

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Iklim Lokasi Objek Penelitian

Kota Depok berada dalam posisi yang strategis karena terletak pada poros wilayah Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi). Secara geografis Kota Depok terletak pada koordinat $6^{\circ} 19' 00'' - 6^{\circ} 28' 00''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ} 43' 00'' - 106^{\circ} 55' 30''$ Bujur Timur. Bentang alam Kota Depok dari selatan ke utara merupakan daerah dataran rendah - perbukitan bergelombang lemah, dengan elevasi antara 50 – 140 meter diatas permukaan laut dan kemiringan lerengnya kurang dari 15%.

Wilayah Depok termasuk kedalam daerah yang beriklim tropis dengan perbedaan curah hujan yang cukup kecil. Berdasarkan data yang diperoleh dari pemerintah kota Depok bahwa rata-rata suhu Kota Depok adalah $24,3^{\circ}\text{C} - 33^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban rata-rata 25%, kecepatan angin sebesar 14.5 knot, dan lama penyinaran matahari rata-rata adalah 49.8% (data pemkot Depok tahun 2016)

Wilayah kota Depok berbatasan dengan tiga kabupaten dan satu provinsi, antara lain:

- Sebelah utara : Kecamatan Ciputat Kabupaten Tangerang dan Wilayah DKI Jakarta
- Sebelah timur : Kecamatan Pondok Gede Kota Bekasi dan Kecamatan Gunung Putri Kabupaten Bogor
- Sebelah selatan : Kecamatan Cibinong dan Kecamatan Bojonggede, Kabupaten Bogor
- Sebelah barat : Kecamatan Parung dan Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor



Gambar 4.1 Lokasi objek penelitian

Lokasi objek penelitian berada di dalam kampus baru universitas Indonesia (UI) Depok. Objek penelitian adalah perpustakaan pusat UI. Pemilihan objek penelitian dilihat berdasarkan perpustakaan UI merupakan salah satu bangunan dengan konsep yang tanggap terhadap iklim.

4.2 Gambaran Umum Perpustakaan Universitas Indonesia

4.2.1 Penjelasan Objek Penelitian

Perpustakaan Universitas Indonesia (UI) atau yang diberi nama *The Crystal Knowledge* ini dibangun atas dasar filosofi bahwa perpustakaan UI adalah sebuah ruang publik yang paling terbuka dan demokratis bagi seluruh warga UI. Desain bangunan perpustakaan ini diambil dari model perpustakaan masa kini yang tidak hanya dilihat dari banyak koleksi bukunya saja, melainkan dari perilaku dan kebutuhan penggunaannya.

Perpustakaan UI merupakan salah satu unit pendukung utama kegiatan akademik yang berjalan di UI. Saat ini koleksi yang dimiliki sejumlah lebih dari 1.5 juta koleksi. Perpustakaan UI terus berusaha untuk menambah koleksi terbaru, mengembangkan sistem perpustakaan berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi, serta memberikan layanan prima kepada penggunaannya. Saat ini, perpustakaan UI merupakan salah satu perpustakaan rujukan bagi perguruan tinggi yang ada di Indonesia.



Gambar 4.2 Tampak perpustakaan Universitas Indonesia

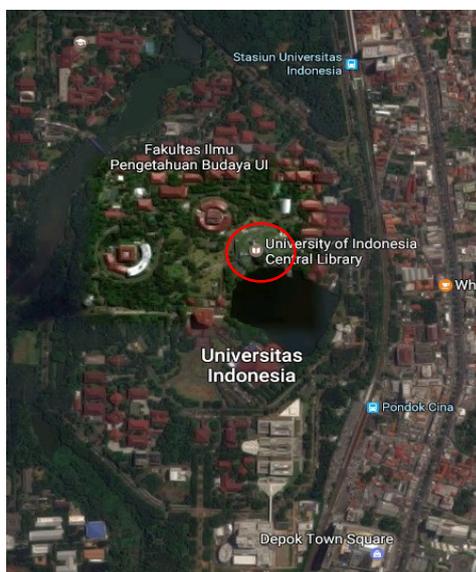


Gambar 4.3 Massa perpustakaan Universitas Indonesia

Bangunan perpustakaan ini memiliki luas sebesar 33.000 m² 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 yang tidak bisa diakses oleh semua orang.

4.2.2 Kondisi Lingkungan

Perpustakaan UI berada didalam kawasan kampus baru UI Depok. Bangunan ini dikelilingi oleh bangunan-bangunan akademik yang ada di dalam lingkungan UI.



Gambar 4.4 Peta Universitas Indonesia

Batas-batas site perpustakaan UI adalah sebagai berikut:

1. Batas utara
Sebelah utara bangunan berbatasan dengan Fakultas Ilmu Komputer.
2. Batas timur

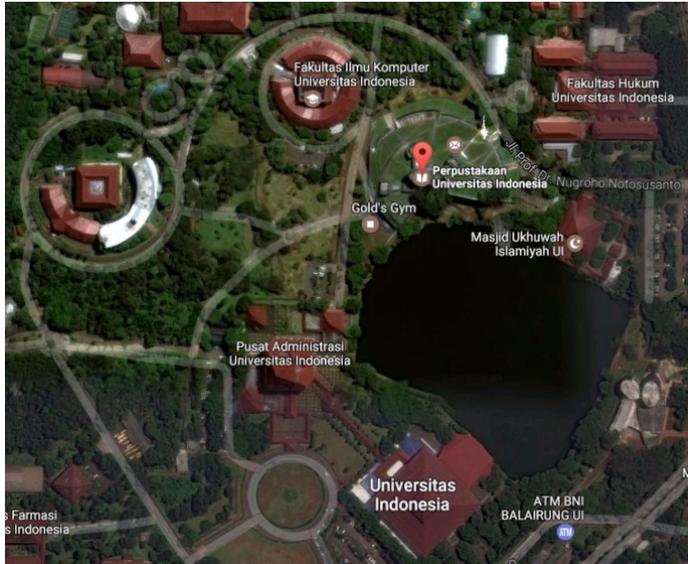
Sebelah timur berbatasan dengan masjid UI.

3. Batas selatan

Sebelah selatan berbatasan dengan Danau Kenanga.

4. Batas barat

Sebelah barat berbatasan dengan gedung Rektorat UI.



Gambar 4.5 Batas-batas site perpustakaan Universitas Indonesia

4.2.3 Konsep Perancangan Perpustakaan Universitas Indonesia

Desain awal perpustakaan UI ini diperoleh dari sayembara yang dimenangkan oleh PT Daya Cipta Mandiri (DCM) dengan mengambil filosofi sebuah prasasti. Prasasti merupakan batu tertulis yang dapat menyimpan catatan sejarah maupun peristiwa yang terjadi di masa lampau. Prasasti dapat menjadi sumber pengetahuan penting yang dapat disampaikan kepada generasi berikutnya. Pemikiran tentang filosofi prasasti yang dapat melestarikan alam dan pendidikan yang kemudian diterjemahkan secara arsitektural oleh arsitek dalam rancangan desain Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia.



Gambar 4.6 Ide bentuk prasasti yang muncul

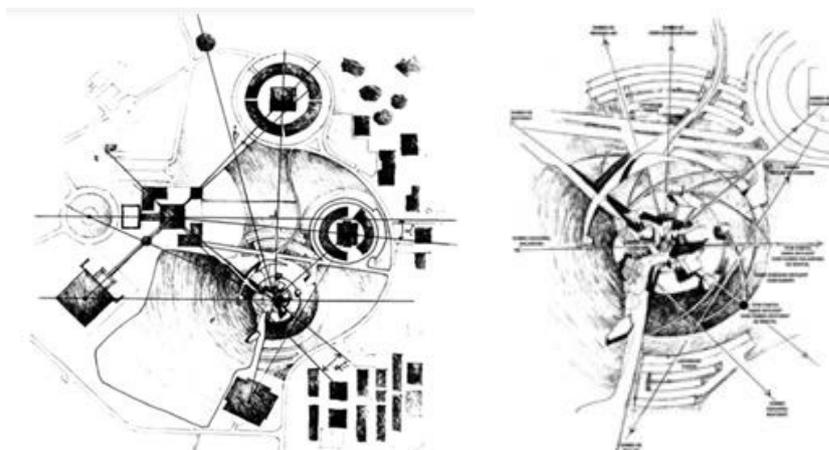
Sumber: CENTRAL LIBRARY UI_DCM GREEN UNIVERSITIES in Indonesia.pps



Gambar 4.7 Gubahan massa

Sumber: CENTRAL LIBRARY UI_DCM GREEN UNIVERSITIES in Indonesia.pps

Model yang menghadirkan bangunan masa depan dengan mengambil sisi danau sebagai orientasi perancangannya. Analogi prasasti ini ditampilkan melalui konfigurasi bangunan yang menyerupai batu hitam yang bermunculan diantara bukit hijau. Bukit itu sebenarnya adalah bangunan besar berlantai tiga melingkar dan atap miring yang landai dengan material penutup atap berupa rumput sehingga menyerupai bukit. Penggunaan bukit buatan sebagai potensi pemanfaatan konsep penghijauan, dengan pencahayaan alami yang diperoleh melalui *skylight*. Dibawah bukit buatan ini terdapat ruang-ruang perpustakaan beserta penunjangnya. Sedangkan untuk batu-batu prasasti yang muncul merupakan bangunan tinggi dengan beragam fungsi ruang yaitu ruang seminar, ruang pertemuan, dll.



Gambar 4.8 Sketsa awal sumbu *skylight*

Sumber: CENTRAL LIBRARY UI_DCM GREEN UNIVERSITIES in Indonesia.pps

Penggunaan *skylight* pada atap bukit ini berfungsi untuk memasukan cahaya matahari kedalam ruang. *Skylight* disusun saling silang dengan bentuk garis-garis. Cahaya matahari yang masuk ke dalam ruang menciptakan suasana yang alami. Untuk bangunan tinggi yang berpenampilan seperti batu menggunakan jendela sebagai pencahayaannya. Posisi jendela

yang digunakan tersembunyi di dalam bangunan, sehingga apabila melihat penampilan bangunan dari luar hanya terlihat seperti batu utuh yang berada diantara bukit hijau.

