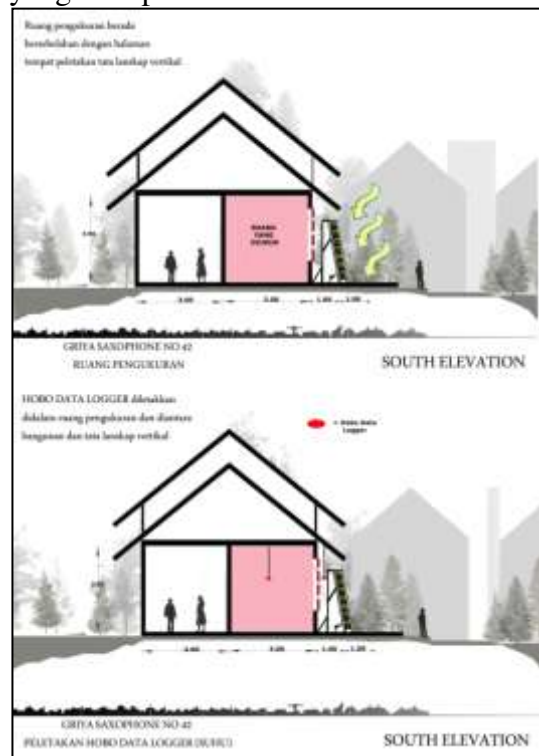
Dengan cara ini diharapkan panas diserap oleh taman vertikal sebagian besar ke lingkungan luar daripada di dalam ruangan. Efek dari taman vertikal sebagian besar untuk menyerap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi penyerap panas udara untuk naungan penghuni dan perabot dalam ruang.

Sementara itu di daerah tropis lembab dengan panas matahari yang menyengat membuat manusia mudah lelah pada musim panas sehingga produktivitas menjadi rendah. Suhu udara merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kondisi nyaman (termal) manusia.

Pengukuran suhu dilakukan dalam upaya pendinginan alami melalui penurunan suhu udara. Melalui tata taman vertikal yang ditempatkan pada objek penelitian yang diukur melalui alat

pengukur suhu yaitu Hobo Data Logger. Alat ukur diletakkan di ruang luar dan ruang dalam bangunan. Tujuannya untuk mengetahui selisih suhu dalam ruang dan suhu lingkungan.

Penempatan alat ukur pada ruang tidur pada griya saxophone no 42 didasarkan pada letak ruang yang bersebelahan dengan halaman rumah. Selain itu letak ruang yang menghadap timur yang memungkinkan mendapatkan banyak sinar matahari dan penghawaan yang cukup.

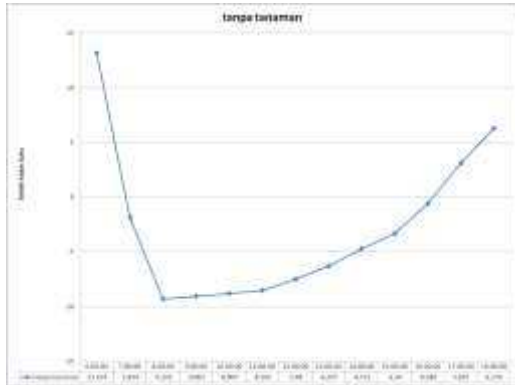


Gambar 3.10 Peletakan alat Hobo Data Logger

Pengukuran suhu eksisting tanpa penataan taman vertikal pada tanggal 12-14 Agustus 2013. Selisih kenaikan tertinggi dari perbandingan suhu pada ruang dalam dan ruang luar tercatat sebesar 22,333°C (pada ruang dalam) : 17,189°C (pada ruang luar) yaitu terjadi pada waktu 06:00 WIB dengan mengalami selisih kenaikan kadar suhu sebesar 5,144°C. Penurunan kadar suhu tertinggi terjadi pada waktu 10:00 WIB dengan perbandingan suhu 25,708°C (pada ruang dalam) : 29,552°C (pada

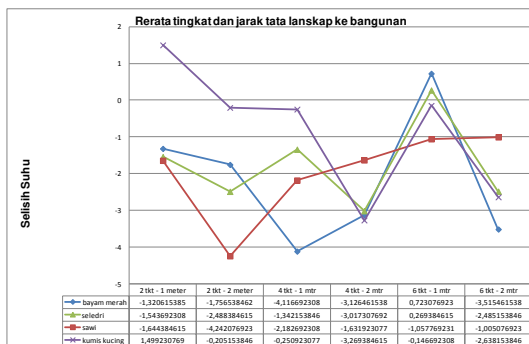
ruang luar) dengan selisih penurunan sebesar suhu 3,844°C.

