

**KENYAMANAN TERMAL BANGUNAN DENGAN  
VERTICAL GARDEN BERDASARKAN STANDAR  
KENYAMANAN MOM & WIESEBORN  
Studi Kasus : Gedung Pertamina Jalan Pemuda Semarang**

Ratih Widiastuti<sup>1</sup>, Eddy Prianto<sup>2</sup>, Wahyu Setia Budi<sup>3</sup>

- 1) Mahasiswa S2 Magister Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang. Telp. 081326176853; E-mail. shine\_frontier@yahoo.com
- 2) Staf Pengajar Jurusan Arsitektur Universitas Diponegoro, Semarang.  
Ketua Laboratorium Teknologi Bangunan, Cluster Eco-Topical Home, FT. Undip
- 3) Guru Besar Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Sains, Universitas Diponegoro, Semarang

**Abstract**

*In many countries, greenery aspect in urban area becomes an important consideration. Because of the unstoppable force of urbanization, quantities of natural vegetation decrease. Applying vegetation on the building office may gives us a lot of benefit. It is not only for building aesthetic but also to provide interior thermal comfort for the building occupants. One of the newest technology in the greenery aspect is vertical garden. This research is a study about the influence of vertical garden toward thermal condition of a building. It includes surface temperture profile and interior thermal comfort. The case study is Pertamina office building in Semarang. Based on the research, the interior surface temperature of vertical garden is 2.1 °C lower than the other one without vertical garden. The peak interior surface temperature of vertical garden occured around 1 hour slower than the peak interior surface without vertical garden. Toward interior thermal comfort, vertical garden gives two effects. They are reducing air temperature and increasing air humidy. According to Mom & Weiseborn thermal comfort standar, the chamber with vertical garden can provide interior thermal comfort in the optimum comfort's level for 5 hours (23.1 °C-25.2 °C). Whereas the chamber without vertical garden just in the warm comfort's level for 4 hours (26.0 °C-26.9 °C). Eventhough the chamber with vertical garden can provide thermal comfort, but it still has discomfort zone because of the increase of air humidity, especially in the evening. These result then gives us new information that vertical garden maybe more suitable for office building than dwelling place.*

**Key words : mom & wieseborn thermal comfort standart, thermal comfort, vertical garden**

**Abstrak**

*Di banyak negara, aspek penghijauan di wilayah perkotaan sangat mendapatkan perhatian. Maraknya urbanisasi menjadikan menurunnya jumlah lahan terbuka hijau. Penggunaan aspek penghijauan pada bangunan tidak hanya akan memberikan nilai estetika pada bangunan tersebut, akan tetapi juga dapat menciptakan kenyamanan termal bagi pengguna bangunan tersebut. Salah satu teknologi terbaru dalam hal aspek penghijauan adalah vertical garden. Penelitian ini adalah sebuah studi mengenai pengaruh vertical garden terhadap kondisi termal bangunan yang termasuk di dalamnya profil suhu permukaan dinding dan kenyamanan termal ruang. Penelitian dilakukan di Gedung Pertamina Kota Semarang. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan dinding interior dengan vertical garden lebih rendah 2.1 °C bila dibandingkan dengan suhu permukaan dinding tanpa vertical*

garden. Selain itu juga terjadi keterlambatan selama 1 jam terhadap terjadinya suhu maksimum pada dinding dengan vertical garden. Terhadap aspek kenyamanan termal ruang, vertical garden akan berpengaruh pada penurunan suhu udara dan menyebabkan naiknya kelembaban udara. Berdasarkan pada standart kenyamanan Mom & Wieseborn, ruangan dengan vertical garden mampu menciptakan kenyamanan termal pada skala nyaman optimal selama 5 jam ( $23.1^{\circ}\text{C}$ - $25.2^{\circ}\text{C}$ ). Sedangkan ruangan tanpa vertical garden hanya mampu berada pada kondisi hangat nyaman selama 4 jam ( $26.0^{\circ}\text{C}$ - $26.9^{\circ}\text{C}$ ). Meskipun ruangan dengan vertical garden dapat menciptakan kenyamanan termal di dalamnya, akan tetapi karena naiknya kelembaban udara menyebabkan ruangan tersebut juga berada pada kondisi tidak nyaman, terutama ketika sore hari. Hal ini kemudian menjadi sebuah informasi baru bahwa vertical garden mungkin lebih sesuai untuk bangunan perkantoran dari pada untuk bangunan hunian.

**Kata kunci : standar kenyamanan Mom & Wieseborn, kenyamanan termal ruang, vertical garden**

## **Pendahuluan**

Saat ini aspek penghijauan pada bangunan tidak hanya sekedar untuk memenuhi fungsi estetika saja, akan tetapi juga fungsi sebagai elemen yang dapat membantu di dalam pengkondisian udara.

Salah satu aspek penghijauan yang saat ini sedang marak dikembangkan adalah vertical garden yang merupakan aspek penghijauan pada fasad bangunan.

Akhir-akhir ini vertical garden tidak hanya berkembang di negara-negara Eropa, namun juga di negara-negara Asia, tidak terkecuali di Indonesia. Salah satunya adalah aplikasi vertical garden yang terdapat di Gedung Pertamina Kota Semarang. Aplikasi vertical garden ini adalah yang pertama di Kota Semarang dan menjadikannya sangat menarik karena vertical garden ini di aplikasikan pada bangunan perkantoran pemerintah bukan pada commercial building seperti mall atau hotel.

Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa selubung tanaman akan memberikan pola yang berbeda terhadap kenaikan dan penurunan suhu pada permukaan dinding, sehingga akan berdampak terhadap kenyamanan penghuni, bahkan setelah sore hari (Cheng et al., 2010).

Kemudian dijelaskan pula oleh Prianto (2013), bahwa ketinggian dari vertical garden berpengaruh terhadap efektivitas penurunan suhu pada bangunan.

Oleh karenanya, menindak lanjuti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Widiastuti et al. (2014), dengan judul *Evaluasi Termal Dinding Bangunan dengan Vertical Garden*, maka disusunlah penelitian ini dengan tema kenyamanan termal bangunan yang dihasilkan dari aplikasi vertical garden. Obyek yang digunakan pada penelitian ini adalah Gedung Pertamina Kota Semarang.

Fokus dari penelitian ini adalah kajian kenyamanan termal dari ruangan yang dindingnya terdapat vertical garden. Ulasan sebelumnya yang terdapat pada penelitian Widiastuti et al. (2014), juga akan tetap dibahas dengan lebih mendetail.

## **Tinjauan Umum Vertical Garden**

Menurut Yeh (2010), vertical garden adalah suatu sistem yang menempelkan (melekatkan) tanaman pada dinding dan stuktur bangunan atau bisa sebagai penghijauan pada fasad bangunan dimana dinding secara parsial atau keseluruhan tertutup oleh vegetasi dan memiliki tampilan yang terlihat hijau.

Kelebihan teknik tanam *vertical garden* bila dibandingkan dengan sistem konvensional adalah proporsi ruang tanam yang lebih luas karena bidang vertikal pada bangunan umumnya tanpa penghalang. Kemudian dengan *vertical garden* juga memungkinkan jumlah tanaman yang dapat ditanam lebih banyak dengan variasi yang bermacam-macam.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, manfaat yang dapat diperoleh dengan mengaplikasikan *vertical garden* pada bangunan adalah sebagai berikut:

- Meningkatkan kualitas udara (Pope et al., 2009)
- Solusi untuk *urban heat island* (Wong et al., 2010; McPherson, 1994)
- Fungsi akustik atau sebagai peredam suara (Wong et al., 2010; Cook et al., 1974)
- Menciptakan iklim mikro yang bagus (Mir, 2011);
- Alternatif penghijauan sekaligus menyediakan tempat hidup bagi hewan-hewan kecil seperti kupu-kupu, serangga dan burung (fungsi ekologis) (Mir, 2011; Ottel , 2011)
- Sebagai insulasi bangunan (Stec et al., 2005; Mir, 2011)
- Penghematan energi (Peck et al., 1999; Bass dan Baskaran, 2003).

### Pengaruh *Vertical Garden* terhadap Profil Termal Bangunan

Di dalam penelitian yang dilakukan oleh Stec et al. (2005), menyebutkan bahwa tanaman yang menutup permukaan fasad bangunan dapat memberikan kontribusi terhadap kenyamanan ruang *indoor* dan penghematan energi.

Tanaman, khususnya yang menggunakan sistem *vertical garden* mampu melindungi selubung bangunan dari radiasi matahari dan cuaca dingin yang mana hal tersebut sangat bermanfaat terhadap sifat termal baik

*indoor* maupun *outdoor* bangunan (Mir, 2011).



**Gambar 1**  
**Contoh Aplikasi Vertical Garden yang Terdapat Di Seluruh Dunia**  
(*Cosiderations for Advanced Green Facade Design*, 2013; Mir, 2011)

Adanya *vertical garden* juga akan memperbaiki kapasitas dari insulasi termal melalui pengaturan suhu ruang luar (Stec et al., 2005). *Vertical garden* sebagai bagian dari selubung bangunan dapat menurunkan suhu baik itu pada permukaan dinding maupun suhu ruang. Penurunan suhu ini dipengaruhi oleh konduktifitas panas *vertical garden*. Dinding yang terlindungi oleh pepohonan atau kombinasi pepohonan dan semak-semak dapat menurunkan suhu permukaan sebesar (13.5°C-15.5°C), sementara tanaman rambat