4.2.4 Denah, Potongan, dan Tampak Bangunan



Gambar 4.9 Siteplan perpustakaan UI

Bentuk bangunan perpustakaan UI ini jika dilihat dari denah, tampak, dan potongannya organisasi ruang bersifat terpusat. Pola sirkulasi ruang dalam suatu organisasi terpusat umumnya berbentuk radial.

1. Denah Lantai 1



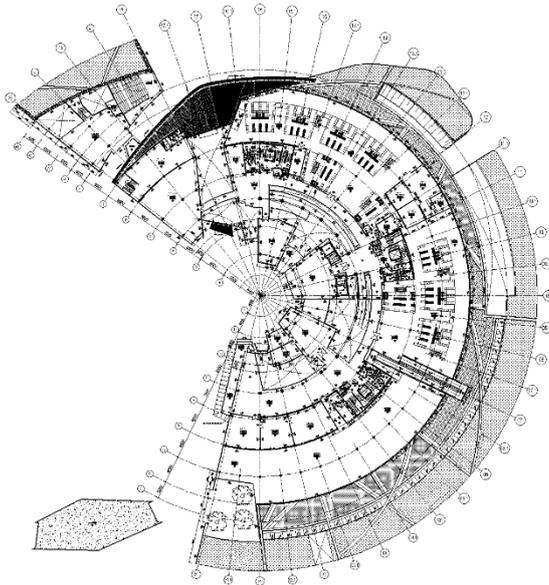
Gambar 4.10 Denah lantai 1

Lantai 1 perpustakaan UI merupakan area publik yang dapat diakses oleh semua orang baik seluruh *civitas* UI maupun umum. Pada lantai 1 terdapat pusat kegiatan dan bisnis mahasiswa berupa toko buku, toko cendera mata, ruang komputer, serta ruang musik dan teater. Selain itu ada restoran dan kafe, pusat kebugaran, ruang pertemuan, ruang pameran, dan bank. Fasilitas-fasilitas tersebut dapat digunakan oleh semua orang kecuali ruang komputer yang hanya bisa diakses oleh anggota *civitas* UI. Pada lantai ini terdapat pintu akses untuk masuk ke area koleksi yang berada di lantai 2. Untuk melewati pintu ini untuk *civitas* UI dapat menggunakan kartu tanda mahasiswa maupun nomor induk mahasiswa untuk masuk ke dalamnya, apabila masyarakat umum yang ingin masuk dapat melakukan registrasi sebelumnya di meja informasi. Setelah melewati pintu akses tersebut akan menuju ruang loker. Untuk naik ke lantai 2 dapat menggunakan lift, tangga, dan *ramp*.

Bentuk penerapan bangunan tropis pada perpustakaan ini dapat dilihat pada penggunaan materialnya. Pintu masuk utama pada lantai 1 ini menggunakan pasangan batu andesit 60x60 yang bersifat batu marmer dingin sehingga efek panas dari luar dapat dikurangi dengan material ini. Interior bangunan perpustakaan ini juga menggunakan material lokal yaitu seperti penggunaan pada area restoran dan ruang komputer yang menggunakan lantai kayu. Dari dalam bangunan dapat dilihat cahaya masuk melalui

tempered glass 10mm bening yang dapat mengurangi pembiasan sehingga daya pantul dan cahaya yang masuk dapat berkurang, selain itu kaca ini juga dapat mengurangi kebisingan. Selain penggunaan material, terdapat *void* di area *lobby* sehingga memperlancar sirkulasi udara dalam bangunan.

2. Denah Lantai 2



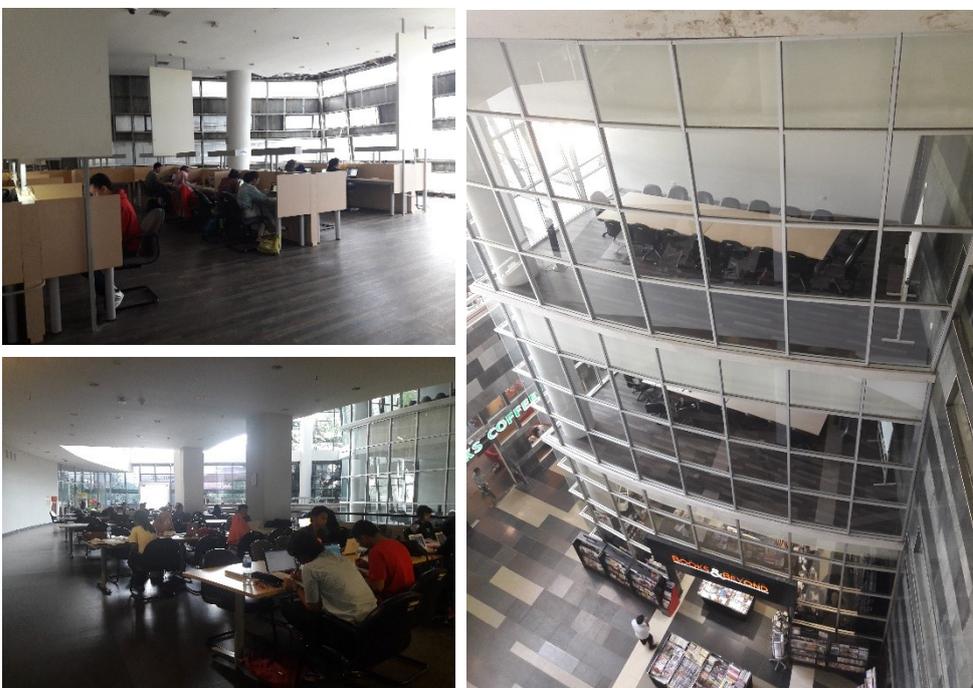
Gambar 4.11 Denah lantai 2 perpustakaan UI

Lantai 2 merupakan area semi publik, dimana yang dapat mengakses lantai ini hanyalah yang sudah melakukan registrasi apabila masyarakat umum dan mahasiswa UI maupun pengelola perpustakaan yang mempunyai kartu identitas. Pada lantai 2 terdapat ruang koleksi buku, ruang baca, ruang diskusi, dan ruang multimedia. Dalam ruang koleksi buku terdapat buku yang dikelompokkan sesuai dengan kategorinya. Untuk mempermudah pencarian buku disediakan komputer untuk mencari letak buku sesuai nomor rak yang tersedia. Proses mencari buku dapat melalui judul buku maupun penulis buku tersebut. Peminjaman buku untuk dibawa keluar perpustakaan dapat dilakukan bagi yang memiliki kartu identitas yang bertanda UI, dengan jangka waktu pinjam selama 2 minggu dari tanggal peminjaman. Pada ruang koleksi ini pencahayaan alami yang didapat melalui *skylight* yang berada pada *green roof*, namun masih ada beberapa sisi yang belum mendapatkan cahaya dari *skylight* sehingga masih menggunakan lampu sebagai bantuan pencahayaan buatan.



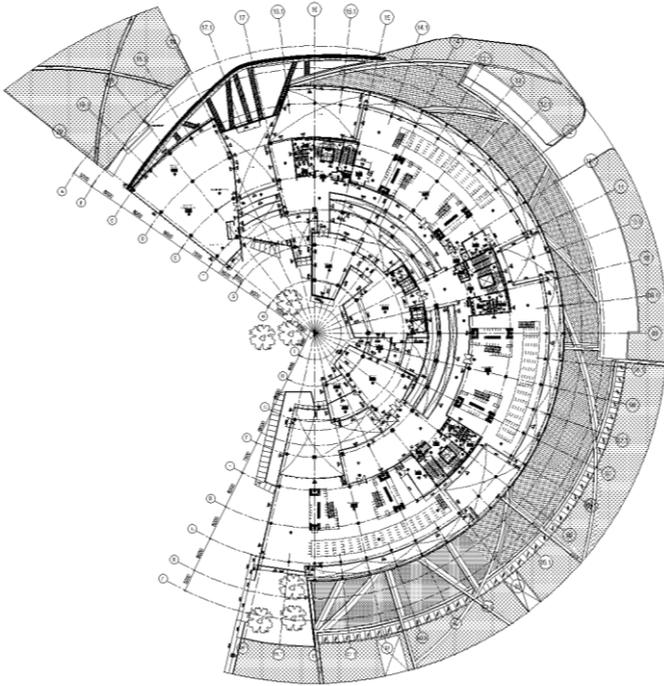
Gambar 4.12 Ruang koleksi dan ruang baca

Ruang diskusi yang terdapat di lantai 2 ini terbagi menjadi 2 lokasi yaitu ruang diskusi dalam dan ruang diskusi luar. Untuk ruang diskusi ini sudah terlihat sangat memanfaatkan pencahayaan alami baik yang di dalam maupun yang di luar. Hal tersebut terlihat dari adanya jendela yang cukup besar dan banyak.