Rerata per jam menunjukkan selisih perbandingan rerata suhu pada tiap jam pada pengukuran tanpa adanya tata taman vertikal (3 hari pengukuran). Hasil menunjukkan selisih penurunan tertinggi suhu terjadi pada pukul 10.00 WIB. Sementara selisih kenaikan tertinggi kadar suhu terjadi pada pukul 06:00 WIB.



Gambar 3.11 Rerata per jam pengukuran suhu eksisting

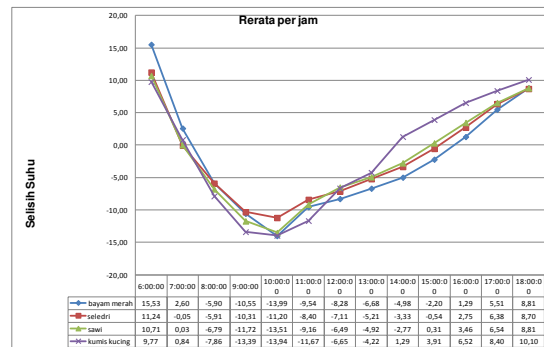
Variabel tingkat dan jarak tata taman vertikal terhadap bangunan keempat jenis tanaman menunjukkan hasil penurunan suhu. Hasil signifikan ditunjukkan jenis tanaman sawi melalui penataan variabel dengan 2 tingkat dengan jarak 2 meter terhadap bangunan. Melalui 2 tingkat dan jarak 2 meter tanaman sawi mampu mereduksi selisih suhu sebesar 4,24°C.



Gambar 3.12 Rerata suhu tata taman vertikal berdasar tingkat dan jarak terhadap bangunan empat jenis tanaman

Sementara untuk mengetahui waktu penurunan suhu melalui variabel-variabel penataan lanskap rerata per jam tiap jenis tanaman. Waktu-waktu dimana terjadi penurunan suhu pada bangunan dapat diketahui melalui perbandingan rerata keempat jenis tanaman. Penurunan terbesar terjadi pada pukul 10:00 dan kenaikan tertinggi berada pada pukul 06:00.

Dari data perbandingan didapatkan kesimpulan melalui penataan taman vertikal jenis tanaman sawi dengan variabel perlakuan 2 tingkat dan jarak 2 meter dapat menurunkan suhu cukup signifikan dan terjadi pada pukul 10:00 WIB.



Gambar 3.13 Rerata per jam suhu keempat tanaman

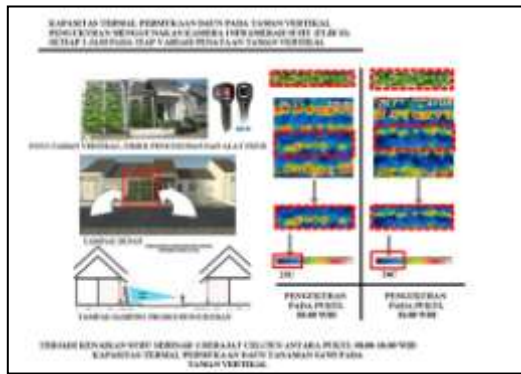
Analisis Pengukuran Kapasitas Termal Permukaan Daun pada Tata Taman Vertikal Terhadap Bangunan

Setiap bahan yang digunakan dalam konstruksi bangunan telah memiliki keunikan sifat fisik relatif terhadap aliran panas. Arsitek biasanya memiliki tugas untuk memilih dan menggabungkan bahan bangunan sedemikian rupa untuk menghasilkan sebuah bangunan yang memiliki fungsi kontrol iklim contohnya sistem pendingin. Kapasitas termal sebagai kemampuan untuk menyimpan panas adalah sifat penting untuk bahan bangunan.