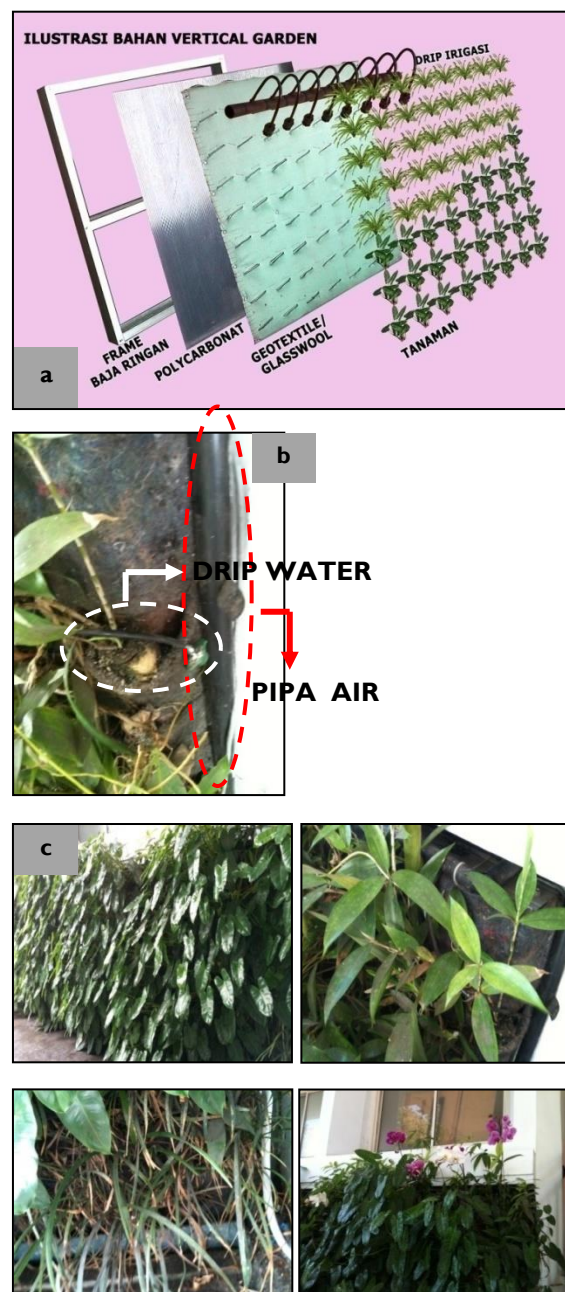
dapat menurunkan suhu permukaan sebesar (10°C-12°C) (Givoni, 1994).

Pendinginan dengan memanfaatkan *vertical garden* pada selubung bangunan dapat mengurangi biaya operasional untuk aspek pendinginan ruangan. Di dalam penelitian Bass B. Dan Baskaran B. (2003), yang berjudul *Evaluating Rooftop And Vertical Gardens As An Adaptation Strategy For Urban Areas* menyebutkan bahwa pengaruh pembayangan dari sistem penghijauan secara *vertical* dapat menurunkan penggunaan energi pendinginan sampai 23%, energi untuk operasional kipas angin 20% dan penurunan konsumsi energi tahunan sebesar 8%.

### **Profil Vertical Garden di Gedung Pertamina Semarang**

*Vertical garden* di Gedung Pertamina merupakan aplikasi *vertical garden* yang pertama kali di perkenalkan di Kota Semarang. Tujuannya adalah untuk mensukseskan gerakan penghijauan kota sekaligus mengenalkan teknik penghijauan yang relatif baru di kalangan masyarakat awam.

Telah dijelaskan sebelumnya oleh Widiastuti et al. (2014), bahwa teknik *vertical garden* yang digunakan di Gedung Pertamina Semarang adalah teknik *Living Wall System* dengan menggunakan modul *geotextile/glasswool*. Tanaman cukup diletakkan di dalam kantung-kantung *geotextile/glasswool*, kemudian ditambahkan dengan media tanam seperti gel atau semacam material hidroponik dan selang-selang irigasi yang dimasukkan ke dalam setiap kantung-kantung *geotextile/glasswool*.



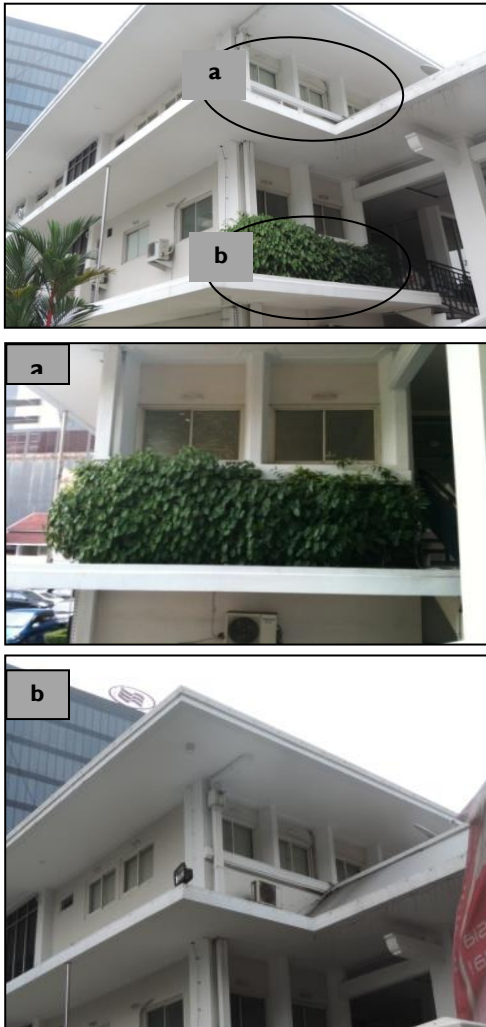
**Gambar 2**  
**a). Ilustrasi Vertical Garden Dengan Modul Geotextile/Glasswool; b). Sistem Drip Water pada Vertical Garden di Gedung Pertamina; c). Jenis Tanaman Yang Ditanam Untuk Aplikasi Vertical Garden di Gedung Pertamina (Widiastuti et al., 2014)**

### **Metode Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian *in situ* dengan membandingkan dua obyek ruangan



yaitu ruangan ber-*vertical garden* (R1) dan ruangan *non vertical garden* (R2) di Gedung Pertamina Semarang.

