

Pengaruh *Green Roof* terhadap Kenyamanan Termal Bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia

Dewini Putritama¹ dan Heru Sufianto²

¹ Mahasiswa Program Studi Sarjana Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: dewini-p@hotmail.com, hsufianto@gmail.com

ABSTRAK

Kurangnya RTH pada perkotaan dapat menyebabkan tingginya temperatur suatu perkotaan (*Urban Heat Island*). Salah satu pemberdayaan ruang hijau yang tepat ditengah tingginya pembangunan dan kurangnya lahan dapat menyusupkan ruang hijau pada atap-atap gedung bertingkat (*green roof*). Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia merupakan salah satu bangunan yang menggunakan *green roof*. Perpustakaan UI menjadi tempat pusat kegiatan bagi seluruh aktivitas akademika UI, sehingga diharapkan dapat memberikan kenyamanan kepada penggunanya saat beraktivitas di dalam bangunan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kinerja penurunan suhu bangunan dengan penggunaan *green roof*. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan mengukur temperatur udara dan kelembaban udara pada ruang dalam bangunan perpustakaan UI, serta menyebarkan kuesioner kepada pengguna perpustakaan. Selanjutnya membuat model simulasi menggunakan software Ecotect Analysis 2011 untuk mensimulasikan temperatur ruang jika menggunakan material beton dan tanah liat. Hasil dari kuesioner adalah rata-rata pengguna perpustakaan merasa nyaman beraktivitas di dalam ruang dengan hasil temperatur yang cukup tinggi. Hasil simulasi saat menggunakan atap tanah liat dan beton memiliki temperatur udara lebih tinggi dibandingkan dengan *green roof*. Hal tersebut dapat berpengaruh terhadap kenyamanan termal yang dirasakan oleh pengguna ruang perpustakaan UI.

Kata kunci: kenyamanan termal, *green roof*, perpustakaan

ABSTRACT

Lack of green space in urban areas can lead to high urban temperatures (Urban Heat Island). One of the green space empowerment in the middle of high development and lack of land can infiltrate green space on the roofs (green roof). University of Indonesia Central Library is one of the buildings that use green roof. UI Library becomes the center of activity for all UI academic activities, so it is expected to give comfort to its users during the activity inside the building. The purpose of this study to determine the performance of decreasing the temperature of buildings with the use of green roof. The method used is quantitative by measuring air temperature and humidity in the space within the UI library building, also distributing questionnaires to library users. Next create a simulation model using Ecotect Analysis 2011 to simulate room temperature when using concrete and clay materials. The result of the questionnaire is the average library user feels comfortable to activity in the room with high temperature. Simulation results when using clay and concrete roofs have higher air temperatures than green roofs. It can affect the thermal comfort perceived by users of UI library space

Keywords: thermal comfort, *green roof*, library

1. Pendahuluan

Di Indonesia, semakin banyaknya pembangunan perkotaan yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan ruang beraktivitas bagi masyarakatnya. Tingkat pembangunan yang kurang mempertimbangkan ketersediaan lahan, sering mengakibatkan keberadaan ruang terbuka hijau dan taman kota menjadi korban penggusuran. Isu pemanasan global pun semakin sering terdengar, hal tersebut dikarenakan hilangnya daerah hijau yang beralih fungsi menjadi pemukiman, perkantoran, maupun daerah terbangun lainnya. Fenomena ini banyak terjadi di perkotaan (*urban heat island*).

Urban heat island adalah sebuah penamaan untuk mendeskripsikan karakteristik tingkat kehangatan atmosfer dan permukaan suatu perkotaan yang lebih panas dibandingkan dengan tingkat kehangatan di daerah luar kota. Penyebab terjadinya *urban heat island* ini dikarenakan semakin banyak penggunaan material penyerap panas seperti aspal dan beton yang dapat menyimpan radiasi matahari di dalamnya dan hilangnya lahan hijau maupun lahan dingin perkotaan. Salah satu pemberdayaan ruang hijau yang tepat ditengah tingginya pembangunan dan kurangnya lahan dapat menyusupkan ruang hijau pada atap-atap gedung bertingkat (*green roof*). Taman atap ini merupakan bentuk penghijauan dengan wadah tanam atau ruang pada atap bangunan.

Penerapan konsep *green roof* di Indonesia sendiri masih jarang digunakan dan diteliti, karena kurangnya tenaga ahli *green roof* juga karena kondisi iklim Indonesia yang berbeda dengan wilayah kebanyakan *green roof* digunakan (subtropis). Teknologi ini juga dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi masalah kurangnya Ruang Terbuka Hijau (RTH). Selain menjadi solusi dalam masalah kurangnya RTH, penerapan konsep *green roof* pada bangunan ini dapat digunakan untuk menurunkan suhu ruangan dibawahnya sehingga dapat menghemat energi yang digunakan untuk pendinginan buatan dalam bangunan.

Contoh bangunan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bangunan perpustakaan pusat Universitas Indonesia (UI) yang terletak di kampus Universitas Indonesia, Depok. Pemilihan objek studi ini karena salah satu pendekatan perpustakaan UI terhadap iklim dan menggunakan konsep *green building* berupa penerapan *green roof* sebagai potensi pemanfaatan atap untuk fungsi penghijauan.