Dalam hal ini taman vertikal terhadap bangunan memiliki kapasitas termal pada permukaan daun tanaman pada taman vertikal. Analisa pengukuran

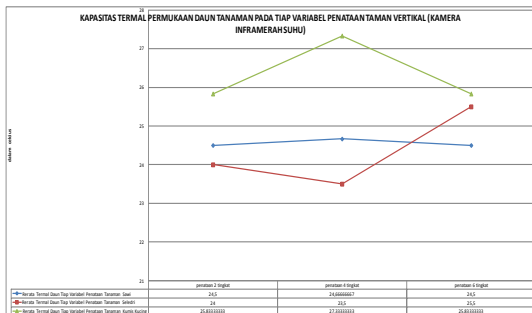
kinerja termal permukaan daun taman vertikal ditujukan untuk mengetahui suhu daun pada taman vertikal area bangunan terhadap pendinginan alami dan kontrol iklim. Pengukuran menggunakan kamera inframerah suhu (Flir). Nantinya akan diketahui suhu area yang tertutup oleh adanya tata taman vertikal.

Isolasi luar menawarkan keuntungan tambahan untuk melindungi bangunan, khususnya struktur atap, dari tekanan ekstrim termal. Permukaan Daun berfungsi sebagai isolasi panas pada bangunan melalui taman vertikal.



Gambar 3.14 Skema pengukuran kapasitas termal permukaan daun pada taman vertikal

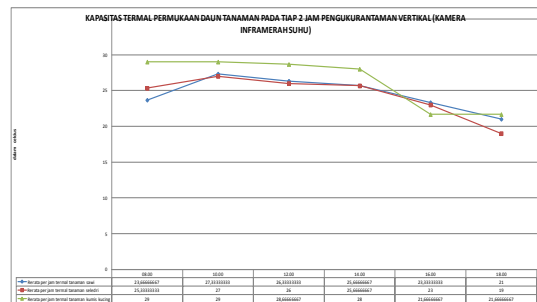
Berdasarkan hasil kajian kapasitas termal terhadap taman vertikal dengan tiga jenis tanaman didapatkan kinerja termal tiap tingkatan variabel dan foto area termal pada bangunan. Grafik pada pengukuran waktu 08.00-18.00 WIB terjadi kenaikan pada rentang waktu 10.00-14.00 WIB.



Gambar 3.15 Kapasitas termal permukaan daun tanaman pada tiap

variabel penataan pengukuran taman vertikal (kamera inframerah suhu)

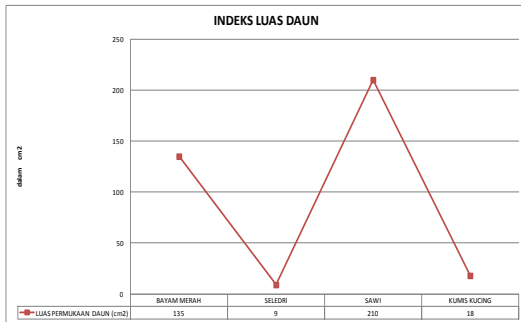
Tanaman seledri dengan penataan konfigurasi 4 tingkat memiliki nilai rerata termal paling rendah yaitu 23,5°C, dan pada pukul 18.00 WIB. Menunjukkan tanaman seledri memiliki rentan antara suhu bawah dan suhu atas yang rendah. Dengan demikian area yang tercover oleh adanya tata taman vertikal melalui tanaman seledri dengan konfigurasi penataan 4 tingkat tergolong dingin. Sementara untuk penataan taman vertikal dengan tanaman sawi dengan penataan konfigurasi 6 tingkat memiliki nilai rerata termal paling rendah yaitu 24,5°C, dan pada pukul 18.00 WIB.



Gambar 3.16 Kapasitas termal permukaan daun tanaman pada tiap 2 jam pengukuran taman vertikal (kamera inframerah suhu)

Analisis Pengukuran Indeks Luas Daun terhadap Kapasitas Termal Daun pada Taman Vertikal

Salah satu mekanisme utama yang dimiliki oleh taman vertikal untuk pendinginan bangunan adalah mengurangi radiasi matahari yang mencapai selubung bangunan (kemampuan untuk teduh). Indeks luas daun untuk mengetahui luas area yang tercover melalui adanya penataan konfigurasi taman vertikal. Selain itu untuk analisis pengurangan kadar CO₂. Area yang tercover tiap jenis tanaman pada bangunan memungkinkan untuk membantu pendinginan alami. Melalui analisis ini akan didapatkan luas daun, luas permukaan dan jumlah daun.