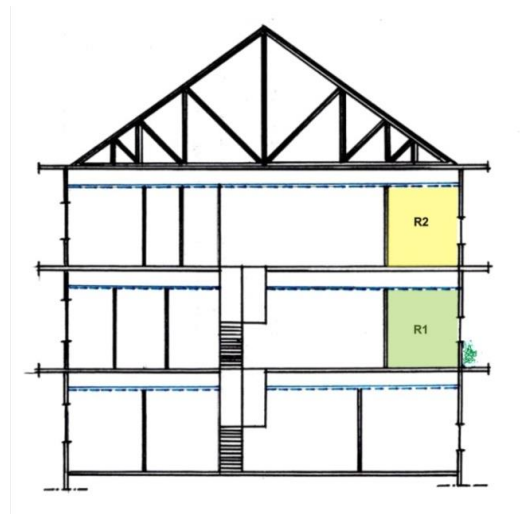


**Gambar 3**

a). Ruangan Ber-*vertical Garden* (R1);  
b). Ruangan Non *Vertical Garden* (R2)

Waktu pengambilan data dilakukan pada bulan Oktober 2013, selama 13 jam yaitu dari pukul 06.00-18.00 WIB. Interval pengambilan data adalah setiap 1 jam sekali. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat *surface thermo meter* atau *infra red thermo meter* untuk data suhu permukaan dinding interior, *digital thermo-hygro meter* untuk pengukuran suhu dan kelembaban udara interior, *lux meter* untuk data intensitas cahaya

matahari dan 4 *In I environment tester* LM-8000 untuk mengetahui pergerakan udara (kecepatan angin).



**Gambar 4**

Illustrasi Potongan Ruangan Ber-*vertical Garden* (R1) dan Ruangan Non *Vertical Garden* (R2)



**Gambar 5**

a). *Infra Red Thermo Meter*; b). *Digital Thermo-Hygro Meter*; c). *Lux Meter*; d). *4 In I Environment Tester LM-8000*

### **Analisa Data**

Analisa data dibagi menjadi dua kajian utama yaitu:

- Analisa terhadap suhu permukaan dinding ber-*vertical garden* (R1) dan dinding *non vertical garden* (R2)
- Analisa terhadap kenyamanan termal ruang yang meliputi analisa terhadap suhu udara, kelembaban udara dan kenyamanan termal dari ruangan ber-*vertical garden* (R1) dan *non-vertical garden* (R2).

### **Analisa Suhu Permukaan Dinding R1 dan R2**

Hasil pengukuran pada dinding ber-*vertical garden* di Gedung Pertamina menunjukkan bahwa dinding dengan *vertical garden* memiliki profil suhu yang lebih rendah bila dibandingkan dengan profil suhu pada dinding *non vertical garden* (Widiastuti et al., 2014).

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada saat awal pengukuran, profil suhu permukaan dinding interior dinding *non vertical garden* (R2) lebih rendah dari pada dinding ber-*vertical garden* (R1). Menjelang siang hari kedua profil suhu sama-sama mengalami kenaikan dimana suhu permukaan dinding interior fasad ber-*vertical garden* (R1) yang semula lebih tinggi kemudian menjadi lebih rendah dari pada fasad *non vertical garden* (R2). Semakin lama selisih antara profil suhu dinding ber-*vertical garden* (R1) dan *non vertical garden* (R2) juga semakin besar.

Proses naiknya suhu pada dinding interior fasad *non vertical garden* (R2) terus berlanjut sampai dengan pukul 14.00 WIB yang merupakan posisi puncak (34.8°C). Sedangkan kenaikan pada suhu dinding ber-*vertical garden* (R1) mencapai puncak pada pukul 15.00 WIB (32.15°C). Setelah berada pada posisi puncak, kedua profil suhu sama-sama mengalami penurunan.

Terkait dengan waktu terjadinya suhu maksimum, berarti terdapat selisih selama 1 jam antara fasad ber-*vertical garden* dan *non vertical garden*. Dimana suhu maksimum pada fasad *non vertical garden* terjadi lebih cepat yang artinya lapisan *vertical garden* selain dapat menurunkan suhu pada permukaan dinding juga dapat memperlambat terjadinya suhu maksimum pada permukaan dinding tersebut.