Gambar 4.13 Ruang diskusi lantai 2 perpustakaan UI

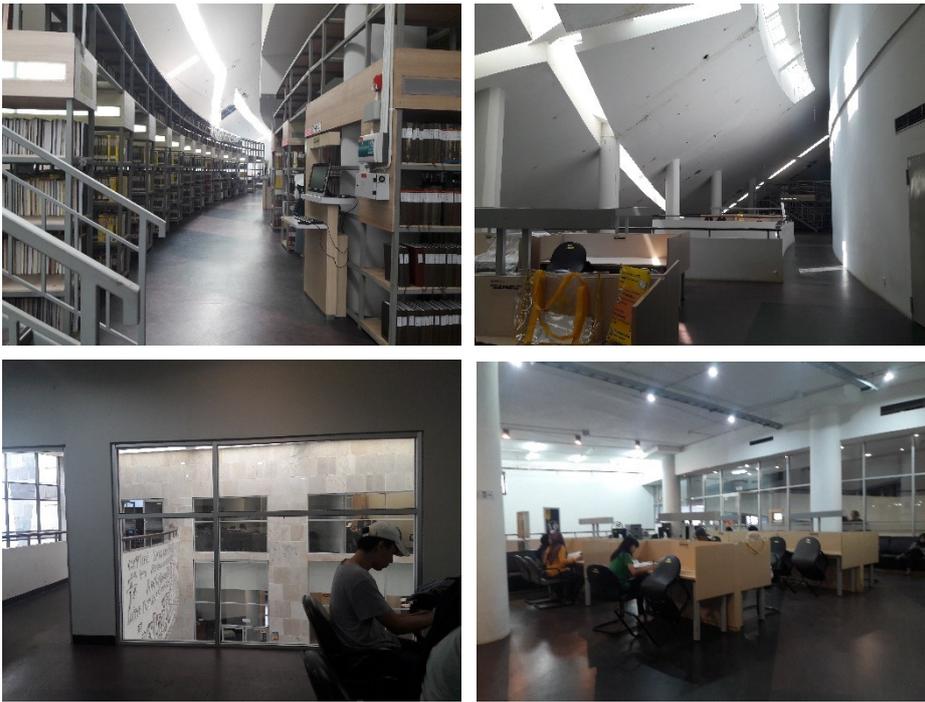
3. Denah Lantai 3



Gambar 4.14 Denah lantai 3 perpustakaan UI

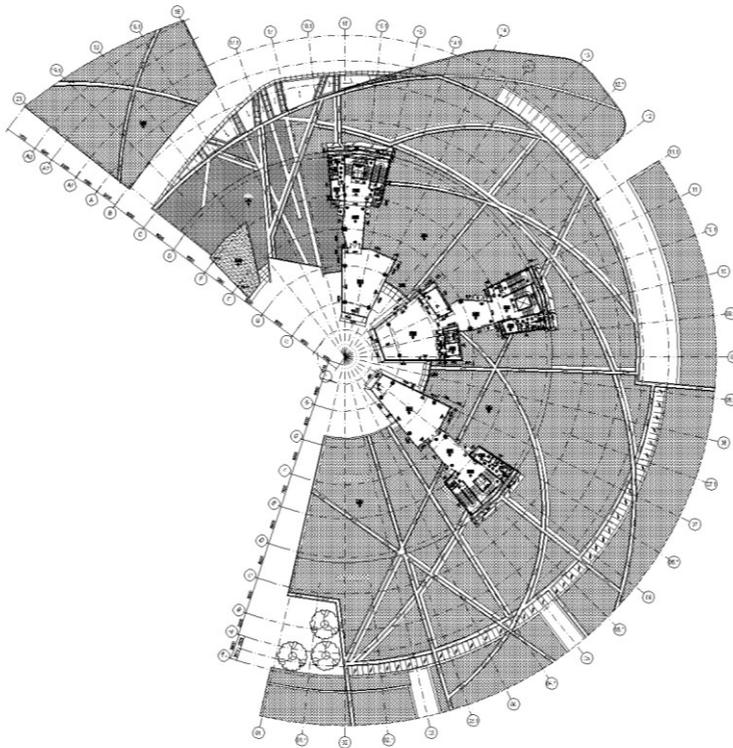
Lantai 3 merupakan lantai yang dilengkapi dengan fasilitas yang sama seperti lantai 2 yaitu berupa ruang koleksi, ruang baca, dan ruang diskusi. Namun berbeda dengan lantai 2, untuk ruang koleksi yang berada di lantai 3 ini diisi dengan koleksi tugas akhir mahasiswa UI, mulai dari skripsi maupun tesis. Pada ruang koleksi tugas akhir ini juga disediakan komputer untuk mempermudah pencarian nomor buku sesuai nomor rak yang sudah disediakan. Tugas akhir disusun berdasarkan kelompok skripsi atau tesis, kemudian dikelompokkan lagi sesuai dengan fakultas, dan diurutkan sesuai dengan tahun tugas akhir tersebut selesai. Tugas akhir tidak dapat dipinjam keluar ruangan koleksi namun para pembaca dapat memfotokopi halaman yang diperlukan.

Sama halnya seperti ruang koleksi dan ruang baca yang berada di lantai 2, ruang koleksi dan ruang baca di lantai 3 memanfaatkan *skylight* yang terdapat pada atap sebagai pencahayaan alaminya. Area tengah ruang ini digunakan sebagai area baca, namun pada area ini sudah menggunakan pencahayaan buatan berupa lampu. Bentuk atap miring yang landai hanya dapat menutupi sisi pinggir ruang saja sehingga sisi tengah ruang tidak mendapatkan cahaya langsung yang masuk dari *skylight*.



Gambar 4.15 Ruang koleksi dan ruang baca lantai 3 perpustakaan UI

4. Denah Lantai 4



Gambar 4.16 Denah perpustakaan UI lantai 4

Lantai 4 masih merupakan lantai yang dilengkapi dengan ruang-ruang penunjang aktivitas membaca maupun berdiskusi. Terdapat 2 ruang koleksi di lantai 4 ini, yaitu ruang koleksi yang berisi kumpulan jurnal dan buku sastra. Pada ruang koleksi di lantai 4 ini sudah tidak mendapatkan cahaya matahari yang masuk melalui *skylight*, sehingga pencahayaan yang digunakan hanya menggunakan pencahayaan buatan berupa lampu. Setiap ruang koleksi yang terdapat di lantai 2, 3, maupun 4 menggunakan kaca sebagai batas ruang antara ruang koleksi dengan sirkulasi. Untuk mempermudah pengunjung dalam mencari buku sesuai nomor rak dapat menggunakan komputer yang tersedia di area sirkulasi depan ruang koleksi. Pengunjung yang ingin masuk ke dalam ruang koleksi tidak boleh membawa tas namun diperbolehkan membawa tas yang bisa dipinjam saat menitipkan barang di ruang loker.



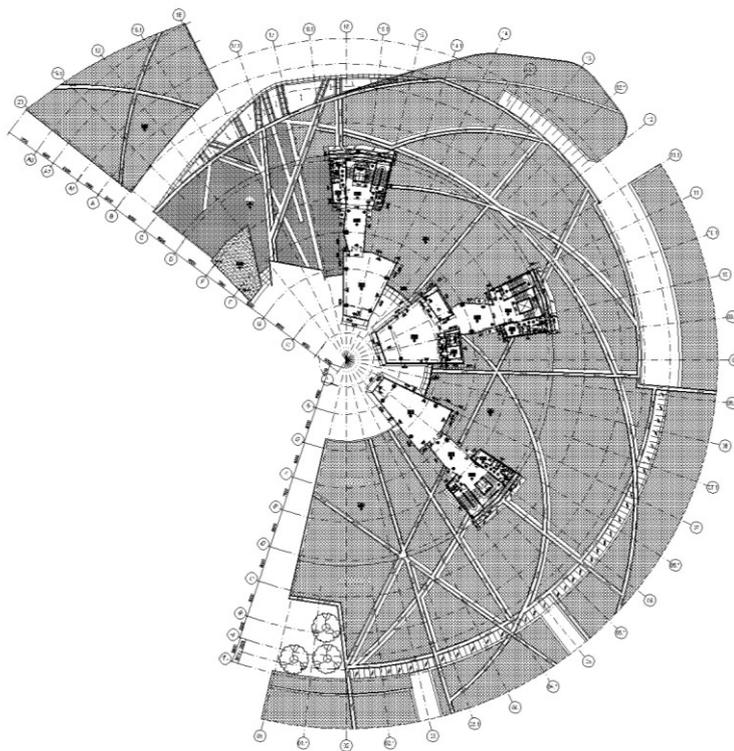
Gambar 4.17 Ruang koleksi lantai 4

Pada bagian ruang diskusi di lantai 4 masih sama seperti yang berada di lantai 2 dan 3. Penggunaan *tempered glass* 10mm masih diterapkan di sekeliling ruang diskusi sehingga cahaya dapat masuk ke dalam ruang.



Gambar 4.18 Ruang diskusi lantai 4

5. Denah Lantai 5



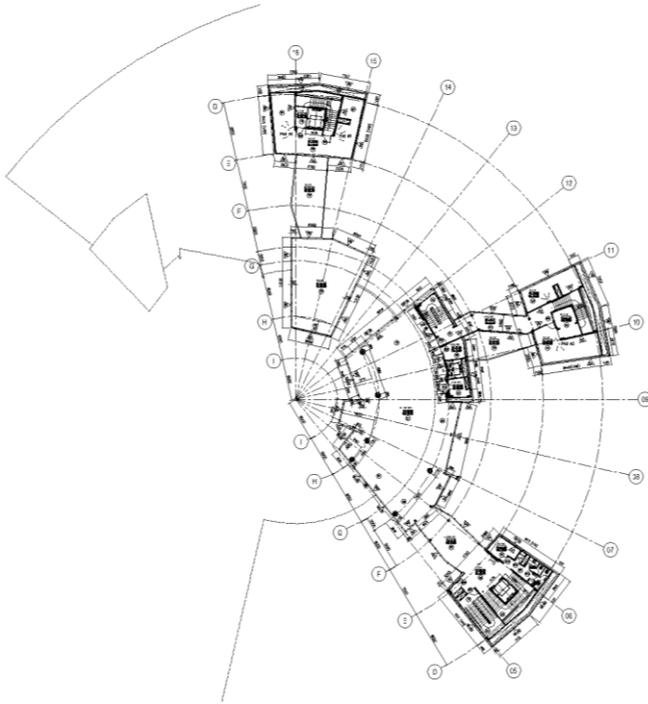
Gambar 4.19 Denah lantai 5 perpustakaan UI

Fungsi ruang yang terdapat pada lantai 5 berbeda dengan lantai 1-4, sudah tidak terdapat ruang koleksi dan ruang diskusi pada lantai ini. Lantai 5 merupakan area yang hanya dapat diakses oleh beberapa orang saja yaitu seperti pengelola perpustakaan dan orang-orang yang memiliki keperluan. Pada lantai ini terdapat ruang sidang dan lab komputer. Ruang sidang dengan luas 124.3 m² mampu menampung 70 – 80 orang. Ruang diskusi berada di sisi selatan bangunan dan memiliki bukaan yang dapat memasukan cahaya alami ke dalam ruang.