Penelitian mengenai pengaruh *green roof* terhadap kenyamanan termal perpustakaan UI ini diharapkan dapat memberikan informasi serta menjadi alternatif untuk menggunakan atap bervegetasi yang ramah lingkungan sebagai solusi masalah pemanasan global karena *green roof* dapat menurunkan suhu dan mengurangi beban pendinginan.

2. Metode

Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif yaitu dengan memberikan gambaran dari penilaian responden (pengguna perpustakaan) terhadap sensasi termal yang dirasakan saat beraktivitas serta mengukur temperatur udara dan kelembaban udara pada ruang dalam bangunan perpustakaan UI. Selanjutnya membuat model simulasi menggunakan software Ecotect Analysis 2011 untuk mensimulasikan temperatur ruang jika menggunakan material beton dan tanah liat. Pertimbangan yang mendasari pemilihan ini adalah karena material tersebut merupakan material yang banyak digunakan pada bangunan di Indonesia khususnya perkotaan. Objek penelitian ini adalah ruang baca dan ruang diskusi pada

perpustakaan UI dengan subyek penelitian adalah pengguna perpustakaan yang sedang beraktivitas di ruang tersebut. Penentuan sampel penelitian menggunakan teknik *probability sampling – simple random sampling* yaitu sampel dipilih secara acak terhadap populasinya tanpa ada kriteria apapun dari setiap elemen sehingga memiliki peluang yang sama untuk dijadikan sampel penelitian. Untuk penentuan jumlah sampel menggunakan rumus Slovin (Sevilla et. al., 1960) yaitu sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N \cdot e^2} \quad n = \frac{328}{1+328 \times 0.05^2} = \frac{328}{1+328 \times 0.0025} = \frac{328}{1+1.25} = \frac{328}{2.25} = 180 \text{ orang}$$

Dimana:

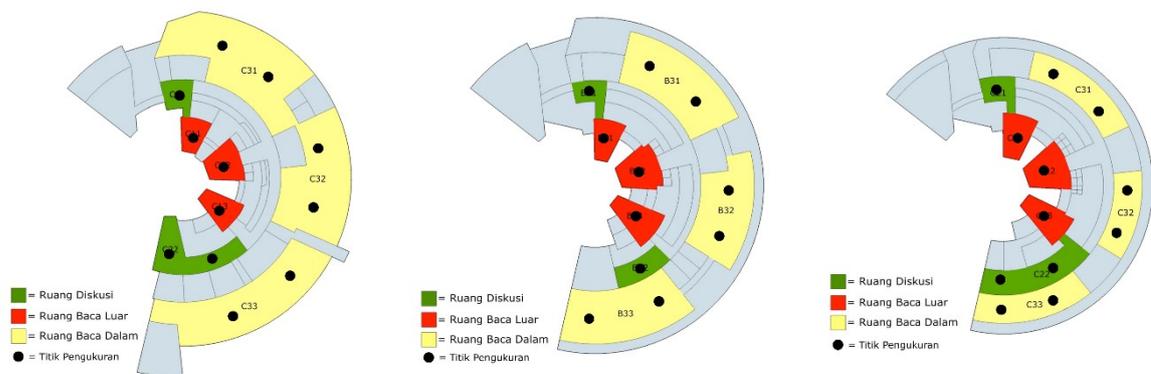
n = Jumlah sampel

N = Jumlah populasi

e = Batas toleransi kesalahan sampel dengan presisi tingkat kesalahan sebesar 5%.

2.1. Teknik Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis Data

Metode pengumpulan data primer adalah observasi lapangan dan penyebaran kuesioner. Sedangkan untuk data sekunder terdiri dari pustaka maupun instansi terkait. Mekanisme pengumpulan data primer adalah pengukuran data termal ruang diskusi dan ruang baca berupa temperatur dan kelembaban menggunakan *thermo-hygrometer*. Selanjutnya menyebarkan kuesioner kepada responden yang sedang beraktivitas pada waktu yang bersamaan saat mengukur data termal ruang untuk mengetahui sensasi termal yang dirasakan.



Gambar 1. Titik pengukuran data termal dan penyebaran kuesioner lantai 2, 3, dan 4.

Setelah semua data diperoleh dilakukan pengolahan data berupa: (1) perekapan hasil kuesioner yang sebelumnya sudah dilakukan uji validitas dan reliabilitas, (2) perekapan hasil pengukuran temperatur dan kelembaban ruang, (3) perhitungan nilai insulasi pakaian responden, (4) perhitungan nilai metabolisme tubuh responden, (5) membuat layout ruang baca dan ruang diskusi lantai 2,3, dan 4, (6) melakukan simulasi dengan *Ecotect Analysis 2011*.

Tahap analisis dan pembahasan dilakukan setelah semua tahap pengolahan data selesai. Analisis kuesioner dilakukan dengan menggunakan metode analisis regresi linear sederhana atau yang biasa disingkat SLR (*simple linear regression*). Regresi linear sederhana ini merupakan metode statistik yang biasa digunakan untuk

menguji seberapa besar hubungan antara sebab dan akibat antara variabel penyebab (X) dengan variabel akibatnya (Y). Pada penelitian ini SLR digunakan untuk mencari hubungan antara temperatur (X_1) dengan sensasi termal yang dirasakan (Y_1), temperatur (X_2) dengan kenyamanan beraktivitas (Y_2), laju metabolisme (X_3) dengan kenyamanan termal (Y_3), dan insulasi pakaian (X_4) dengan kenyamanan termal (Y_4).

