

TINJAUAN TERHADAP STRATEGI PENGHAWAAN RUANG PERKOTAAN MELALUI ATAP HIJAU

REVIEW ON THE EFFECTIVENESS OF ROOF-GARDEN AS A VENTILATED CITY STRATEGY

Mochamad Donny Koerniawan,¹ Suhendri,²

¹Kelompok Keahlian Teknologi Bangunan, SAPPK ITB, Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132

²Kelompok Keahlian Teknologi Bangunan, SAPPK ITB, Jalan Ganesha 10 Bandung

Email: mdkoerniawan@gmail.com

ABSTRAK

Kenyamanan termal di ruang luar menjadi isu yang penting saat ini akibat kenaikan yang signifikan pada suhu udara perkotaan. Kenaikan suhu ini diakibatkan oleh perubahan iklim global dan fenomena pulau panas perkotaan (Urban Heat Island) faktor pulau panas perkotaan ini dapat direduksi salah satunya dengan penghawaan pasif di ruang-ruang perkotaan. Dalam rancangan kota, penghawaan perkotaan dapat berupa pengaturan massa-massa bangunan, orientasi jalan, sampai ke detail desain bangunan yang dirancang untuk mengalirkan angin. Kota dengan penghawaan perkotaan yang baik dapat melepaskan panas yang terperangkap di antara bangunan melalui angin, juga dapat memberikan kenyamanan termal pada ruang luar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas strategi penghawaan perkotaan dengan perletakan atap hijau di bangunan tinggi. Efektivitas ini ditinjau dari hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) terhadap berbagai posisi perletakan atap hijau pada bangunan tinggi. Hasil simulasi didapat dari dua metode simulasi, yaitu CFD 3 dimensi pada skala kota dan CFD 2 dimensi pada urban canyon. Kedua simulasi tersebut menunjukkan bahwa atap hijau yang diletakkan pada posisi yang tepat di sebuah bangunan tinggi dapat memicu pergerakan angin yang potensial bagi reduksi pulau panas perkotaan sekaligus memberikan kenyamanan termal ruang luar di perkotaan.

Kata kunci: *kenyamanan termal ruang luar, pulau panas perkotaan, atap hijau, CFD*

ABSTRACT

Cities are facing temperature increase due to global warming and urban heat island. Although the global warming needs to be solved with global acts, the urban heat island presumably can be reduced by ventilated city strategies. Ventilating cities are designed to create a preferable wind flow in the city's spaces. Thus, it releases heat that is trapped in the urban canyon and reduces urban heat island. Wind generated by the strategy could also provide outdoor thermal comfort in the cities. One of the ventilated city strategies are by utilizing roof garden for high rise buildings. Therefore, this research is aimed to identify the effectivity of roof garden in delivering wind flow. Two computational fluid dynamics (CFD) simulation schemes had been analyzed, and this paper reviews the results. The schemes are 3D CFD simulation for urban area and 2D CFD simulation for urban canyon. Review of the result analysis shows that roof garden is potential to drive a sufficient wind flow as long as its position is appropriate.

Keywords : outdoor thermal comfort, urban heat island, roof garden, CFD

A. PENDAHULUAN

Kota yang layak huni adalah kota yang masyarakatnya bisa beraktivitas di ruang luar dengan aman, nyaman, dan selamat. Padatnya aktivitas pekerjaan warga kota membuat kebutuhan rekreasi menjadi lebih penting. Ruang-ruang luar seperti taman yang nyaman menjadi salah satu alternatif tempat rekreasi yang dekat, murah, dan terbuka bagi siapapun. Hanya saja, kenaikan suhu udara yang dialami kota-kota di dunia membuat warga kota enggan untuk beraktivitas di luar ruangan.