Gambar 4.20 Ruang sidang lantai 5

6. Denah Lantai 6



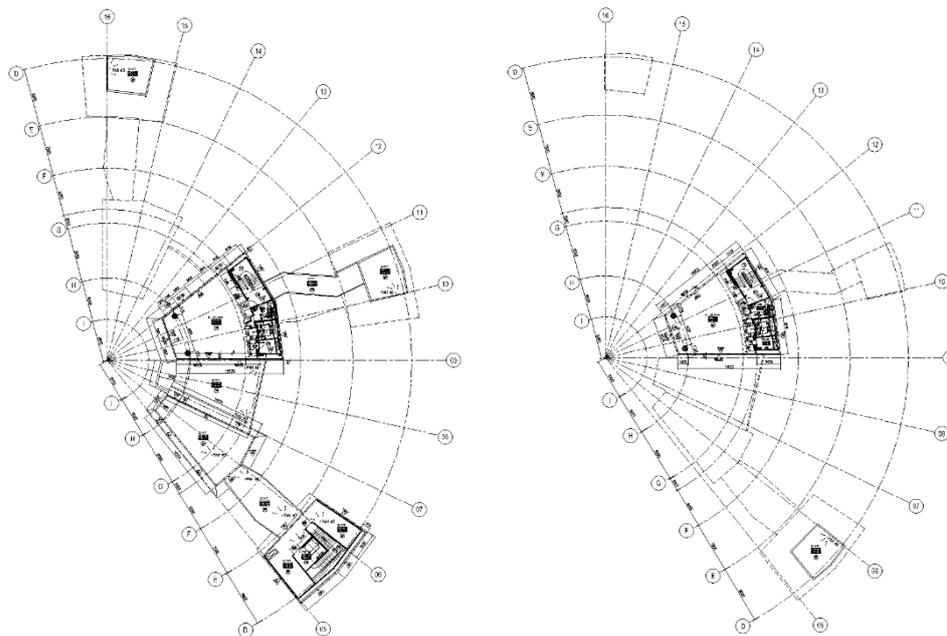
Gambar 4.21 Denah lantai 6 perpustakaan UI

Ruang yang berada pada lantai 6 memiliki fungsi ruang sebagai ruang auditorium dengan luas ruang yang lebih besar dibandingkan dengan ruang sidang pada lantai 5 yaitu sebesar 191.4 m², sehingga ruang auditorium ini mampu menampung hingga 200 orang. Ruang auditorium pada lantai ini juga memanfaatkan pencahayaan alami sebagai penerangan dalam ruang saat siang hari.



Gambar 4.22 Ruang auditorium lantai 6

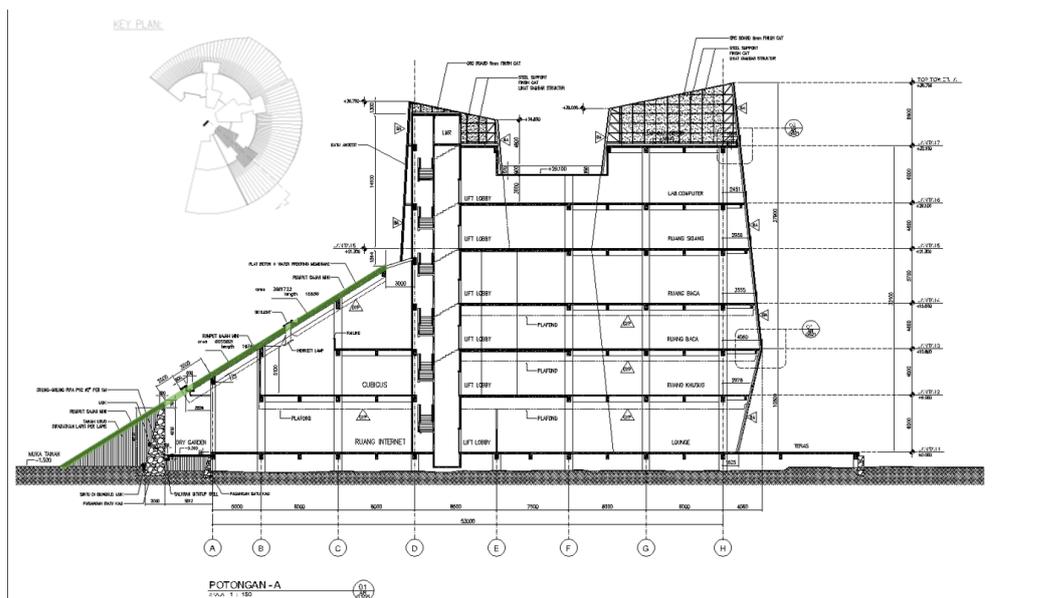
7. Denah Lantai 7 dan Lantai 8



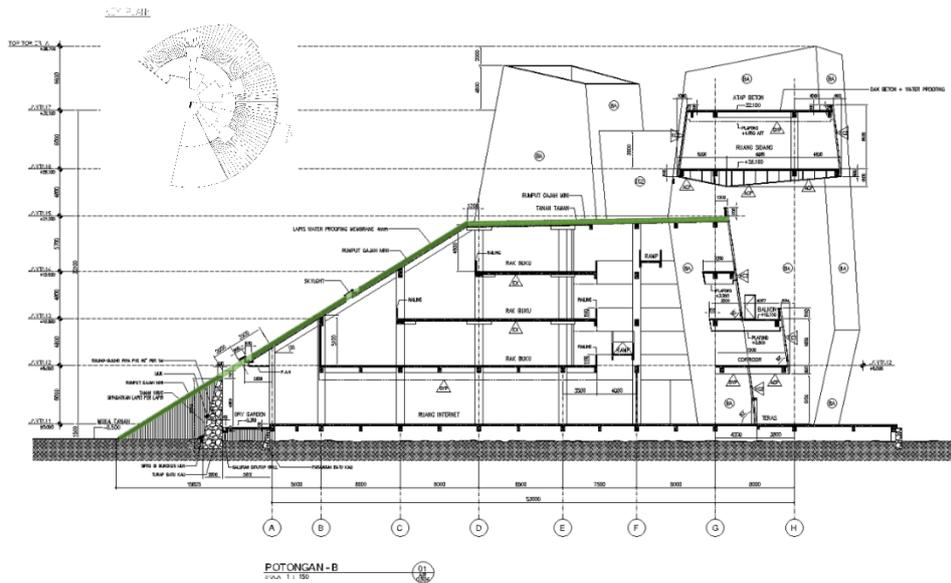
Gambar 4.23 Denah lantai 7 (kiri) denah lantai 8 (kanan) perpustakaan UI

Ruang yang terdapat pada lantai 7 dan lantai 8 memiliki fungsi ruang yang sama yaitu ruang laboratorium komputer. Pada ruang ini juga memanfaatkan pencahayaan alami sebagai penerangan dalam ruang saat siang hari, karena ruang ini dikelilingi oleh *tempered glass* 10mm yang dapat memasukan cahaya matahari.

8. Potongan Bangunan



Gambar 4.24 Potongan A bangunan



Gambar 4.25 Potongan B bangunan

9. Tampak Bangunan

Bangunan perpustakaan UI memiliki tampak yang cukup berbeda apabila dilihat dari sisi selatan dengan sisi utara. Sisi utara bangunan perpustakaan ini menghadap ke gedung fakultas hukum dan fakultas ilmu komputer. Apabila bangunan perpustakaan ini dilihat dari sisi utara, yang terlihat adalah bangunan dengan penutup atap berupa *green roof*. Sehingga penampilan bangunan dari sisi utara seperti bukit hijau dengan bebatuan yang muncul pada area tengah bukit. Penggunaan *green roof* dan sedikit bukaan pada sisi utara disebabkan karena matahari panas berada di sisi utara.

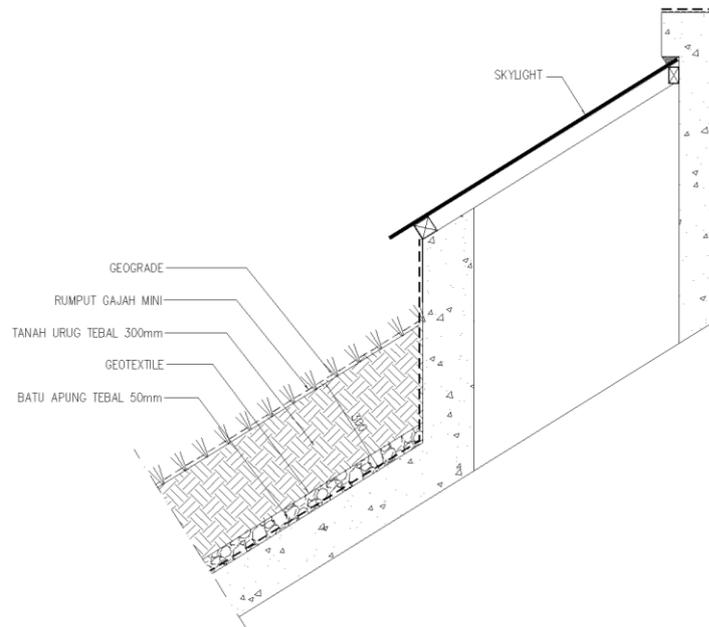


Gambar 4.26 Tampak utara perpustakaan

Sisi selatan bangunan perpustakaan ini menghadap ke danau kenanga dengan *view* gedung rektorat UI. Tampak sisi selatan cukup bertolak belakang dengan sisi utara. Penggunaan batu andesit sebagai penutup material dinding yang menambah estetika bangunan dan banyaknya bukaan berupa *curtain wall* dengan *tempered glass* 10mm dapat menjaga kelembaban udara di dalam. Danau kenanga sebagai *view* di sisi utara dapat

yang ketebalannya mencapai 300 mm dan lapisan *geotextile* yang terdapat pada *green roof* mampu menahan panas matahari mengenai beton penahan *green roof* sehingga udara panas sudah dikembalikan lagi ke udara sebelum memasuki ruangan.