### **Analisa Suhu Udara R1 dan R2**

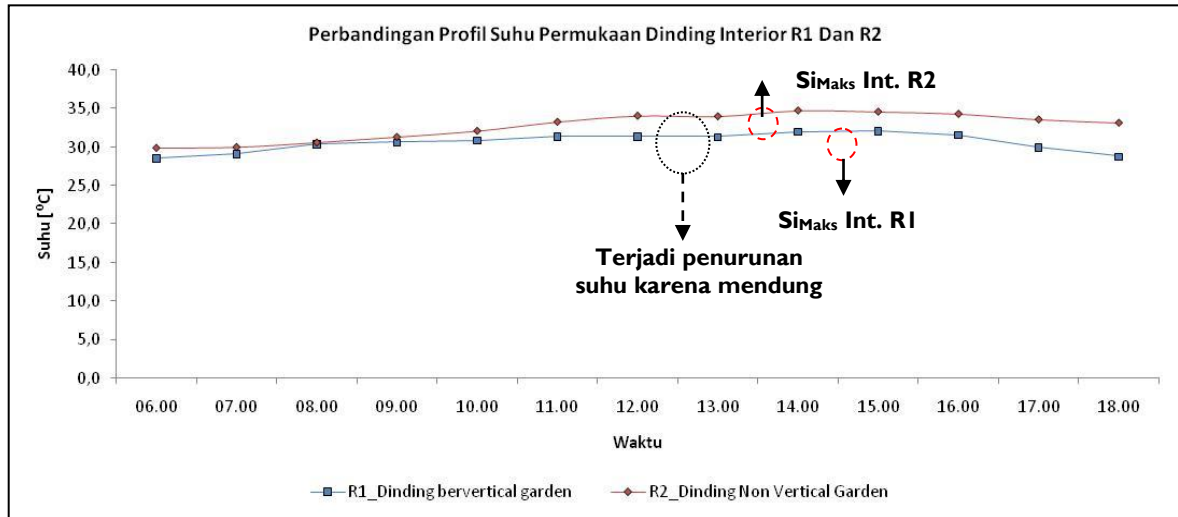
Menurut Lippsmeier (1994), dinding sebagai selubung bangunan akan mempengaruhi kondisi termal ruangan di dalamnya. Pengaruh pembayangan dan evaporasi dari tanaman menyebabkan penurunan pada suhu permukaan dinding di Gedung Pertamina yang kemudian juga berdampak terhadap profil suhu udara di dalamnya.

Secara keseluruhan, profil suhu udara ruangan ber-*vertical garden* (R1) lebih rendah 2.1°C dari pada ruangan *non vertical garden* (R2).

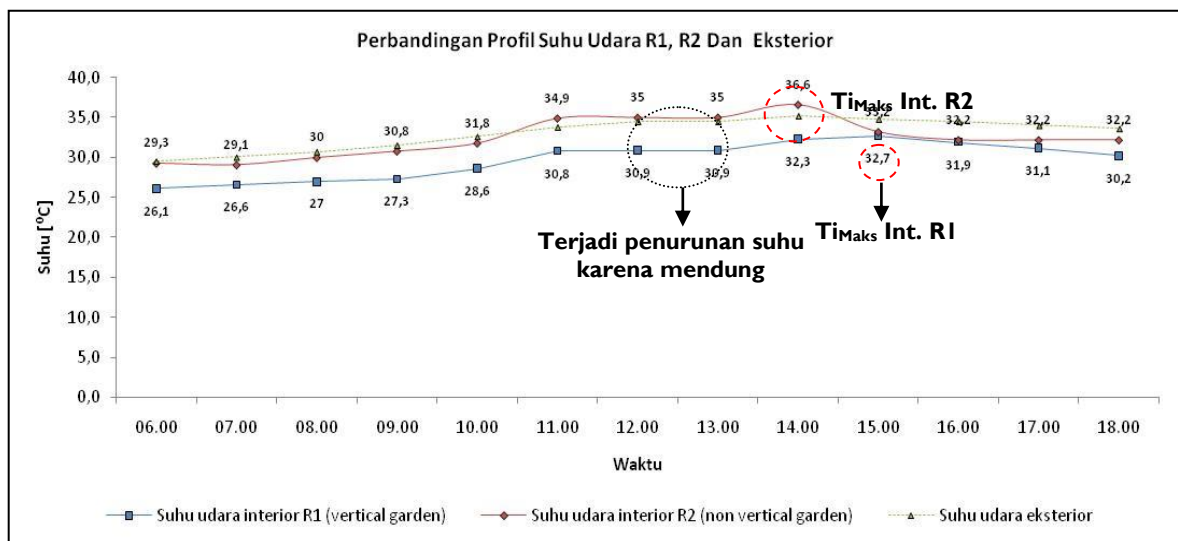
Dari Gambar 7 terlihat bahwa semakin siang selisih suhu udara antara ruangan ber-*vertical garden* (R1) dan *non vertical garden* (R2) semakin besar. Namun menjelang sore hari, selisih suhu udaranya semakin kecil. Hal ini seiring dengan turunnya profil suhu udara setelah mencapai puncaknya yaitu pukul 14.00 WIB (36.6°C) pada ruangan *non vertical garden* (R2) dan 15.00 WIB (32.7°C) pada ruangan ber-*vertical garden* (R1). Sehingga dari posisi terjadinya suhu udara maksimum yaitu pukul 15.00 WIB pada ruangan ber-*vertical garden* dan pukul 14.00 WIB pada ruangan *non vertical garden* maka terdapat selisih selama 1 jam.

Dengan demikian, keberadaan *vertical garden* akan menurunkan profil suhu udara ruangan serta memperlambat terjadinya suhu

maksimum sama seperti pada suhu permukaan dindingnya.