2.2. Model Simulasi Bangunan

Model digital ruangan-ruangan pada simulasi ini dibuat untuk merepresentasikan kondisi ruangan eksisting beserta material yang digunakan. Sehingga ketika dilakukan simulasi, temperatur yang didapatkan tidak jauh dari keadaan eksisting. Model simulasi bangunan dapat digunakan atau dikatakan valid apabila nilai *error* atau perbedaan antara temperatur eksisting dengan hasil simulasi tidak lebih dari 10%. Besaran error dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Error (\%) = \left[\left(\frac{p - u}{p} \right) \times 100\% \right]$$

Dimana:

p = temperatur hasil simulasi ($^{\circ}\text{C}$)

u = temperatur hasil pengukuran ($^{\circ}\text{C}$)

Setelah model simulasi dikatakan valid, dilakukan perubahan material pada model simulasi yaitu pada bagian atap dengan menggunakan material beton dan tanah liat.

3. Hasil dan Pembahasan

Objek penelitian berada di dalam kampus baru Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat. Rata-rata temperatur udara kota Depok pada tahun 2016 adalah $24,3^{\circ}\text{C}$ – 33°C dengan kelembaban rata-rata 25%, kecepatan angin sebesar 14,5 knot, dan lama penyinaran matahari rata-rata adalah 49,8%. Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia memiliki luas bangunan sebesar 33.000 m^2 dengan luas tanah sebesar 2.5 Ha. Bangunan ini terbagi menjadi beberapa massa yaitu cinema, auditorium, retail, dan perpustakaan itu sendiri. Perpustakaan ini memiliki 8 lantai, dimana lantai 1-4 merupakan area publik sedangkan untuk lantai 5-8 merupakan area pengelola dan auditorium.



Gambar 2. Tampak Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia

3.1. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner

Hasil uji validitas terhadap pertanyaan yang terdapat pada kuesioner dengan menggunakan nilai r hitung (*pearson correlation*) menunjukkan bahwa setiap indikatornya memiliki nilai r hitung berkisar antara 0.594 – 0.717 yang lebih besar dibandingkan dengan nilai r tabel dengan sampel 180 yaitu 0.146. Maka dari itu semua pertanyaan dikatakan valid karena memiliki nilai r hitung yang lebih besar dibandingkan nilai r tabel. Selanjutnya dilakukan uji reliabilitas dengan melihat nilai *Cronbach's Alpha* dari kuesioner yang disebar. Kuesioner dapat dikatakan reliabel apabila memiliki nilai *Cronbach's Alpha* > 0.6. pada kuesioner termal ini memiliki nilai 0.630, sehingga kuesioner ini dapat dikatakan reliabel.

3.2. Hasil Analisis Regresi Linear Sederhana

Proses analisis data menggunakan regresi linear sederhana untuk mengetahui pengaruh temperatur (X_1) dengan sensasi termal yang dirasakan (Y_1), temperatur (X_2) dengan kenyamanan beraktivitas (Y_2), laju metabolisme (X_3) dengan kenyamanan termal (Y_3), dan insulasi pakaian (X_4) dengan kenyamanan termal (Y_4). Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan Microsoft excel didapatkan grafik hubungan sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Regresi Linear Sederhana

Variabel	Nilai R ²	Nilai R
Temperatur (X_1) dengan Sensasi Termal yang Dirasakan (Y_1)	0,5751	0.758
Temperatur (X_2) dengan Kenyamanan Termal (Y_2)	0,9559	0.977
Laju Metabolisme (X_3) dengan Kenyamanan Termal (Y_3)	0.0296	0.172
Insulasi Pakaian (X_4) dengan Kenyamanan Termal (Y_4)	0.00001	0.0031

Berdasarkan hasil tabel 1, dengan melihat nilai R dari hasil regresi dapat menunjukkan hubungan atau pengaruh dari variabel X terhadap variabel Y. Hasil regresi dari temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan maupun dengan kenyamanan termal memiliki nilai $R > 0.5$ yaitu 0.758 dan 0.977. Maka dari itu dapat diartikan bahwa temperatur memberikan pengaruh yang dominan terhadap sensasi termal maupun kenyamanan termal yang dirasakan. Sedangkan untuk hasil regresi laju metabolisme dan insulasi pakaian dengan kenyamanan termal memiliki nilai $R < 0.5$ yaitu 0.172 dan 0.0031. Maka dapat diartikan bahwa laju metabolisme dan insulasi pakaian tidak berpengaruh terhadap kenyamanan termal yang dirasakan.

3.3. Hasil Pengukuran Lapangan

Hasil pengukuran suhu yang dilakukan pada perpustakaan disusun dalam sebuah tabel dan dibuat menjadi diagram agar mempermudah proses pengolahan data tersebut. Data ini menunjukkan pengukuran suhu ruangan dan kelembaban udara yang dilakukan di lantai 2, lantai 3, dan lantai 4 pada titik-titik yang sudah ditentukan dan dilakukan selama 3 waktu yaitu pada rentang pukul 9.00-10.00 WIB, 13.00-14.00 WIB, dan 16.00-17.00.