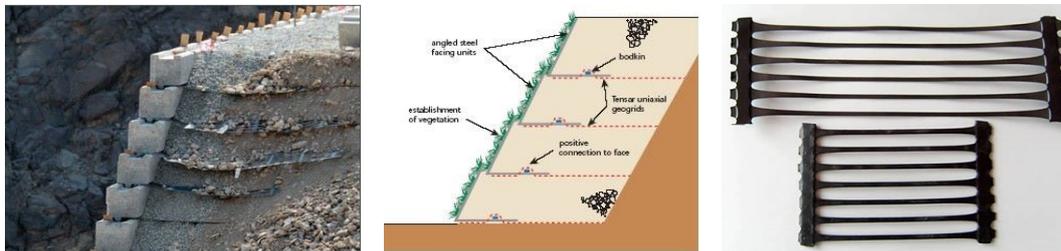
Material *green roof* perpustakaan Universitas Indonesia yaitu:



Gambar 4.29 Detail *green roof*

1. Geograde

Geogrid adalah bahan Geosintetik yang berfungsi sebagai Perkuatan (*reinforcement*) dan Stabilisasi (*stabilization*). Pada *green roof* perpustakaan UI ini menggunakan jenis geogrid uniaxial yang berfungsi sebagai material perkuatan pada sistem konstruksi dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) dan perkuatan lereng (*Slope reinforcement*).



Gambar 4.30 Geogrid uniaxial

2. Rumput Gajah Mini

Tanaman yang digunakan sebagai penutup atap dari perpustakaan UI ini adalah rumput gajah mini (*Pennisetum Purpureum Schamach*). Rumput gajah mini ini merupakan salah satu kategori tanaman penutup tanah (*Ground cover*). Tanaman ini memiliki karakteristik mempunyai daun yang panjang, cukup lebar, tumbuh di atas lapisan tanah,

dengan keadaan tanah yang cenderung lembab dan kuat tanpa pengairan yang cukup. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Retsa tahun 2012 menyatakan bahwa model *green roof* yang paling stabil dari sisi fluktuasi temperaturnya adalah model *green roof* dengan menggunakan tumbuhan rumput gajah mini. Karena karakter daunnya tidak tumbuh ke atas, melainkan menyamping, dan tahan cuaca, dari pola nya yang rapat dan pola tumbuh kesamping, rumput gajah mini cocok untuk menjadi pelindung pada penggunaan atap *green roof*, dan dapat menahan panas cahaya hingga 30% .



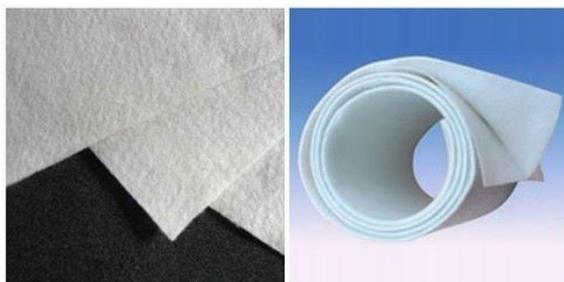
Gambar 4.31 Rumput gajah mini

3. Tanah Urug

Tanah urug dalam lapisan *green roof* ini merupakan lahan untuk menanam rumput gajah mini. Pasir / batu dapat digunakan untuk meratakan / meninggikan tanah urug tersebut. Pada perpustakaan UI ini tanah urug pada *green roof* mencapai ketebalan 300 mm.

4. Geotextile

Geotextile (Geotekstil / *Filter Fabrics*) adalah salah satu bahan *Geosynthetics* (Geosintetik) yang tembus air, yang dapat digunakan / berfungsi sebagai separator, *filter*, proteksi, dan perkuatan. Bahan dasar pembuatannya adalah *Polyester* atau *Polypropilene*. Dalam perpustakaan UI penempatan lapisan *geotextile* tepat berada diatas batu apung, dan tepat dibawah tanah urug, lapisan *geotextile* menjadi pemisah diantara keduanya.



Gambar 4.32 Geotextile woven

5. Batu Apung



Gambar 4.33 Batu apung

Karakteristik batu apung adalah kedap suara, mudah dibentuk atau dipahat menjadi blok-blok yang berukuran besar, sehingga dapat mengurangi pelesteran. Selain itu batu apung juga tahan terhadap api, kondensi, jamur dan panas, serta cocok untuk akustik. Dalam sektor industri lain, batu apung digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*), pemoles/penggosok (*polishing*), pembersih (*cleaner*), *stonewashing*, abrasif, isolator temperatur tinggi dll. Dengan karakteristik batu apung yang mampu menjadi isolator panas maka dengan adanya material batu apung pada lapisan *green roof* ini dapat menurunkan suhu udara.

6. *Waterproofing* Membrane



Gambar 4.34 *Waterproofing* membrane

Waterproofing adalah sebuah lapisan kedap air yang biasa digunakan pada atap dak beton, GWT (*ground water tank*), STP (*Steward treatment Planning*), dinding *basement* dan sebagainya. Jenis *waterproofing* yang digunakan adalah jenis *membrane*. Jenis ini biasa digunakan pada atap dak beton. Lembaran tersebut terbuat dari bahan bitumen yang telah dimodifikasi resin khusus, penstabil dan antioksidan dan diperkuat dengan serat polyester tidak ditentukan (*non woven polyester fabric*) 200 gram/m² dengan tebal lembaran 3mm. Kelebihan dari *waterproofing* sistem *membrane* adalah tidak mudah terpengaruh cuaca dan suhu, aman digunakan didaerah terbuka, cepat dan praktis dalam pemasangan

pada daerah yang luas, dll. Pada perpustakaan UI penggunaan lembaran ini untuk menahan akar-akar tanaman serta mampu menahan panas masuk kedalam bangunan.

7. Cat Primer

Cat Primer adalah lapisan pertama yang dicat-kan pada permukaan bahan / *medium*. Fungsi cat primer ini adalah untuk memberikan daya lekat yang baik terhadap permukaan bahan, mampu memberikan daya lekat yang baik terhadap cat berikutnya, dan memberikan daya tahan yang baik terhadap karat.

8. Plat Lantai Miring Tebal 150mm

Plat lantai yang dimaksud adalah plat lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, jadi merupakan lantai tingkat. Plat lantai ini didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Fungsi dari plat lantai ini adalah untuk memisahkan ruang bawah dan ruang atas, sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas, untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah, meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah, dan menambah kekakuan bangunan pada arah horisontal.

4.2.6 Kondisi Termal Bangunan

Dilihat dari kondisi termal bangunan ini, ruangan-ruangan yang terdapat di dalam perpustakaan termasuk kedalam kategori panas. Hal ini diketahui dari hasil studi pustaka yang kemudian dibuktikan dengan melakukan pengukuran suhu ruangan dengan menggunakan *thermo-hygrometer* dan mendapat rata-rata suhu ruangan adalah 29°C-32°C dengan kelembaban rata-rata 56-70%. Rasa nyaman saat beraktivitas di dalam ruangan dapat diperoleh apabila suhu berkisar 23°C pada kelembaban 50% sampai 26°C pada kelembaban 70% (ASHRAE, 2004), sedangkan menurut rekomendasi SNI menyebutkan bahwa daerah kenyamanan suhu hangat untuk wilayah tropis adalah 25,8°C-27,1°C. Selain menurut hasil studi pustaka, rata-rata pengguna perpustakaan juga mengatakan bahwa ruangan tersebut termasuk kedalam kategori hangat. Hal ini diketahui melalui kuesioner yang disebar kepada pengguna perpustakaan sebagai respondennya.

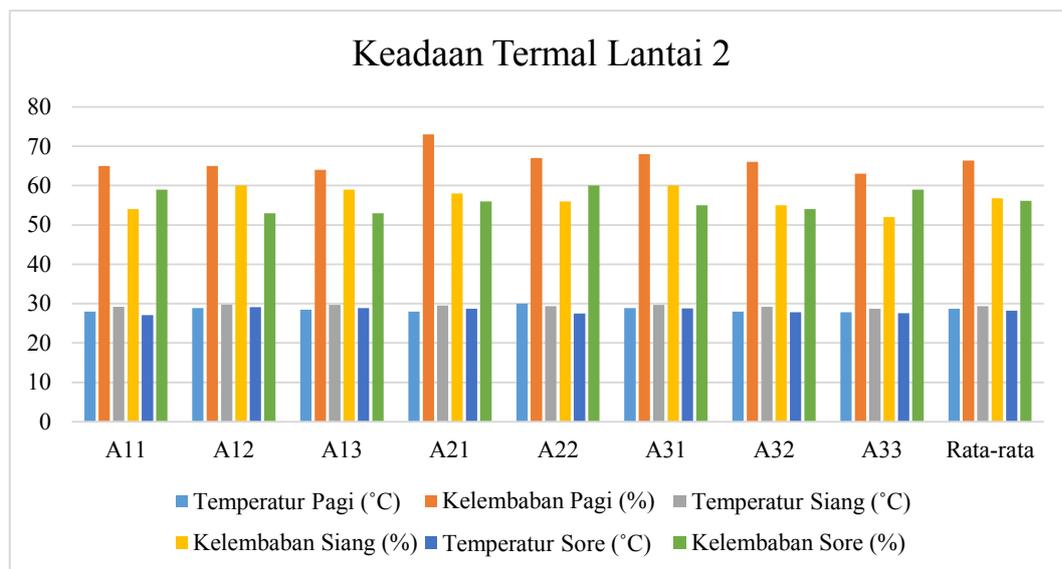
4.3 Perekapan Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban

Hasil pengukuran suhu yang dilakukan pada perpustakaan disusun dalam sebuah tabel 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 WIB. Gambar 4.35 , Gambar 4.37 ,

dan Gambar 4.39 merupakan denah titik pengukuran suhu dan kelembaban ruang yang dilakukan pada lantai 2, lantai 3, dan lantai 4.