Riset-riset terdahulu mengenai kenyamanan ruang luar di Kota Jakarta menunjukkan bahwa ruang luar di Kota Jakarta berada di level “agak panas” (slightly warm). Dengan meningkatnya suhu di Jakarta tiap tahunnya, semakin lama warga kota akan semakin enggan untuk beraktivitas di ruang luar. Untuk itu, sudah saatnya perancangan ruang luar di perkotaan dan perancangan kota itu sendiri perlu mempertimbangkan aspek kenyamanan termal ini. Berbagai strategi penyesuaian kenyamanan termal secara pasif perlu diterapkan. Pada iklim tropis, penyediaan kenyamanan termal bisa dilakukan dengan pembayangan, dehumidifikasi, dan evaporasi melalui angin (Szokolay 2014).

Jika ditilik lebih lanjut, kenaikan suhu udara perkotaan disebabkan oleh fenomena pulau panas perkotaan (Urban Heat Island-UHI). Pemicu UHI ini telah diteliti oleh para ahli meteorologi dan peneliti bangunan. Di antara sebabnya antara lain polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor, material bangunan dan perkerasan, morfologi bangunan, serta urban canyon (Arnfield, Herbert, dan Johnson 1999; Santamouris dkk. 2001; Koerniawan dan Gao; Perini dan Magliocco 2014).

Bourdic (2012) dalam penelitiannya tentang penilaian kota yang berkelanjutan, mengatakan bahwa salah satu indikator terjadinya pemanasan pada kota dapat dihitung berdasarkan tiga hal, yaitu: volumetric compactness, size factor dan form factor. Faktor pembentuk kota yang terdiri dari bangunan, jalan dan jalinan antar keduanya memberikan dampak terhadap iklim mikro kota. Volumetric compactness, adalah indikator hubungan surface bangunan dan volume bangunan yang terbentuk pada area pengukuran. Sedangkan size factor dan form

factor berhubungan dengan dimensi massa bangunan pada sebuah area.

Selain tiga hal diatas, ada dua hal yang diperkenalkan dalam penelitian Bourdic (2012) untuk menghitung laju angin yang bergerak dalam sebuah kota, yaitu morfologi jalan (Index of Street form) dan indeks ketinggian (verticality index). Morfologi jalan berimplikasi pada kecepatan angin yang bergerak dan penyebarannya dalam kota. Indeks ketinggian menggambarkan tingkat ketinggian (verticality) kota, semakin besar nilai indeksnya menggambarkan kota tersebut semakin vertikal.

Di antara beberapa strategi dalam penyesuaian kenyamanan termal dan mitigasi terhadap pulau panas, ada beberapa yang potensial untuk menjadi solusi bagi keduanya sekaligus. Sebagai contoh, pemanfaatan atap hijau (roof garden) pada bangunan tinggi dapat menurunkan suhu di sekitar bangunan sekaligus juga dapat mengalirkan udara. Kedua efek positif tersebut bisa membantu mengurangi pemanasan yang terjadi ada ruang kota, yang pada akhirnya memberikan kenyamanan termal di ruang luar perkotaan.

Menurut Koerniawan dan Gao (2014), atap hijau pada bangunan tinggi akan menjadi tren ke depannya di Jakarta. Atap hijau adalah atap bangunan atau bagian atap bangunan yang dijadikan taman atau ditanami tanaman. Atap hijau dipercaya memiliki beberapa manfaat bagi bangunan dan lingkungan sekitarnya. Di antara manfaat tersebut adalah menjadi elemen estetis pada bangunan, menjadi tempat menanam tanaman produktif (urban farming), memberikan efek pendinginan bagi lingkungan sekitarnya, serta beberapa manfaat ekologis lainnya. Selain itu, atap hijau juga dianggap mampu menjadi strategi pasif bagi penghawaan bangunan dan lingkungan perkotaan (Wong dkk. 2003; Santamouris 2014).