Pada Diagram 1 dapat dilihat ruang A11 memiliki temperatur udara pada pagi hari sebesar 28.0°C, kemudian mengalami kenaikan suhu menjadi 29.2°C pada siang hari, dan pada sore hari suhu ruangan turun kembali menjadi 27.1°C. Hal yang sama juga terjadi pada beberapa ruang. Sehingga jika diambil rata-rata suhu ruangan lantai 2 perpustakaan pada pagi hari adalah 28.6°C, pada siang hari adalah 29.3°C, dan pada sore hari adalah 28.3°C. Untuk rata-rata kelembaban dari ruangan dilantai 2 pada

pagi hari adalah sebesar 66.4%, pada siang hari sebesar 56.8%, dan pada sore hari sebesar 56.1%.

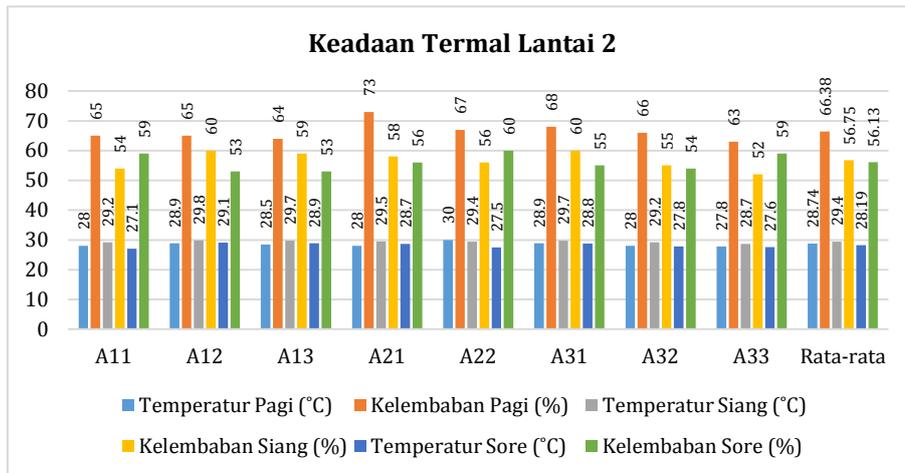


Diagram 1. Keadaan Termal Lantai 2

Pada Diagram 2. dapat dilihat temperature udara pada ruang B11 pada pagi hari adalah 29.2°C, kemudian mengalami kenaikan temperatur menjadi 30.4°C pada siang hari, dan pada sore hari temperature udara turun kembali menjadi 28.4°C. Hal yang sama juga terjadi pada beberapa ruang. Sehingga jika diambil rata-rata suhu ruangan lantai 3 perpustakaan pada pagi hari adalah 29.5°C, pada siang hari adalah 30.2°C, dan pada sore hari adalah 29.2°C. Untuk rata-rata kelembaban udara dari ruangan di lantai 3 pada pagi hari adalah sebesar 67.6%, pada siang hari sebesar 55.1%, dan pada sore hari sebesar 64.1%.

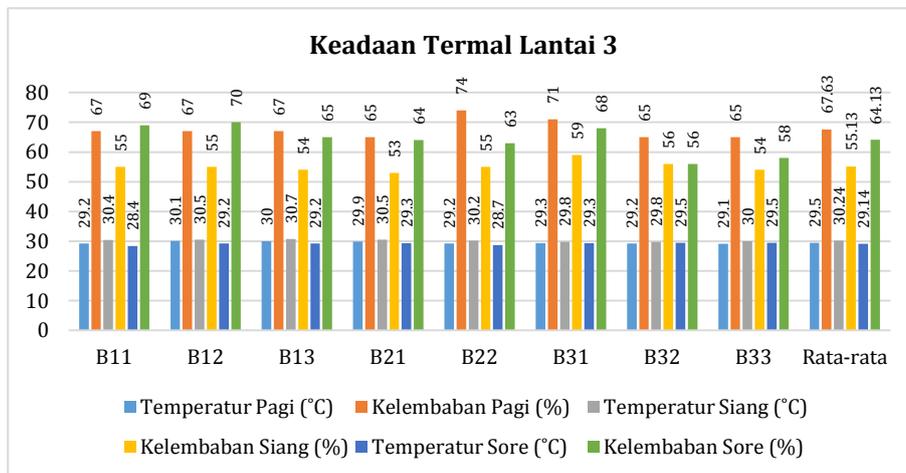


Diagram 2. Keadaan Termal Lantai 3

Pada Diagram 3. dapat dilihat temperature udara pada ruang C11 pada pagi hari adalah 29.2°C, kemudian mengalami kenaikan temperatur menjadi 30.4°C pada siang hari, dan pada sore hari temperatur ruangan turun kembali menjadi 28.4°C. Hal yang sama juga terjadi di beberapa ruang. Sehingga jika diambil rata-rata suhu ruangan lantai 3 perpustakaan pada pagi hari adalah 29.4°C, pada siang hari adalah 30.2°C, dan pada sore hari adalah 29.2°C. Untuk rata-rata kelembaban dari ruangan dilantai 3 pada pagi hari adalah sebesar 68.6%, pada siang hari sebesar 55.3%, dan pada sore hari sebesar 62.3%.