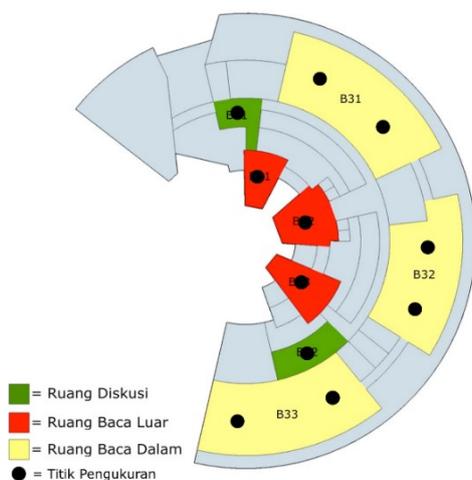
Gambar 4.35 Titik pengukuran lantai 2



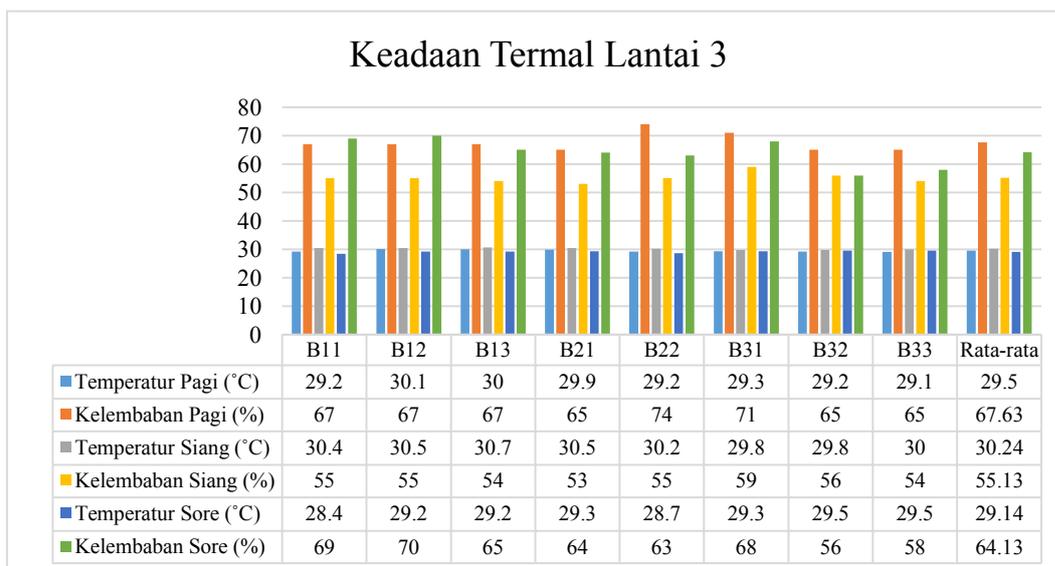
Gambar 4.36 Grafik keadaan termal ruang pada lantai 2

Pada gambar 4.36 dapat dilihat grafik yang menunjukkan keadaan termal yang terjadi di lantai 2 perpustakaan selama satu hari pada 3 waktu pengukuran yaitu pagi, siang, dan sore. Pada ruang A11 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 di 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 kelembaban relatif juga diukur pada titik yang sama dengan waktu yang sama juga.

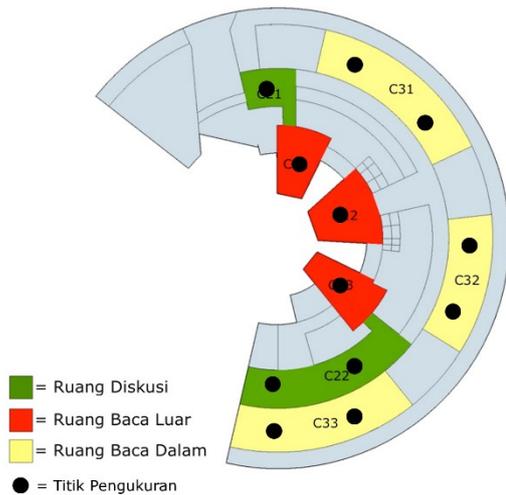
Sehingga rata-rata kelembaban dari ruangan dilantai 2 pada pagi hari adalah sebesar 66.4%, pada siang hari sebesar 56.8%, dan pada sore hari sebesar 56.1%.



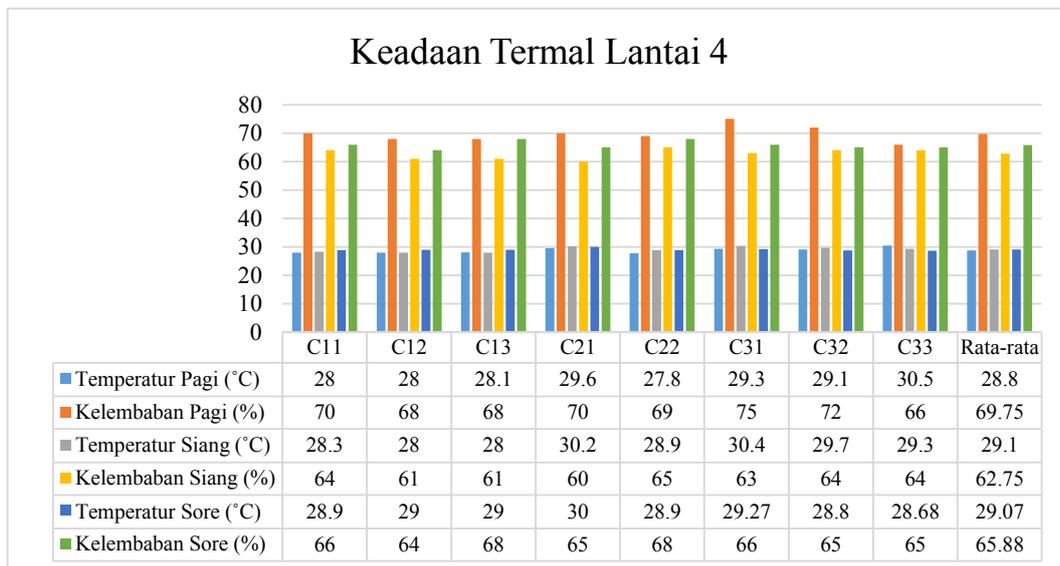
Gambar 4.37 Titik pengukuran lantai 3



Gambar 4.38 Grafik keadaan termal ruang pada lantai 3



Gambar 4.39 Titik pengukuran lantai 4



Gambar 4.40 Grafik keadaan termal ruang pada lantai 4

Pada gambar 4.38 dapat dilihat grafik yang menunjukkan keadaan termal yang terjadi di lantai 3 perpustakaan selama satu hari pada 3 waktu pengukuran yaitu pagi, siang, dan sore. Pada ruang B11 temperatur udara pada pagi hari sebesar 29.2°C , kemudian mengalami kenaikan suhu menjadi 30.4°C pada siang hari, dan pada sore hari suhu 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 29.5°C , pada siang hari adalah 30.2°C , dan pada sore hari adalah 29.2°C . Untuk kelembaban relatif juga diukur pada titik yang sama dengan waktu yang sama juga. Sehingga rata-rata kelembaban dari ruangan dilantai 3 pada pagi hari sebesar 67.6%, pada siang hari sebesar 55.1%, dan pada sore hari sebesar 64.1%.

Pada gambar 4.40 dapat dilihat grafik yang menunjukkan keadaan termal yang terjadi di lantai 3 perpustakaan selama satu hari pada 3 waktu pengukuran yaitu pagi, siang, dan

sore. Pada ruang C11 temperatur udara pada pagi hari sebesar 29.2°C, kemudian mengalami kenaikan suhu menjadi 30.4°C pada siang hari, dan pada sore hari suhu 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 kelembaban relatif juga diukur pada titik yang sama dengan waktu yang sama juga. Sehingga 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%.

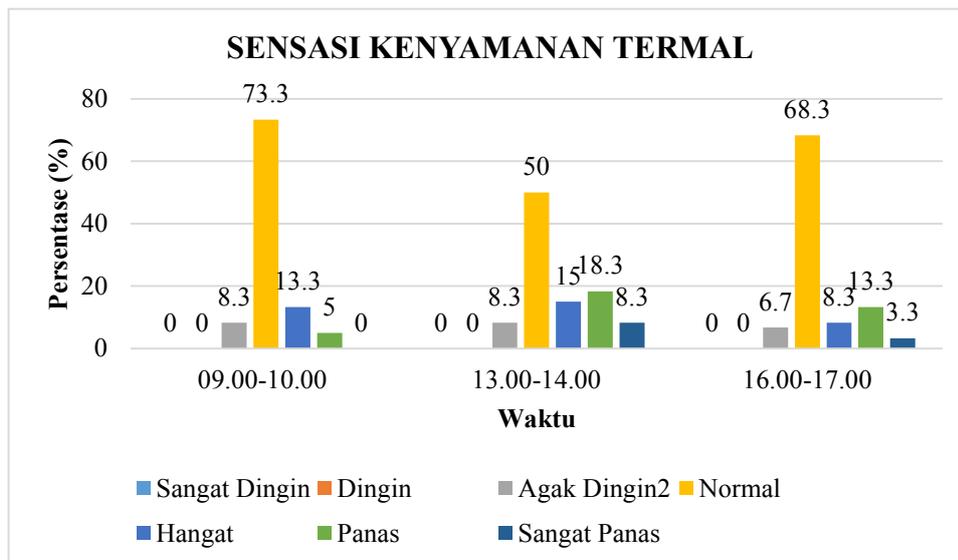
4.4 Perekapan Hasil Kuesioner

Kuesioner yang disebarakan kepada pengguna perpustakaan sebagai respondennya dilakukan untuk mengetahui bagaimana persepsi termal yang dirasakan, selain itu juga untuk mengetahui sejauh mana pengetahuan masyarakat mengenai *green roof* dan pengaruhnya terhadap kenyamanan termal ruangan. Bentuk kuesioner yang disebarakan dapat dilihat pada lampiran 1. Untuk identitas responden yang diisikan adalah berupa usia, jenis kelamin, tinggi badan, dan berat badan. Selain itu responden diminta untuk memilih kombinasi pakaian yang sedang digunakan saat mengisi kuesioner. Informasi tersebut nantinya akan dianalisis untuk mengetahui bagaimana pengaruh faktor setiap individu terhadap kenyamanan termal yang dirasakan. Terdapat 4 pertanyaan yang nantinya harus dijawab oleh responden. Pertanyaan tersebut dibuat untuk mengetahui bagaimana sensasi termal yang dirasakan oleh setiap responden dan kenyamanan yang dirasakan oleh responden. Hasil rekap kuesioner untuk lantai 2, lantai 3, dan lantai 4 dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 4.1
Rekap Identitas Responden