**Gambar 6**  
**Perbandingan Profil Suhu Permukaan Dinding Interior R1 dan R2**



**Gambar 7**  
**Perbandingan Profil Suhu Udara Dinding Interior R1 dan R2**

### Analisa Kelembaban Udara R1 dan R2

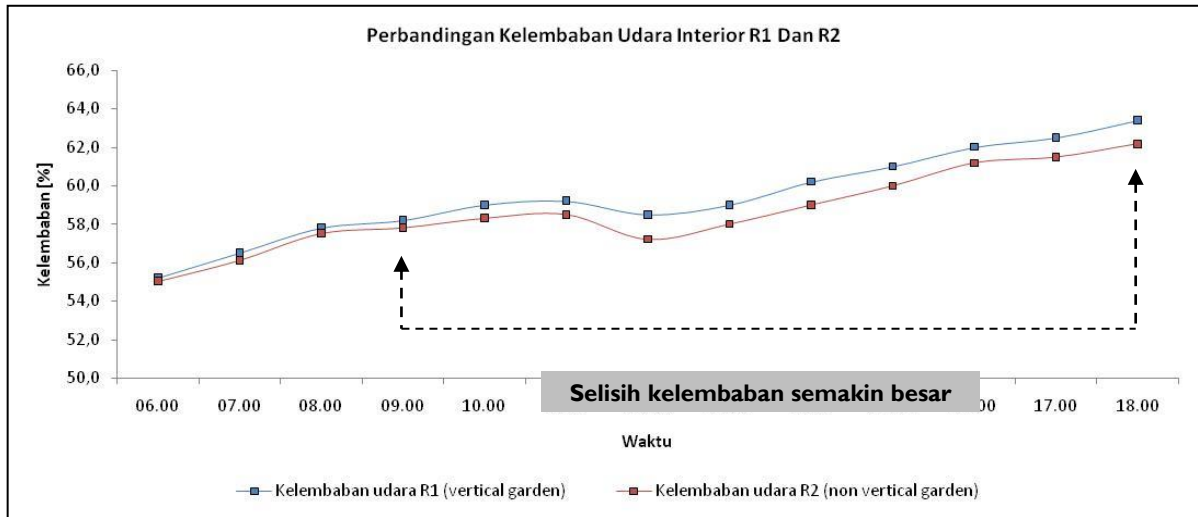
Berdasarkan Gambar 8, pada saat awal pengukuran, posisi kelembaban udara antara ruangan ber-*vertical garden* (R1) dan *non vertical garden* (R2) berada pada posisi yang hampir sama. Namun semakin siang selisih kelembaban udaranya semakin besar.

Pada ruangan ber-*vertical garden* (R1) kenaikan kelembaban udara lebih

besar bila dibandingkan dengan ruangan *non vertical garden* (R2). Rata-rata kelembaban udara R1 adalah 59.42% dan R2 adalah 58.64%. Sedangkan rata-rata selisih kelembaban udara R1 dan R2 adalah 0.78% dimana kelembaban udara R1 lebih tinggi dari pada R2 (rentang selisih 0.2%-1.3%). Kondisi ini berbanding terbalik dengan profil suhu udara dimana suhu udara R1 justru lebih rendah dari pada R2.

Dengan demikian, terhadap profil kelembaban udaranya, adanya *vertical garden* pada dinding bangunan justru

menyebabkan kelembaban udara di dalam ruangan naik sehingga ruangan akan cenderung lebih lembab.



**Gambar 8**  
**Perbandingan Kelembaban Udara R1 dan R2**

#### **Analisa Kenyamanan Termal R1 dan R2**

Kenyamanan termal dihasilkan dari perhitungan Temperatur Efektif (TE) yang menggunakan diagram psikometrik (Lippsmeier, 1994). Sedangkan untuk standar kenyamanan digunakan standart Mom & Wiesebron dengan pertimbangan standar kenyamanan termal Mom & Wiesebron memiliki batas-batas yang tidak jauh berbeda dengan rata-rata suhu udara luar. Batas kenyamanan Mom & Wiesebron masih relevan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Karsono pada tahun 1993 di Jakarta yang melibatkan 596 responden karyawan yang bekerja di dalam ruangan yang menghasilkan suhu nyaman responden  $26.4^{\circ}\text{C}$  (Karsono, 2007).

Berdasarkan standar Mom & Wiesebron, kondisi yang umumnya disukai oleh penghuni bangunan adalah nyaman optimal.

Berdasarkan perhitungan Temperatur Efektif (TE) dan dengan menggunakan parameter Mom &

Wiesebron, maka terdapat tiga kajian pada analisa kenyamanan termal sesuai dengan Gambar 9, yaitu:

- Kenyamanan termal R1, pada pukul 06.00 WIB-10.00 WIB, TE ruang adalah  $23.1^{\circ}\text{C}$ - $25.2^{\circ}\text{C}$  yang artinya dalam kondisi nyaman optimal. Pukul 11.00 WIB suhu efektif ruang berada pada kondisi panas. Mendekati pukul 12.00 WIB-13.00 WIB, TE ruang kembali turun dalam kondisi hangat nyaman yaitu  $26.8^{\circ}\text{C}$ - $26.9^{\circ}\text{C}$ . Penurunan TE ini berhubungan dengan penurunan pada suhu udaranya. Sedangkan mulai pukul 14.00 WIB sampai dengan akhir pengukuran kenyamanan termal ruang berada pada kondisi panas. Dengan demikian pada R1 kondisi nyaman optimal dapat berlangsung selama 5 jam.
- Kenyamanan termal R2, pada pukul 06.00-09.00 WIB, TE ruang berada pada skala  $26^{\circ}\text{C}$ - $26.9^{\circ}\text{C}$  yang artinya dalam kondisi hangat nyaman. Mendekati pukul 10.00 WIB sampai dengan akhir pengukuran