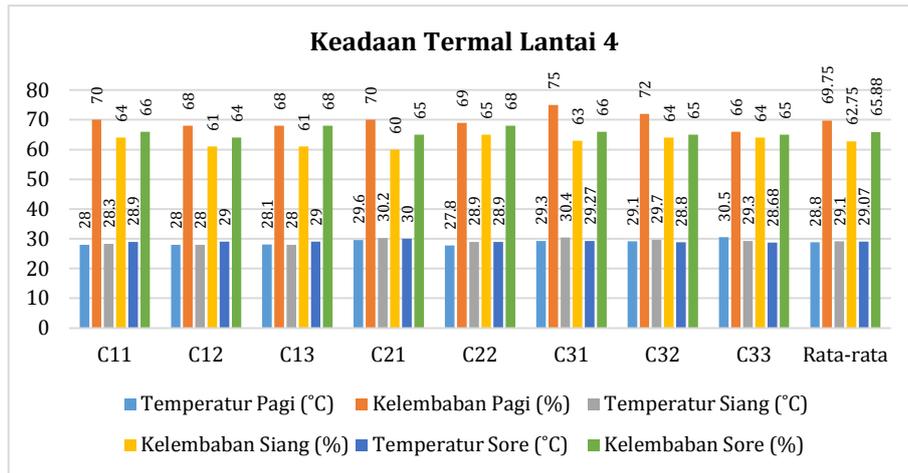


Diagram 3. Keadaan Termal Lantai 4

3.4. Validasi Model Simulasi

Sebelum dilakukannya simulasi menggunakan model digital yang sudah dibuat, dilakukan uji validasi pada model tersebut. Hasil simulasi eksisting menunjukkan nilai error yang kurang dari 10% pada setiap sampel ruang, sehingga model digital ini dapat digunakan untuk selanjutnya dilakukan simulasi dengan mengganti material atap.

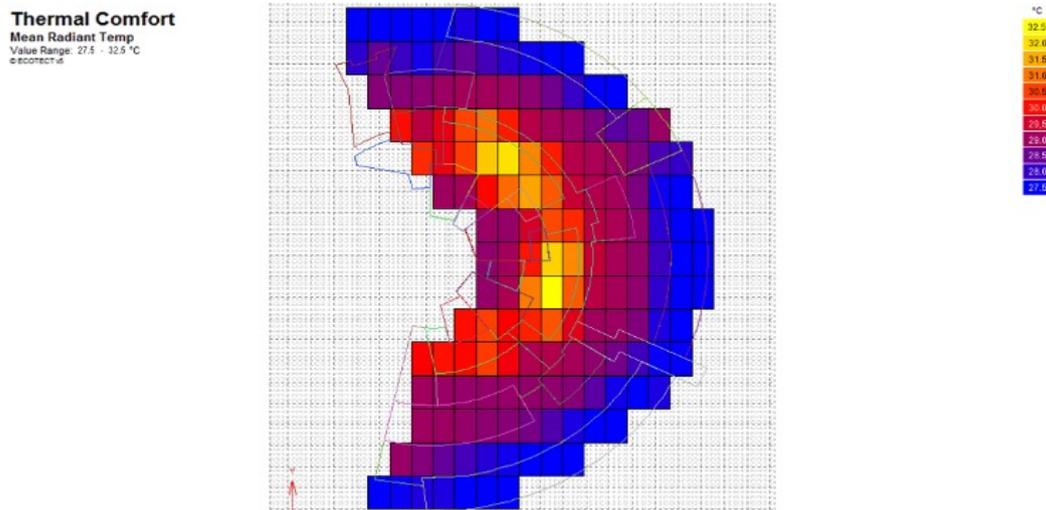
3.5. Simulasi

Simulasi dilakukan dengan mengganti atap *green roof* menggunakan material beton dan tanah liat. Hasil simulasi yang dilakukan pada lantai 2 menunjukkan bahwa ruang diskusi maupun ruang baca memiliki temperatur yang lebih dingin saat menggunakan material atap *green roof* dibandingkan saat menggunakan material atap tanah liat dan beton. Selisih rata-rata temperatur ruang antara menggunakan *green roof* dan tanah liat adalah sebesar 0.1°C – 0.27°C, sedangkan saat dibandingkan dengan menggunakan beton selisihnya mencapai 0.47°C – 0.77°C. Perbedaan temperatur yang tidak terlalu signifikan pada ruang lantai 2 ini disebabkan karena ruang-ruang tersebut tidak berbatasan langsung dengan atap.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Temperatur Ruang Lantai 2

Ruang	<i>Green roof</i>			Tanah Liat			Beton		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
A11	28.90	30.10	31.40	28.70	30.50	31.60	28.60	30.90	32.90
A12	28.90	29.90	30.70	28.60	29.80	30.50	28.30	29.80	30.70
A13	29.00	29.90	30.30	28.80	30.30	30.50	28.70	30.70	31.80
A21	29.90	30.60	30.70	29.90	30.60	30.70	29.90	30.60	30.60
A22	29.50	30.60	30.70	29.50	30.60	30.70	29.50	30.60	30.60
A31	28.20	28.60	28.70	28.20	28.60	28.70	28.20	28.60	28.80
A32	28.20	28.40	28.90	28.10	28.80	29.00	27.90	28.90	29.40
A33	28.00	28.40	29.50	27.90	29.40	30.00	27.50	30.10	31.70
Rata-Rata	28.83	29.56	30.11	28.71	29.83	30.21	28.58	30.03	30.81
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

Pada gambar 3 dapat dilihat visualisasi termal yang terjadi di ruang lantai 2. Warna biru hingga ungu menunjukkan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan yang berwarna merah hingga kuning. Warna biru hingga ungu menunjukkan temperatur ruang 27.5°C – 29.5°C merupakan ruang baca B, dimana ruang tersebut berbatasan langsung dengan *green roof*. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa *green roof* mampu memberikan temperatur yang lebih dingin pada ruang dibawahnya.