	Pertanyaan	Jumlah
a.	Jenis kelamin	
	Laki-laki	52
	Perempuan	127
b.	Usia	
	≤ 15 Tahun	3
	16 – 20 Tahun	86
	21 – 25 Tahun	84
	26 – 30 Tahun	4
	≥ 31 Tahun	3
c.	Nilai Rata-rata insulasi pakaian	0.7
d.	Nilai rata-rata metabolisme responden	1.2

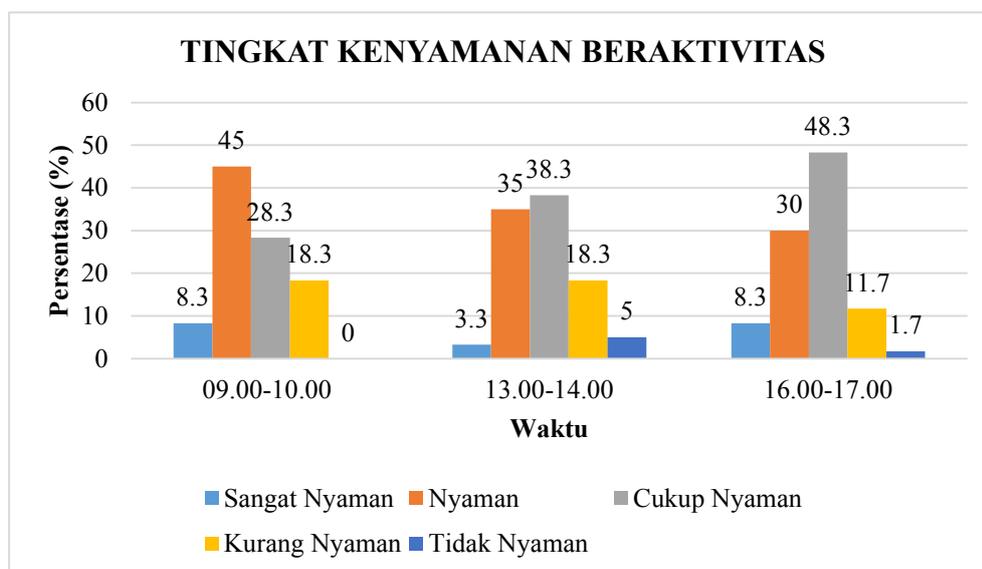
4.4.1 Sensasi Kenyamanan Termal Pengguna



Gambar 4.41 Grafik sensasi kenyamanan termal pengguna

Berdasarkan gambar 4.41, dapat dilihat sensasi termal yang dirasakan oleh pengguna perpustakaan yang sedang beraktivitas di ruang baca maupun ruang diskusi. Mayoritas pengguna perpustakaan memberi tanggapan netral terhadap sensasi termal pada ruang ini, yaitu sebanyak 73% pada pukul 09.00-10.00 WIB, sebanyak 70% pada pukul 12.00-14.00 WIB, dan 80% pada pukul 16.00-17.00 WIB. Rata-rata suhu dan kelembaban ruang pada lantai 2 ini pada pukul 09.00-10.00 WIB adalah 28.6°C dan 66.7%. pada pukul 13.00-14.00 WIB adalah 29.4°C dan 61%. Pada pukul 16.00-17.00 WIB adalah 28.3°C dan 57%.

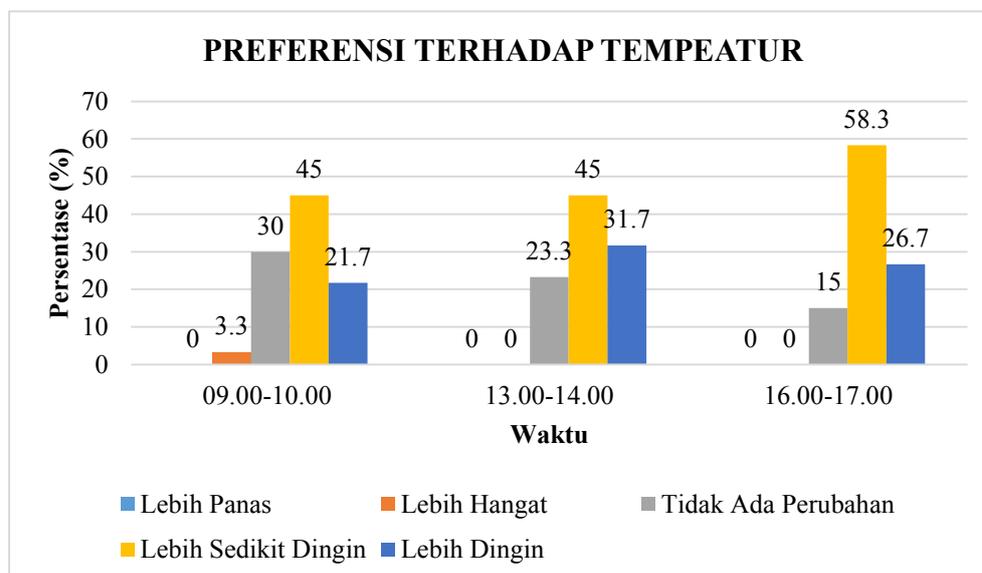
4.4.2 Tingkat Kenyamanan Pengguna



Gambar 4.42 Grafik tingkat kenyamanan pengguna saat beraktivitas

Tingkat kenyamanan pengguna saat beraktivitas di dalam ruang baca dan ruang diskusi dapat dilihat pada grafik kenyamanan diatas. Pada pukul 09.00-10.00 WIB sebanyak 45% yaitu sejumlah 27 pengguna merasa nyaman beraktivitas di perpustakaan dengan keadaan temperatur udara 29°C dan kelembaban udara pada ruang adalah 68.7%. Pada pukul 13.00-14.00 WIB sebanyak 38% yaitu sejumlah 23 pengguna merasa cukup nyaman beraktivitas di perpustakaan. Sebanyak 35% yaitu sejumlah 21 pengguna merasa sudah nyaman untuk beraktivitas di perpustakaan dengan keadaan temperatur udara 29.7°C dan kelembaban udara pada ruang adalah 58.3%. Sedangkan pada pukul 16.00-17.00 WIB sebanyak 48.3% yaitu sejumlah 29 pengguna merasa cukup nyaman beraktivitas di perpustakaan dengan keadaan temperatur udara 29°C dan kelembaban udara pada ruang adalah 61.8%. Pada gambar 4.42 dapat dilihat bahwa mayoritas pengguna perpustakaan pada pagi hari merasa nyaman untuk beraktivitas di perpustakaan, sedangkan pada siang hari menjelang sore hari mayoritas merasa cukup nyaman untuk beraktivitas di perpustakaan karena adanya kenaikan temperatur udara pada ruang.

4.4.3 Preferensi Pengguna Terhadap Temperatur



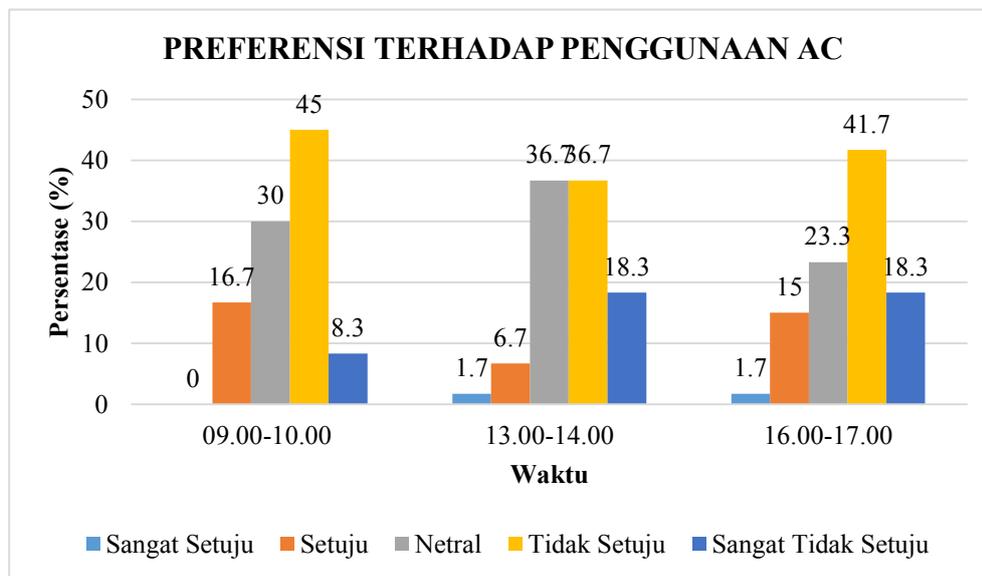
Gambar 4.43 Grafik preferensi pengguna terhadap temperatur ruang

Pada gambar 4.43 dapat dilihat bagaimana preferensi pengguna perpustakaan terhadap temperatur udara pada ruang baca dan ruang diskusi perpustakaan. Pada pukul 09.00-10.00 WIB dan 13.00-14.00 WIB sebanyak 45% yaitu 27 pengguna mengatakan temperatur ruangan menjadi sedikit lebih dingin dibandingkan temperatur awal yaitu sebesar 29°C. Preferensi tersebut juga dirasakan pengguna pada pukul 16.00-17.00 WIB sebanyak 58.3% sejumlah 35 pengguna. Dapat dilihat bahwa preferensi pengguna terhadap temperatur

udara dalam ruang diskusi maupun ruang baca perpustakaan mengatakan bahwa ingin lebih sedikit dingin baik pagi hari, siang hari, maupun sore hari.