Melihat potensi yang dimiliki oleh atap hijau untuk penghawaan perkotaan, kajian terhadap optimalisasinya penting untuk dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengidentifikasi efektivitas penggunaan atap hijau untuk penghawaan perkotaan dan kenyamanan termal ruang luar. Pembahasan dilakukan hanya pada aspek posisi perletakan

atap hijau di bangunan tinggi. Kajian dilakukan untuk berbagai proporsi perletakan atap hijau terhadap keseluruhan tinggi bangunan dan perbandingan jarak bangunan terhadap tinggi atap hijau. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi masukan bagi arsitek dan perencana dalam merancang dan membuat peraturan tata guna lahan dan bangunan.

B. METODE

Penelitian ini menggunakan tinjauan kuantitatif terhadap beberapa data hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Terdapat dua studi kasus yang sudah disimulasikan di software ANSYS Fluent. Studi kasus pertama berupa model imajiner sebuah kota dengan bangunan tinggi di pusatnya serta bangunan-bangunan yang sangat rapat dengan ketinggian yang serupa di sekitarnya (Gambar 1). Simulasi dilakukan dengan model terskala, dengan perbandingan 1 : 100. Oleh karena itu, rumus Reynolds Number diterapkan untuk mencapai aliran udara yang serupa dengan skala sesungguhnya (Petri dan Trif, 2004).

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu} \quad (1)$$

dimana:

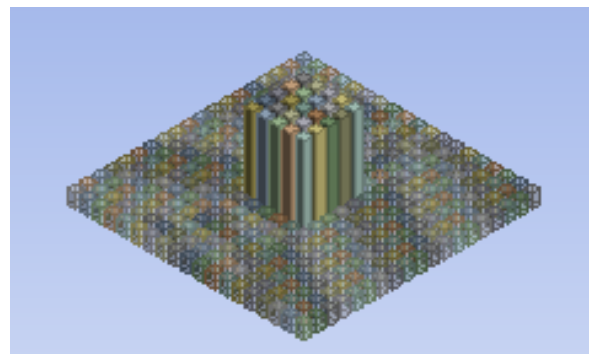
ρ : massa jenis udara (kg/m³)

u : kecepatan udara, relatif terhadap model (m/s)

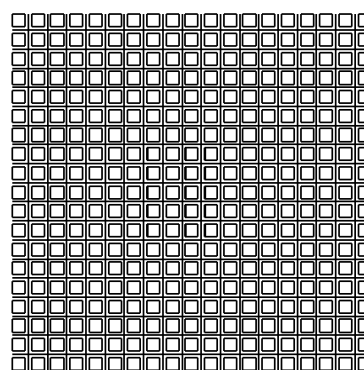
L : panjang model (m)

μ : viskositas dinamis udara (kg/m·s)

Untuk kasus pertama, arah angin diasumsikan tegak lurus terhadap salah satu sisi kota. Kecepatan angin diasumsikan sebesar 0.1 m/s di skala sesungguhnya, atau jika dihitung dengan rumus Reynolds Number 10 m/s di model. Titik pengukuran diambil di setiap ruang antar bangunan, setinggi 1.5 m dari tanah. Grid pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.

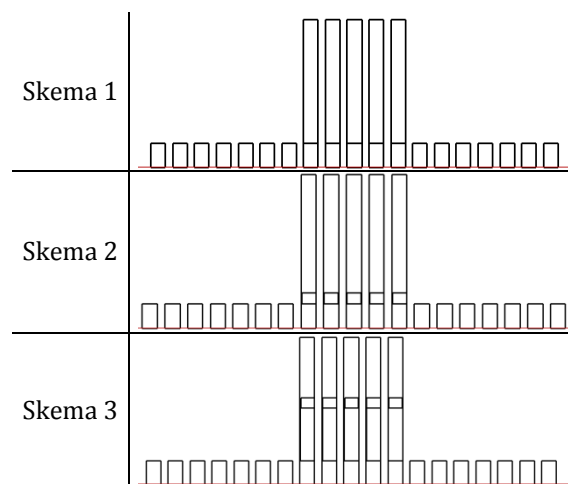


Gambar 1. Model terskala dari kota yang menjadi studi kasus



Gambar 2. Grid pengukuran

Pada kasus pertama terdapat tiga skema perletakan atap hijau seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat bahwa skema perletakan atap hijau tersebut adalah tanpa atap hijau, tepat di atas podium, dan di tengah bangunan.