Gambar 3. Visualisasi Termal Lantai 2

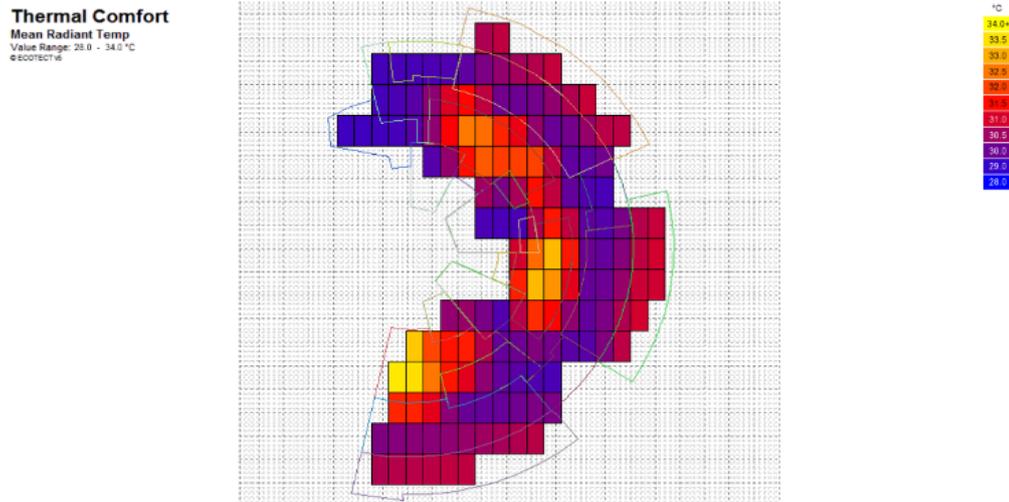
Hasil simulasi yang dilakukan pada lantai 3 menunjukkan bahwa ruang diskusi maupun ruang baca memiliki temperatur yang lebih dingin saat menggunakan material atap *green roof* dibandingkan saat menggunakan material atap tanah liat dan beton. Selisih rata-rata temperatur ruang antara menggunakan *green roof* dan tanah liat adalah sebesar 0.1°C – 0.55°C, sedangkan saat dibandingkan dengan menggunakan beton selisihnya mencapai 0.18°C – 0.44°C. Perbedaan temperatur yang tidak terlalu signifikan pada ruang lantai 3 ini disebabkan karena ruang-ruang tersebut tidak berbatasan langsung dengan atap.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Temperatur Ruang Lantai 3

Ruang	<i>Green roof</i>			Tanah Liat			Beton		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
B11	29.50	31.10	29.70	29.50	31.10	29.70	29.50	31.10	29.70
B12	28.90	29.70	29.60	28.90	29.70	29.60	28.90	29.70	29.60
B13	29.00	30.40	30.10	29.00	30.40	30.10	29.00	30.40	30.10
B21	31.10	31.60	30.10	31.00	34.80	30.10	31.00	33.40	31.70
B22	28.80	29.90	30.70	28.80	29.90	30.70	28.80	29.90	30.70
B31	31.20	31.80	31.40	30.90	32.70	31.70	30.80	33.50	31.70
B32	31.30	32.10	31.30	31.00	32.00	31.50	30.90	31.90	31.70
B33	31.70	32.10	30.90	31.40	32.50	31.20	31.20	32.30	31.40
Rata-Rata	30.19	31.09	30.48	30.06	31.64	30.58	30.01	31.53	30.83
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

Warna biru dan ungu pada gambar 4 menunjukkan temperatur ruang 28.0°C – 31.0°C. Ruang yang berwarna biru hingga ungu merupakan ruang baca yang berada langsung dibawah atap. Sehingga dapat dilihat bahwa ruang yang berada langsung

dibawah atap terpengaruh oleh material penutup atap yang membuat teperatur udara lebih dingin dibandingkan ruang lainnya.



Gambar 4. Visualisasi Termal Lantai 3

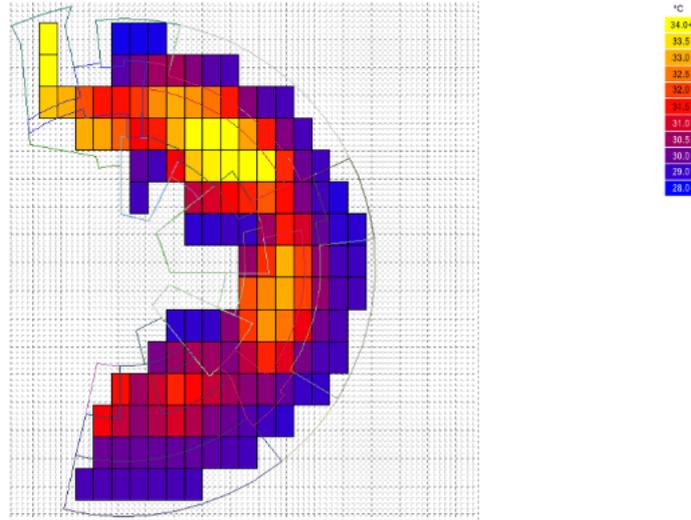
Hasil simulasi yang dilakukan pada lantai 4 menunjukkan bahwa ruang diskusi maupun ruang baca memiliki temperatur yang lebih dingin saat menggunakan material atap *green roof* dibandingkan saat menggunakan material atap tanah liat dan beton. Selisih rata-rata temperatur ruang antara menggunakan *green roof* dan tanah liat adalah sebesar 0.32°C – 1.78°C, sedangkan saat dibandingkan dengan menggunakan beton selisihnya mencapai 0.22°C – 1.47°C. Perbedaan temperatur yang cukup tinggi terjadi pada ruang-ruang yang beradai di lantai 4. Hal tersebut disebabkan karena ruang-ruang pada lantai 4 berada langsung dibawah *green roof*, sehingga kinerja *green roof* terhadap penurunan suhu dapat bekerja maksimal.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Temperatur Ruang Lantai 4