Gambar 3.17 Perbandingan indeks luas daun empat tanaman per daun

Luas total permukaan daun menunjukkan tanaman seledri berada pada posisi teratas. Seledri memiliki luas permukaan daun 9cm^2 , tetapi jumlah daun untuk satu tanaman berjumlah 720 buah. Hasil untuk tiap daun, tanaman sawi memiliki luas permukaan daun sebesar 210 cm^2 atau yang tertinggi untuk keempat tanaman. Dengan luas tersebut pada taman vertikal mampu menutupi dan mendinginkan area pada bangunan dengan taman vertikal.

Dari sampel data tanaman sawi dengan penataan 6 tingkat dengan luas media 43200 cm^2 taman vertikal (BAB III). Media tersebut memiliki jumlah polybag sebanyak 60 buah dengan luas permukaan daun tiap polybag sebesar 4200 cm^2 , dengan luas total permukaan daun yang mampu menutup ruang pada bangunan sebesar 252.000 cm^2 dengan nilai rata-rata kapasitas termal daun $24,5^\circ\text{C}$. Dari jumlah tersebut mampu menyerap kadar CO_2 sebesar $\pm 120\text{ ppm}$ dan menurunkan suhu sebesar $\pm 1^\circ\text{C}$ pada bangunan rumah sederhana sehat.

Konfigurasi Tata Taman Vertikal yang Efektif

Efek tidak langsung dari pemanfaatan taman vertikal pada penghematan energi bangunan dimana efek kuantitas taman vertikal yang lebih tinggi dengan kombinasinya menggunakan bahan-bahan dingin dapat menjadi solusi penghematan yang optimal bagi energi sebuah bangunan

Ketinggian dan jumlah penataan tanaman pada taman vertikal berimplikasi pada manfaat pendinginan alami pada bangunan. Berdasarkan dari hasil data yang telah dikelola, maka ditentukan bahwa konfigurasi taman vertikal paling efektif adalah konfigurasi dengan penataan 6 tingkat dan jarak 1 meter. Untuk jenis tanaman dalam penataan konfigurasi taman vertikal adalah jenis tanaman sawi. Tanaman sawi melalui penataan taman vertikal 6 tingkat dan jarak 1 meter mampu menurunkan kadar CO_2 dan suhu dengan signifikan. Kapasitas termal untuk penataan taman vertikal dengan tanaman sawi dengan penataan konfigurasi 6 tingkat memiliki nilai kapasitas termal baik dibawah tanaman seledri. Dengan demikian area yang tercover oleh adanya daun pada tata taman vertikal melalui tanaman sawi dapat mendinginkan udara lingkungan dan bangunan.



Gambar 3.18 Penataan 6 tingkat taman vertikal dengan tanaman sawi pada Griya Saxophone No.42

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai taman vertikal sebagai pendingin udara alami, Didapat hasil data penataan taman vertikal dengan konfigurasi 6 tingkat dan dengan jarak 1 meter lebih efektif mengurangi kadar CO_2 dengan jenis tanaman sawi hingga $30\text{-}80\text{ppm}$ pada pukul 14:00 WIB. Sementara Penataan taman vertikal dengan konfigurasi 2 tingkat dengan jarak 2 meter lebih efektif dalam penurunan suhu dengan jenis tanaman

sawi hingga 1-4 °C pada pukul 10:00 WIB.

Untuk jenis tanaman sawi memiliki indek luas permukaan yang besar yaitu 210 cm². Dengan luas tersebut tanaman sawi mampu menutupi area dengan baik. Hal ini juga dibuktikan dengan hasil analisis kinerja termal pada taman vertikal. Taman vertikal dengan tanaman sawi konfigurasi 6 tingkat mempunyai rerata suhu bawah dan atas yang rendah. Tanaman sawi mempunyai nilai tengah antara suhu bawah dan suhu atas yaitu 29,4 °C selama (06:00-18:00WIB). Melalui kinerja termal taman vertikal tanaman sawi mampu mendinginkan area sekitarnya.