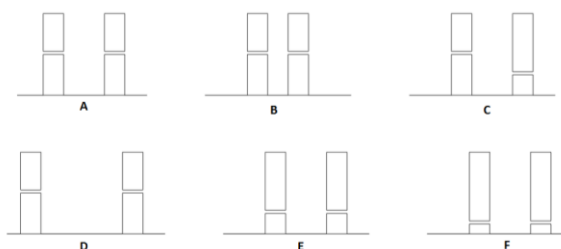


Gambar 3. Tiga skema perletakan atap hijau pada kasus pertama

Sementara itu, jika pada kasus pertama dilakukan simulasi CFD 3D, studi kasus yang kedua merupakan simulasi CFD 2D. Selain berbeda di level dimensi, perbedaan juga terdapat di skala. Model di kasus kedua ini

sesuai dengan ukuran riil, 1:1. Fokus pada kasus kedua adalah melihat efektivitas dari berbagai proporsi perletakan atap hijau terhadap kecepatan angin di urban canyon. Ada enam skema perletakan yang disimulasikan pada kasus kedua, seperti ditunjukkan oleh Gambar 4. Kecepatan angin adalah 0.1 m/s. Titik pengukuran diambil di urban canyon (ruang antara bangunan) dengan tinggi 1.5 m dari tanah.

Pembahasan terhadap kedua studi kasus di atas dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan dan menganalisis kecepatan angin di titik-titik pengukuran.



Gambar 4. Enam skema perletakan atap hijau pada kasus kedua

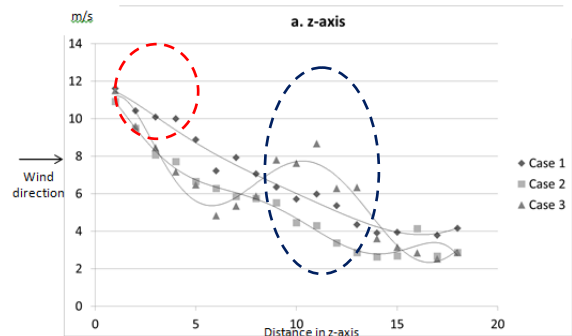
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi Kasus 1

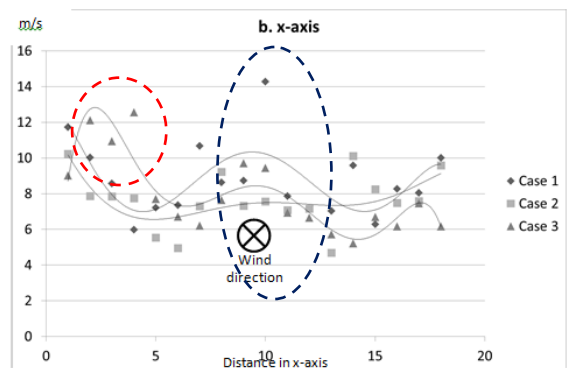
Pembahasan untuk studi kasus pertama ditinjau dari paper ilmiah mengenai pengaruh perletakan atap hijau di pusat kota pada iklim tropis (Mochamad Donny Koerniawan dan Suhendri, 2017). Artikel tersebut menunjukkan bahwa perletakan *roof garden* pada bangunan tinggi mempengaruhi angin di level pejalan kaki. Distribusi dari kecepatan angin di level pejalan kaki untuk setiap skema perletakan atap hijau dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