Ruang	<i>Green roof</i>			Tanah Liat			Beton		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
C11	29.70	30.10	30.20	29.70	33.80	30.80	29.70	33.80	30.80
C12	30.20	30.00	30.90	30.20	33.20	30.60	30.20	33.20	30.60
C13	29.60	30.20	31.00	29.60	31.30	31.00	29.60	31.30	31.00
C21	30.60	32.00	30.80	30.60	32.50	30.80	30.40	33.70	31.00
C22	29.60	30.00	30.70	29.60	30.00	30.70	29.60	30.00	30.70
C31	30.60	30.00	30.00	30.40	33.50	32.90	30.20	31.00	30.60
C32	28.20	30.20	30.10	30.10	31.00	30.70	29.80	30.80	30.50
C33	29.20	30.00	30.00	30.00	31.40	30.60	29.90	30.40	30.50
Rata-rata	29.71	30.31	30.46	30.03	32.09	31.01	29.93	31.78	30.71
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

Warna biru dan ungu pada gambar 5 menunjukkan temperatur ruang 28.0°C – 31.0°C. Pada lantai 4 ruang baca dan ruang diskusi merupakan ruang yang berwarna biru dan ungu, sedangkan untuk warna merah hingga kuning adalah void. Sehingga pada lantai 4 *green roof* memberikan temperatur yang lebih rendah pada keseluruhan ruang karena berbatasan langsung dengan atap.

Thermal Comfort
Mean Radiant Temp
Value Range: 28.0 - 34.0 °C
© ecotect®



Gambar 5. Visualisasi Termal Lantai 4

Setelah melakukan simulasi dengan mengganti material atap, diperoleh hasil bahwa *green roof* merupakan material yang mampu membuat temperatur ruangan lebih dingin dibandingkan dengan material tanah liat dan beton. Selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan mengganti jenis tanaman pada *green roof* yang berpacu pada penelitian sebelumnya yang sudah membandingkan kinerja termal 7 tanaman. Pada penelitian ini diambil 3 jenis tanaman dengan kinerja termal paling baik yaitu tanaman Bayam merah (*Althenantera ficoidea*), Kucai Jepang (*Carex Morrowii*), dan Rumput gajah mini (*Pennisetum Purpureum schamach*). Setelah dilakukan simulasi, diperoleh hasil sebagai tampak pada Tabel 5, 6, dan 7.

Perbedaan temperatur dengan mengganti jenis tanaman ternyata tidak terlalu signifikan yaitu hanya mendapatkan selisih sebesar 0.4°C. Dapat dilihat bahwa rata-rata temperatur dengan menggunakan tanaman rumput gajah mini paling efektif untuk digunakan pada simulasi perpustakaan UI.

Tabel 5. Pengaruh Jenis Tanaman terhadap Temperatur Ruang Lantai 2

Ruang	Bayam Merah			KUCAI JEPANG			RUMPUT GAJAH MINI		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
A11	28.80	30.00	31.40	28.80	30.10	31.40	28.90	30.10	31.40
A12	28.80	29.70	30.80	28.80	29.80	30.70	28.90	29.90	30.70
A13	28.80	29.80	30.30	28.90	29.80	30.30	29.00	29.90	30.30
A21	29.90	30.60	30.70	29.90	30.60	30.70	29.90	30.60	30.70
A22	29.50	30.60	30.70	29.50	30.60	30.70	29.50	30.60	30.70
A31	28.20	28.60	28.70	28.20	28.60	28.70	28.20	28.60	28.70
A32	28.20	28.40	29.20	28.20	28.40	28.90	28.20	28.40	28.90
A33	28.00	28.30	29.70	28.00	28.30	29.50	28.00	28.40	29.50
Rata-rata	28.78	29.50	30.19	28.79	29.53	30.11	28.83	29.56	30.11
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

Tabel 6. Pengaruh Jenis Tanaman terhadap Temperatur Ruang Lantai 3

Ruang	Bayam Merah			Kuai Jepang			Rumput Gajah Mini		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
B11	29.50	31.10	29.70	29.50	31.10	29.70	29.50	31.10	29.70
B12	28.90	29.70	29.60	28.90	29.70	29.60	28.90	29.70	29.60
B13	29.00	30.40	30.10	29.00	30.40	30.10	29.00	30.40	30.10
B21	31.10	31.60	30.10	31.00	31.60	29.60	31.00	31.50	29.60
B22	28.80	29.90	30.70	28.80	29.90	30.70	28.80	29.90	30.70
B31	31.20	31.80	31.40	31.10	31.70	31.30	31.10	31.70	31.20
B32	31.30	32.10	31.30	31.20	32.00	31.20	31.20	32.00	31.20
B33	31.70	32.10	30.90	31.60	32.10	30.90	31.60	32.00	30.90
Rata-rata	30.19	31.09	30.48	30.14	31.06	30.39	30.14	31.04	30.38
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