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 pemilihan media tanam dan jenis tanaman sayur dan toga sebagai objek yang digunakan sebagai taman vertikal. Selain itu juga perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Konfigurasi tinggi tingkat taman vertikal terhadap bangunan
2. Konfigurasi jarak taman vertikal terhadap bangunan
3. Waktu penurunan paling signifikan dengan adanya taman vertikal dan
4. Jenis tanaman pada taman vertikal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2008). *Angka Dan Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)*. http://en.wikipedia.org/wiki/Air_Pollution_Index. (diakses 15 Oktober 2013).
- Anonim. 2012. *Vertikal Greening Module (VGM)*. www.trisigma.co.id. (diakses 15 Oktober 2013).
- Anonim. 2012. *Sayuran Vertikultura*. www.organik-indonesia.info. (diakses 15 Oktober 2013).
- Anonim. 2012. *Jenis Aliran Panas*. lowes.com/cd_Understand+Heat+Transfer+and+Insulation_974680410. (diakses 15 Oktober 2013).
- Allen, Edward. 2005. *How Buildings Work-The Natural Order of Architecture* 49-99. Oxford University Press.
- Arifin H.S, Munandar A, Arifin N.H.S, Pramukanto Q dan Damayanti V.D. 2008. *Sampoerna Hijau Kotaku Hijau*. Edisi Kedua, Cetakan Pertama. Maryanto C dan Kumalashinta [penyunting]. PT. Sampurna Hijau.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2011. *Malang Dalam Angka (Malang City in Figure's) 2011*. Malang: Badan Pusat Statistik Kota Malang.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2007. *Malang Dalam Angka (Malang City in Figure's) 2007*. Malang: Badan Pusat Statistik Kota Malang.
- Blanc, Patrick. 2008. *Le Mur Végétal, de la nature à la ville ("The green wall in town and country")*, éditions Michel Lafon.
- BMKG Karangploso. 2007. *Buku Informasi Perubahan Iklim dan Kualitas Udara*. www.bmkg.go.id/BMKG.../Dokumen_Buku_Informasi_Perubahan_Ikli.. (diakses 15 Oktober 2013).
- Brooks, B.L. 1988. *Site Planning: environment process, and development*. Master's Thesis, University of Wisconsin, Madison.
- Direktorat Gizi. 1981. *Kandungan Pada Tanaman Sawi*. Departemen Kesehatan RI.
- Edward Ng, Liang Chen, Yingna Wang, Chao Yuan. 2012. *A study on the*

- cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. Building and Environment* 47; 2012. 256-271
- Fransisca, Sylvia. 2009. *Respon Pertumbuhan Dan Produksi Sawi (Brassica juncea L.) Terhadap Penggunaan Pupuk Kascing Dan Pupuk Organik Cair*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Frick, H dan Suskiyanto, B, FX, (2007), "Dasar-Dasar Arsitektur Ekologis", Kanisius - ITB, Yogyakarta.
- Grey, G. W. and Deneke, F. J. 1978. *Urban Forestry*. New York: John Wiley and Sons.
- Haryanto, Eko. Suhartini, Tina. Rahayu, Estu. Sunarjono, Hendro. 2003. *Sawi Selada (Edisi Revisi)*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [HortPark] *Horticulture Park*. 2009. *Living Wall at Hort Park tahun 2009*. Singapura (SP): National Park Board.
- HortPark. 2008. *The Gardening Hub, National Parks Board Factsheet*. Retrieved 26 May 2009.
- Hutabarat, Fransiscus Hamonangan dan Muhammad Taufik. 2009. *Evaluasi Perencanaan Tata Guna Lahan Wilayah Perkotaan (Studi Kasus Kec. Lowokwaru, Kota Malang)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2002. *Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat*. www.pu.go.id/satminkal/itjen/la/ma/hukum/km403-0211.pdf. (diakses 15 Oktober 2013).
- Khedari, J. Hirunlabh, J. and Bunnag, T. 1997. *Experimental study of a Roof Solar Collector Toward the Natural Ventilation of New House. Energy and Building*. 26: 159-165.
- Kusumaningrum. 2005. Mempelajari Toksisitas Minuman Seduhan Bubuk Daun Kumis Kucing (*Orthosiphon Stamineus* Benth.) terhadap Tikus Percobaan Secara *In Vivo*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB
- Laurie, M. 1986. *Pengantar Kepada Arsitektur Pertamanan (Terjemahan)*. Bandung: Intermedia.
- Lippsmeier, Georg. 1994. *Bangunan Tropis*. Jakarta : Erlangga.
- Marsh, W. M. 2005. *Landscape Planning: Environmental Applications*. USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Nugroho, A.M, (2007) The Use of CFD Simulation as Design Tool for Development, Evaluation and Prediction of Natural Ventilation International Seminar of CFD, UGM
- Nugroho, A.M, Hamdan A, (2008) Tropical Opening Design Principles for Comfortable Indoor Environment, The 9th International Seminar on Sustainable Environmental Architecture, UiTM
- Nugroho, A.M. (2008). *The Modification of Opening Tropical Design Principle, 9th International Seminar on Sustainable Environmental Architecture*. UTM, Malaysia.
- Nugroho, A. M. (2009). *Selubung Pintar Bangunan sebagai Sistem Pendinginan dan Ventilasi Alami untuk Kenyamanan Termal Rumah Tinggal di Daerah Tropis*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Pemerintah Kota Malang. 2007. *Standar Pelayanan Publik Kecamatan Lowokwaru Kota Malang*. www.malangkota.go.id/pdf/spp/spp-kec-lowokwaru. (diakses 15 Oktober 2013).
- Pemerintah Kota Malang. 2009. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota*

- Malang 2009-2029.
www.malangkota.go.id/rtrw.php.
(diakses 15 Oktober 2013).
- Pracaya, 2009. *Bertanam Sayur Organik*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pudyastuti, P.S. 2010. *Urban Heat Island*.
<http://tutinurmuntaha.wordpress.com/2010/07/05/urban-heat-island/>. (diakses 15 Oktober 2013).
- Rahwuli, Ahdian. 2013. *Taman Vertikal Sebagai Sistem Pendingin Udara Alami Pada Pemukiman Perkotaan Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Rukmana, R. 2007. *Bertanam Petsai dan Sawi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sinambela, Tommy Steven Parulian. 2006. *Kemampuan Serapan Karbon Dioksida 5 (Lima) Jenis Tanaman Hutan Kota*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Simonds, J O. dan Barry W. Strake 2006. *Landscape Architecture fourth edition: A Manual of Site Planning and Design*. New York: Mc-Graw-Hill Companies, Inc
- Sujayanto, G. 2011. *100 Ide Aplikasi Vertical Garden Outdoor & Indoor*, editor. Jakarta: PT Samindra Utama.
- Sujayanto, G. 2011. *Tipologi Vertical Greenery*, editor. Jakarta: PT Samindra Utama.
- T.-C. Liu, G.-S. Shyu, W.-T. Fang, S.-Y. Liu, B.-Y. Cheng. 2012. *Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates*. Energy and Buildings 47; 2012. 180–188
- Wicaksono, P. Ihsan, M. Nasasari, I. Aulia Fajrin, N. dan EkoSuryanto. 2012. *Perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara Kota-Kota Besar di Indonesia*. Bogor: Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
- Widarto, L. 1997. *Vertikultur Bercocok Tanam secara Bertingkat*. Penebar Swadaya.
- Wijaya A. 2006. Evaluasi Keragaan Fenotipe Tanaman Seledri Daun (*Apium Graveolens L. Subsp. Secalinum Alef.*) Kultivar Amigo Hasil Radiasi dengan Sinar Gamma Cobalt-60 (Co60). Fakultas Teknologi Pertanian IPB
- Yoshimi, Juri and Altan, Hasim. 2011. *Thermal Simulations on The Effects of Vegetated Walls on Indoors Building Environments*. 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. Sydney. 14-16 November.
- Zoer'aini Djamal Irwan, 2008. *Eksplorasi Pemanfaatan Pekarangan SecaraKonseptual*. <http://www.kabarindonesia.com/beritaprint.php?id=20081124075715>. (diakses 15 Oktober 2013).