Terlihat bahwa dengan adanya bangunan tinggi menurunkan kecepatan angin di sekitarnya pada ketinggian pejalan kaki. Namun, skema perletakan atap hijau di tengah bangunan tinggi membuat kecepatan angin lebih tinggi di area sekitar bangunan (ditandai dengan lingkaran biru). Hal ini tampak pada grafik yang ditampilkan oleh Gambar 6 mengenai distribusi kecepatan angin pada sumbu-z (sejajar arah angin). Begitupun jika dilihat dari sisi sumbu-x tegak lurus arah datangnya angin (Gambar 7), ketiga

skema memberikan pola peningkatan kecepatan angin di sekitar bangunan tinggi. Hanya saja, skema tanpa atap hijau memberikan nilai yang paling tinggi untuk kecepatan angin. Gabungan dari kedua data tersebut mengarahkan preferensi ke skema perletakan atap hijau di tengah bangunan, karena skema ini dapat meningkatkan kecepatan angin di sekitar bangunan (pusat kota) pada level pejalan kaki.

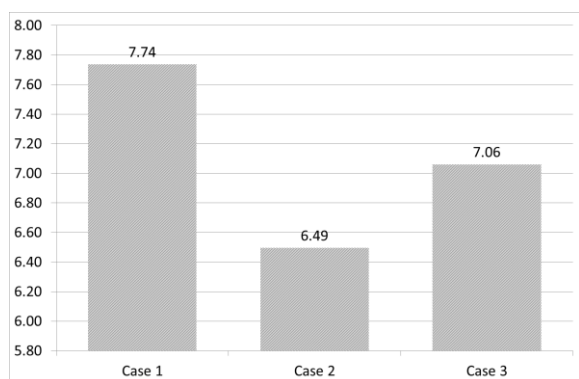


Gambar 5. Perbandingan distribusi kecepatan angin untuk tiga skema perletakan atap hijau pada studi kasus pertama (arah sumbu-z)



Gambar 6. Perbandingan distribusi kecepatan angin untuk tiga skema perletakan atap hijau pada studi kasus pertama (arah sumbu-x)

Walaupun demikian, data kecepatan angin rata-rata untuk seluruh area kota menunjukkan bahwa skema tanpa atap hijau memberikan nilai yang paling tinggi (Gambar 7). Hal ini disebabkan oleh tingginya kecepatan angin di area bagi skema tanpa atap hijau di area dekat dengan pinggir kota (ditandai dengan lingkaran merah).