Tabel 7. Pengaruh Jenis Tanaman terhadap Temperatur Ruang Lantai 4

Ruang	Bayam merah			kucai jepang			Rumput Gajah Mini		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
C11	30.00	30.30	31.10	29.80	30.20	31.00	29.90	30.20	31.00
C12	30.40	31.00	31.30	30.30	30.90	31.20	30.30	31.00	31.20
C13	30.10	30.40	31.50	30.00	30.30	31.30	30.00	30.40	31.30
C21	30.70	31.30	31.40	30.60	31.20	31.30	30.60	31.20	31.30
C22	29.90	30.20	30.30	29.80	30.10	30.10	29.80	30.20	30.20
C31	30.20	30.00	30.60	29.70	29.80	30.20	29.90	29.80	30.30
C32	30.00	30.30	30.80	30.00	30.40	30.90	30.10	30.50	31.00
C33	30.40	30.20	30.20	30.40	30.40	30.40	30.50	30.40	30.40
Rata-rata	30.21	30.46	30.90	30.08	30.41	30.80	30.14	30.46	30.84
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

4. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran lapangan dan penyebaran kuesioner didapatkan bahwa responden merasa nyaman beraktivitas pada temperatur 27.8°C – 29.9°C. Untuk hasil simulasi material yang dilakukan pada bangunan, diperoleh bahwa material rumput gajah mini pada *green roof* dapat dikatakan paling efektif karena mampu menurunkan temperatur hingga 1.78°C dibandingkan dengan material tanah liat dan beton. Selain itu, material atap *green roof* ternyata mampu menurunkan temperatur dalam ruang dibandingkan temperatur luarnya lebih besar daripada 2 jenis atap lainnya hingga 4.74°C. Sehingga dapat dikatakan bahwa *green roof* berpengaruh terhadap kenyamanan termal bangunan perpustakaan UI. Studi ini juga mendapatkan bahwa tanaman rumput gajah mini adalah jenis tanaman paling efektif menurunkan temperatur dalam ruang dibandingkan dengan tanaman bayam merah dan kucai jepang. Walaupun selisih temperatur yang terjadi hanya mencapai 0.4°C.

Daftar Pustaka

- ANSI/ASHRAE Standard 55. 2004. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. USA: ASHRAE
- EKŞİ, Mert., & UZUN, Adnan. 2013. *Investigation of Thermal Benefits of an Extensive Green roof in Istanbul Climate*. Istanbul, Turkey.

- FiBRE. 2007 *Findings in Built and Rural Environments, Can Greenery Make Commercial Buildings More Green?* UK: Cambridge University.
- Frick, H., & Sukisyanto, F. X. 2007. *Dasar-dasar Arsitektur Ekologis: Konsep Pembangunan Berlanjutan dan Ramah Lingkungan*. Semarang: Kanisius & ITB.
- Imam Santoso, Eddy. 2012. Kenyamanan Termal Indoor Pada Bangunan Di Daerah Beriklim Tropis Lembab. *Jurnal Teknologi Hijau*. Universitas Brawijaya
- Jalali, Elmira. 2011. *Effect of Green roof in Thermal Performance of the Building An Environmental Assessment in Hot and Humid Climate*. Dubai: The British University
- Karyono, T. H. 2010. *Report on The relationship between building design and indoor temperatures: A case study in three different buildings in Indonesia*. Jakarta: Tarumanegara University.
- Mintorogo, Danny Santoso. 2015. Predicting Thermal Performance Of Roofing Systems In Surabaya. *Jurnal Arsitektur*. Universitas Kristen Petra
- Mohammed Ahmed, Rufai. Z Alibaba, Halil. 2016. An Evaluation Of *Green roofing* In Buildings. *Jurnal Sains*. Department Of Architecture, Eastern Mediterranean University
- Sugini. 2004. *Pemaknaan Istilah – istilah Kualitas Kenyamanan Termal Ruang Dalam Kaitan dengan Variabel Iklim Ruang*. Jurnal Logika Volume 1, No. 2.
- Suryandari, L. dan Danusastro, Y. 2011. *Peranan Riset dan Peningkatan Keterampilan Arsitek Lanskap dalam Menghadapi Penerapan Konsep Green Building*. Jurnal Lanskap Indonesia Volume 3 Nomor 2.
- Susanti, Lusi. 2013. *Evaluasi Kenyamanan Termal Sekolah SMA Negeri di Kota Padang..* Padang: Universitas Andalas.
- Suseno, G. 2012. *Analisis Penggunaan Green roof Terhadap Kestabilan Suhu Dan Kelembaban Bangunan*, Depok: Universitas Gunadharma
- Talarosha, Basaria. 2005. *Menciptakan Kenyamanan Termal dalam Bangunan*. Universitas Sumatra Utara
- Theodosiou, Theodore. 2009. Green roofs in Building: Thermal and Environmental Behaviour. in *Advances in Building Energy Research.*: Earthscan.

Pustaka Online

- SkyScape™ Vegetative Roof System. <http://www.satuatap.com/Produk-ResidensialRoof%20Garden.html> diakses pada 20 Agustus 2017
- <http://commons.bcit.ca/greenroof/faq/why-green-roofs-benefits/> diakses pada 3 Januari 2017