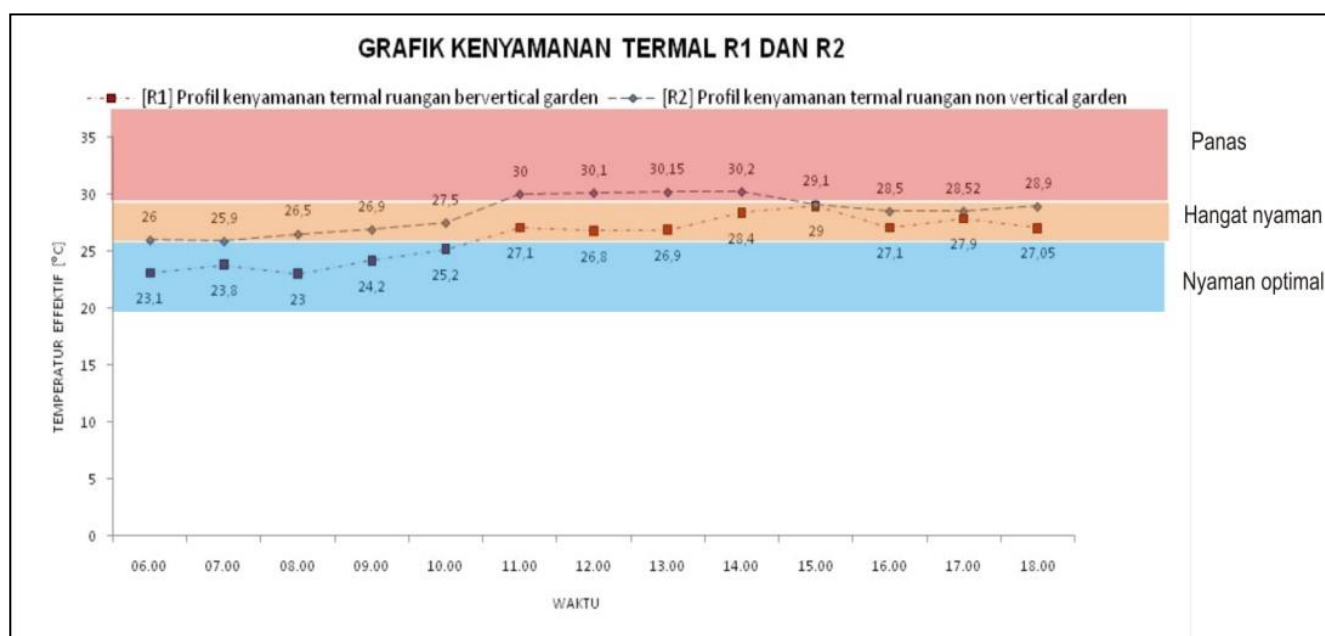


kenyamanan termal ruang berada pada kondisi panas. Bahkan pada pukul 11.00-14.00 WIB TE ruang berada pada skala ekstrem yaitu  $30^{\circ}\text{C}$ - $30.2^{\circ}\text{C}$ . Dengan demikian pada R2 tidak terdapat kondisi nyaman optimal, namun R2 memiliki kondisi hangat nyaman selama 4 jam.

- Baik TE R1 maupun R2, keduanya mengalami penurunan ketika sore hari dengan rata-rata TE R1 adalah  $26.12^{\circ}\text{C}$  dan rata-rata TE R2 adalah

$28.33^{\circ}\text{C}$ . Dengan demikian pada R2 rata-rata kondisinya adalah  $2.21^{\circ}\text{C}$  lebih panas dari pada R1.

Kondisi nyaman optimal pada R1 diperoleh karena kenaikan suhu udara yang relatif kecil dan meningkatnya angka kelembaban udara di dalam ruangan. Sedangkan pada ruangan *non vertical garden* (R2), kondisi nyaman optimal tidak dapat dicapai karena kenaikan suhu udara yang besar.



**Gambar 9**  
**Grafik Perbandingan Kenyamanan Termal R1 dan R2**

### Kesimpulan Pengaruh *Vertical Garden* terhadap Profil Suhu Permukaan Dinding

Dinding dengan *vertical garden*, profil suhu permukaannya lebih rendah bila dibandingkan dengan fasad *non vertical garden*. Terjadinya suhu maksimum pada dinding *non vertical garden* 1 jam lebih cepat. Dengan demikian adanya *vertical garden* akan menurunkan suhu permukaan dinding dan memperlambat terjadinya suhu maksimum.

### Pengaruh *Vertical Garden* Terhadap Kenyamanan Termal Ruang

Aplikasi *vertical garden* tidak hanya berpengaruh terhadap profil suhu permukaan dinding akan tetapi juga terhadap suhu udara dan kelembaban udara di dalamnya.