Gambar 7. Perbandingan kecepatan angin rata-rata

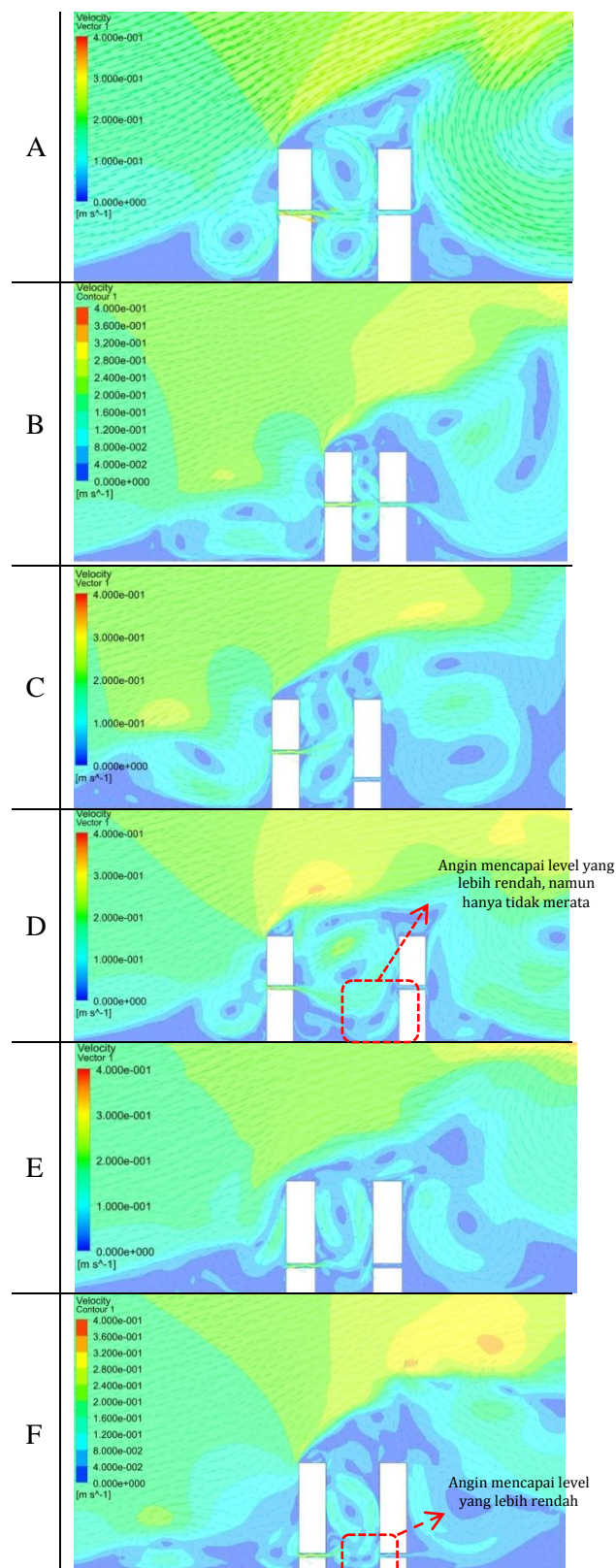
Studi Kasus 2

Analisis untuk studi kasus kedua dilakukan secara kualitatif dengan meninjau pergerakan angin dari gambar kontur dan vektor angin. Perbandingan pola pergerakan angin pada studi kasus kedua ditunjukkan oleh Gambar 8.

Pola pergerakan angin pada setiap skema perletakan atap hijau sangat serupa. Pengaruh perletakan atap hijau dapat dianalisis lebih detail pada area *urban canyon*. Aliran udara di area tersebut menunjukkan bahwa terdapat bagian dengan kecepatan angin rendah di level pejalan kaki. Kondisi kecepatan angin di area ini berubah seiring dengan perbedaan perletakan atap hijau dan jarak antar bangunan.

Dari Gambar 8, dapat terlihat bahwa semakin posisi atap hijau yang rendah lebih memungkinkan aliran udara mencapai level pejalan kaki. Jarak antar bangunan yang lebih lebar juga memungkinkan angin untuk bergerak lebih ke bawah. Tapi, pengaruh jarak antar bangunan tersebut tidak signifikan pengaruh ketinggian atap hijau. Selain itu, jika jarak antar bangunan diperlebar tanpa mengurangi ketinggian posisi atap hijau, angin yang dihasilkan di level pejalan kaki tidak merata, masih terdapat area dengan kecepatan angin yang rendah.

Lebih lanjut lagi, ada hal lain yang menarik terkait perletakan atap hijau yang tidak sejajar. Perletakan atap hijau yang tidak sejajar antara bangunan satu dengan bangunan lainnya juga mengubah pola pergerakan angin menjadi lebih rendah. Akan tetapi, yang perlu diperhatikan adalah, atap hijau yang lebih tinggi diletakkan di arah datangnya angin.



Gambar 8. Perbandingan pola pergerakan angin untuk setiap skema di Studi Kasus 2

D. KESIMPULAN

Kajian terhadap hasil simulasi dua studi kasus menunjukkan bahwa atap hijau dapat

membantu penghawaan kota. Perletakan atap hijau yang tepat dapat menciptakan pergerakan udara di ketinggian yang diinginkan untuk ruang luar. Pada studi kasus pertama, dengan simulasi model terskala dari sebuah kota, disimpulkan bahwa atap hijau yang diletakkan di tengah bangunan tinggi dapat meningkatkan kecepatan angin di level pejalan kaki di sekitarnya. Ini berarti bahwa, dengan bangunan-bangunan tinggi di pusat kota, perletakan atap hijau di tengah bangunan dapat menyediakan salah satu elemen kenyamanan termal di level pejalan kaki.

Sementara itu, pelajaran yang dapat diambil dari hasil simulasi pada studi kasus kedua adalah bahwa dalam hal urban canyon, perletakan atap hijau yang lebih rendah lebih baik bagi penyaluran angin di level pejalan kaki. Namun, variasi pada ketinggian atap hijau tetap dimungkinkan dengan mempertimbangkan arah angin.

Studi ini belum memperhitungkan unsur pendinginan oleh vegetasi yang terdapat di atap hijau. Dengan asumsi bahwa vegetasi dapat menurunkan suhu sekitar dan menggerakkan lebih banyak angin, perhitungan serupa dengan memperhitungkan efek dari vegetasi akan menunjukkan efek pendinginan yang lebih baik lagi bagi penghawaan perkotaan. Studi tersebut bisa menjadi kelanjutan dari studi ini.

E. PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian dengan topik penghawaan dan kenyamanan termal ruang luar perkotaan akan diteruskan dengan pendekatan yang lebih komprehensif. Eksplorasi kemungkinan strategi penghawaan perkotaan untuk menyediakan kenyamanan termal di ruang luar masih sangat luas. Metode numerik dengan CFD tetap digunakan dengan tambahan metode pengukuran langsung di lapangan.

DAFTAR RUJUKAN

Arnfield, A J, J M Herbert, and G T Johnson. 1999. "Urban Canyon Heat Source and Sink Strength Variations: A Simulation-Based Sensitivity Study." In *Sydney: Congress of Biometeorology and International Conference on Urban Climate, WMO*.

Koerniawan, M Donny, and Weijun Gao. 2013. "Comfortability In Urban Open Space: Thermal Comfort Measurement In 3 Biggest Recreation Park In Jakarta."

Koerniawan, M Donny, and Weijun Gao. 2014. "Addressing Climate to Make Better Places, Thermal Comfort in Outdoor Open Space in Mega Kuningan Superblock, Jakarta."

Koerniawan, M Donny, and Gao Weijun. n.d. "The Effect of Roof Garden Placement Toward Wind Distribution on Multi Stories Building," 2-7.

Koerniawan, Mochamad Donny, and Suhendri. 2017. "A Computational Approach in The Wind Distribution to Evaluate the Pedestrian Thermal Comfort Through the Effect of Roof Garden Placement." In *Proceedings of PLEA 2017*, edited by Louisa Brotas, Susan Roaf, and Fergus Nicol, 1773-80. Edinburgh: NCEUB. <http://nceub.org.uk/>.

Perini, Katia, and Adriano Magliocco. 2014. "Effects of Vegetation, Urban Density, Building Height, and Atmospheric Conditions on Local Temperatures and Thermal Comfort." *Urban Forestry and Urban Greening* 13 (3). Urban and Fischer Verlag GmbH und Co. KG: 495-506. doi:10.1016/j.ufug.2014.03.003.

Petrila, Titus, and Damian Trif. 2004. *Basics of Fluid Mechanics and Introduction to Computational Fluid Dynamics*. Vol. 3. Springer Science & Business Media.

Santamouris, Matheos. 2014. "Cooling the Cities—a Review of Reflective and Green Roof Mitigation Technologies to Fight Heat Island and Improve Comfort in Urban Environments." *Solar Energy* 103. Elsevier: 682-703.

Santamouris, Matheos, Nikos Papanikolaou, Iro Livada, Ioannis Koronakis, Chrysa Georgakis, Athanasios Argiriou, and D N Assimakopoulos. 2001. "On the Impact of Urban Climate on the Energy Consumption of Buildings." *Solar Energy* 70 (3). Elsevier: 201-16.

Szokolay, Steven V. 2014. *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*. Routledge.

Wong, N.H., Y. Chen, C.L. Ong, and A. Sia. 2003. "Investigation of Thermal Benefits of Rooftop Garden in the Tropical Environment." *Building and Environment* 38: 261-70.