Suhu udara di dalam ruangan yang ber-*vertical garden* lebih rendah dari pada ruangan *non vertical garden*. Namun kelembaban udara di dalam ruangan ber-*vertical garden* justru lebih tinggi dari pada ruangan *non vertical garden*.

Dengan demikian, pada bangunan *vertical garden* memiliki dua pengaruh

yaitu menurunkan suhu dan menaikkan kelembaban udara.

Kedua akan berpengaruh terhadap kenyamanan termal di dalam ruangan. Pada ruangan yang ber-*vertical garden* akan memungkinkan terciptanya kondisi nyaman optimal terutama pada saat pagi hari. Namun ketika siang sampai dengan sore hari kondisi nyaman optimal tidak dapat dicapai karena naiknya kelembaban udara yang menjadikan TE di dalam ruangan juga ikut naik. Artinya pada saat siang-sore hari ruangan ber-*vertical garden* juga akan terasa panas, walaupun indeks TE-nya tetap lebih rendah bila dibandingkan dengan ruangan *non vertical garden*.

Oleh karena itu jika dikaitkan dengan fungsi bangunan, maka untuk aplikasi tertentu, misalnya rumah tinggal atau hunian lainnya yang memiliki kemungkinan untuk ditempati selama 24 jam, penggunaan *vertical garden* perlu dikaji ulang karena indikasi naiknya kelembaban udara ketika malam hari akan berpengaruh terhadap kenyamanan termal penghuni bangunan.

Sedangkan untuk bangunan seperti perkantoran, aplikasi *vertical garden* dimungkinkan lebih sesuai karena ketika malam hari tidak terdapat aktifitas manusia di dalamnya, sehingga naiknya kelembaban udara tidak akan berpengaruh terhadap kenyamanan termal penghuni bangunan.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Pertamina Persero Region IV Kota Semarang atas ijin yang diberikan selama proses penelitian serta kepada Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang memberikan dukungan finansial melalui beasiswa LPDP tesis pada proses penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bass B., & Baskaran B. 2003. *Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas*. Institute for Research and Construction. NRCC-46737, Project Number A020. CCAF Report B1046, National Research Council. Ottawa, Canada.
- Cosiderations for Advanced Green Facade Design*. 2013. <http://www.greencsreen.com>
- Cook, D.I., and Haverbeke D.F.V. 1974. *Trees And Shrubs For Noise Abatement*. *College of Agriculture Experiment Station Bulletin*; RB246. USA University of Nebraska.
- Cheng, C.Y., Ken K.S. Cheung, and L.M. Chu. 2010. Thermal Performance of a Vegetated Cladding System on Facade Walls. *Building and Environment*. doi:10.1016.
- Givoni, B. 1994. *Passive and Low Energy Cooling of Building*. United State of America: Van Nostrand Reinhold.
- Karsono, Tri Harso. 2007. Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap dalam Ilmu Arsitektur pada Fakultas Teknik Universitas Tarumanegara. Jakarta.
- Lippsmeier, Georg. 1994. *Bangunan Tropis*. Jakarta : Erlangga.
- McPherson E.G. 1994. "Preserving And Restoring Urban Biodiversity: Cooling Urban Heat Islands With Sustainable Landscapes". In: Platt RH, Rowntree RA, and Muick PC, (eds). *The Ecological City*, p. 151–72. Amherst, US : University of Massachusetts Press.

- Mir, M.A. 2011. Green Façades And Building Structures. *Master Thesis*. Delft University of Technology.
- Peck S.W., Callaghan C., Bass B., Kuhn M.E. 1999. *Research Report: Greenbacks From Green Roofs: Forging A New Industry In Canada*. Canadian Mortgage and Housing Corporation (CMHC). Ottawa. Canada.
- Pope, A.C., M. Ezzati, and D.W. Dockery. 2009. Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. *The New England Journal Of Medicine*. 360:376-86.
- Prianto, E. 2013. Aplikasi Green Wall Pada Gedung Pemerintah Dalam Menciptakan Kenyamanan Di Kota Semarang : Sebuah Studi Awal. *Jurnal Pembangunan Kota Semarang Berbasis Sains & Teknologi RIPTEK* Vol. 7 (1): 1-14.
- Ottelé M. 2011. *The Green Building Envelope Vertical Greening*.
- Stec W.J., Paassen A.H.C., and Maziar A. 2005. Modelling the Double Skin Facade with Plants. *Energy and Buildings*. 37:419–27.
- Widiastuti, R., E. Prianto, dan Budi W.S. 2014. Evaluasi Termal Dinding Bangunan dengan Vertical Garden. *Jurnal PPKM UNSIQ* 1, 1-12.
- Wong, N.H., A.Y.K. Tan, Tan P.Y., Chiang K., and Wong N.C. 2010. Acoustics Evaluation of Vertical Greenery Systems for Building Walls. *Building and Environment*. 45: 411-420.
- \_\_\_\_\_ and Sekar K. 2010. *Thermal Evaluation of Vertical Greenery Systems for Building Walls. Building and Environment*. 45:663-672.
- Yu-Peng Yeh. 2010. *Green Wall: The Creative Solution in Response to the Urban Heat Island Effect*. National Chung-Hsing University.