4.4.4 Preferensi Pengguna terhadap Penggunaan AC

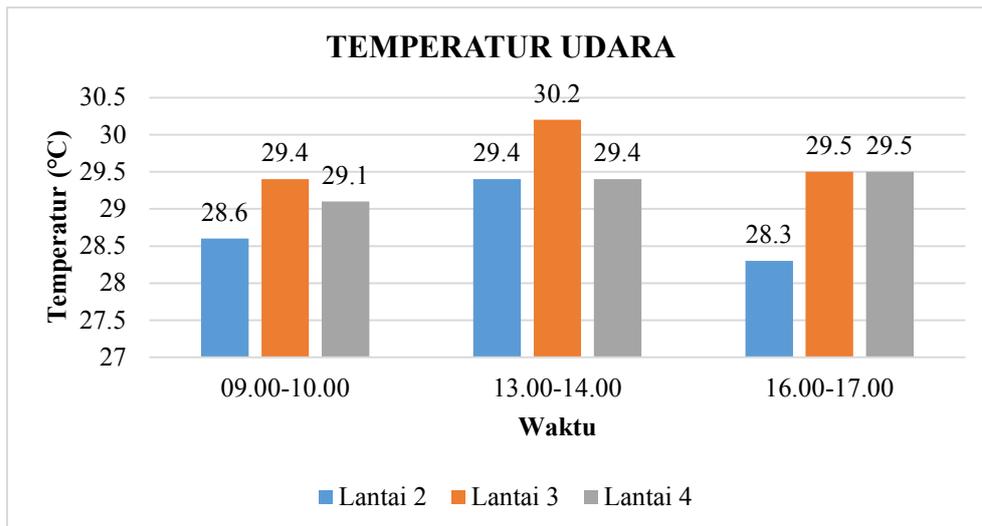
Preferensi pengguna terhadap penggunaan penghawaan buatan (AC) pada ruang diskusi dan ruang baca perpustakaan dapat dilihat pada Gambar 4.44. Dari ketiga waktu penyebaran kuesioner yang dilakukan mayoritas para pengguna perpustakaan mengatakan tidak setuju terhadap kondisi termal perpustakaan yang sudah baik tanpa menggunakan AC.



Gambar 4.44 Grafik preferensi pengguna terhadap penggunaan AC

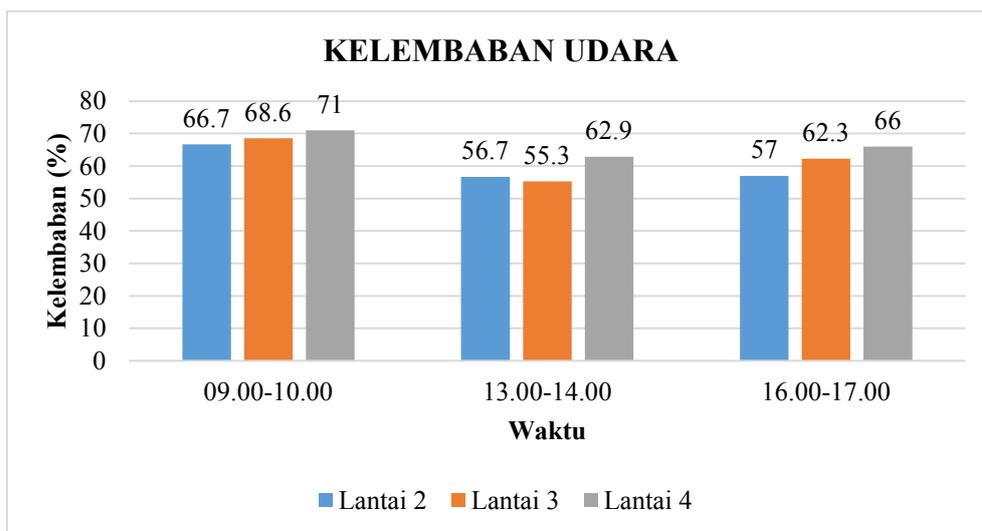
4.5 Pengolahan Data

Setelah memasukan data pengukuran keadaan termal kedalam tabel, data tersebut disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah proses analisis. Grafik ini dikelompokkan berdasarkan waktu pengukuran dan lantai pada perpustakaan UI. Gambar 4.45 merupakan grafik rata-rata temperatur udara pada setiap lantai dalam 3 waktu pengukuran. Sedangkan pada gambar 4.46 menunjukkan grafik rata-rata kelembaban udara pada setiap lantai pada 3 waktu pengukuran.



Gambar 4.45 Grafik rata-rata pengukuran temperatur udara

Berdasarkan Gambar 4.45 dapat dilihat bahwa rata-rata temperatur udara paling tinggi pada pukul 09.00-10.00 WIB maupun 13.00-14.00 WIB terdapat pada lantai 3 yaitu 29.4°C dan 30.2°C. Sedangkan pada pukul 16.00-17.00 WIB rata-rata temperatur udara antara lantai 3 dan lantai 4 memiliki rata-rata temperatur yang sama yaitu 29.5°C.



Gambar 4.46 Grafik rata-rata pengukuran kelembaban udara

Berdasarkan Gambar 4.46 yang telah dilakukan terdapat pada lantai 4, yaitu sebesar 71% pada pukul 09.00-10.00 WIB, 62.9% pada pukul 13.00-14.00 WIB, dan 66% pada pukul 16.00-17.00.

4.5.1 Penilaian *Metabolic Rate* (Laju Metabolisme)

Dalam penelitian ini perhitungan laju metabolisme (met) didapatkan dari aktivitas yang dilakukan responden saat di perpustakaan. Aktivitas yang dilakukan cukup beragam, yaitu ada yang tidur, duduk sambil membaca, menulis, maupun mengetik. Kegiatan yang

dilakukan dari masing-masing responden diketahui saat mengisi kolom aktivitas yang sudah disediakan pada kuesioner. Tabel 4.2 merupakan nilai metabolisme yang dilakukan responden, sedangkan pada tabel 4.3 dapat dilihat rata-rata nilai met yang dilakukan oleh semua responden.

Tabel 4.2
Penilaian Laju Metabolisme

Aktivitas	Met
Tidur	0,7
Duduk, membaca	0,9
Duduk, menulis	1,0
Duduk, mengetik atau berbicara	1,2 - 1,4

Tabel 4.3
Output Laju Metabolisme SPSS 2.0

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
met	180	.70	1.40	1.1944	.23511
Valid N (listwise)	180				

Metabolisme tubuh adalah tingkat transformasi energi kimia menjadi panas dan mekanik kerja oleh aktivitas metabolik suatu organisme (ASHRAE, 2004). Metabolisme diukur dalam satuan Met ($1 \text{ Met} = 58.15 \text{ W/m}^2$). Berdasarkan perhitungan nilai rata-rata metabolisme responden adalah sebesar 1.2, sehingga laju metabolismenya adalah $1.2 \times 58.15 = 69.78 \text{ W/m}^2$.

4.5.2 Perhitungan Nilai Insulasi Pakaian (*Clothing Insulation*)

Nilai *Clothing Insulation* (Clo) didapatkan melalui perhitungan rata-rata antara nilai Clo laki-laki dan perempuan yang diambil berdasarkan data pakaian responden saat mengisi kuesioner. Rata-rata responden adalah mahasiswa, sehingga diasumsikan menggunakan pakaian standar perkuliahan seperti pada umumnya.

Berdasarkan data yang diperoleh dari kuesioner yang diisi oleh responden pada identitas dan kombinasi pakaian yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.3 yaitu penilaian clo dari responden laki-laki dan perempuan.

Tabel 4.4
Penilaian Clothing Insulation

Perempuan		Laki-laki	
Pakaian	Clo	Pakaian	Clo
Bra	0.01	Underwear	0.04
Underwear	0.03	Kaos oblong	0.08
Baju lengan pendek	0.19	Kemeja lengan pendek	0.19
Baju lengan panjang	0.25	Kemeja lengan panjang	0.25
Sweater/Jaket	0.36	Sweater/Jaket	0.36
Rok/Celana	0.23	Celana	0.23
Kaos kaki panjang	0.06	Kaos kaki panjang	0.06
Kaos kaki ankle	0.02	Kaos kaki ankle	0.02
Sepatu	0.02	Sepatu	0.02

(Sumber: ASHRAE (2005))

Berdasarkan perhitungan nilai clo dengan menggunakan SPSS 2.0 yang sudah dilakukan dalam menghitung rata-rata clo dari seluruh responden didapatkan sebesar 0.70 dengan nilai clo paling rendah adalah 0.32 dan paling tinggi adalah 1.13.

Tabel 4.5
Output Clothing Insulation SPSS 2.0

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
clo	180	.32	1.13	.7001	.14313
Valid N (listwise)	180				

4.5.3 Penentuan Standar Kenyamanan Termal

Terdapat beberapa referensi yang menyebutkan batas-batas untuk menentukan kenyamanan termal. Pada tabel 4.6 terdapat skala sensasi termal yang menentukan batas kenyamanan termal menurut standar ASHRAE. Batas netral sesuai standar itu sendiri apabila nilai *Predicted Mean Vote* (PMV) berkisar $-0.5 < PMV < +0.5$ dengan nilai PPD $< 10\%$. Namun untuk nilai PMV sebesar $-1 < PMV < +1$ dengan nilai PPD 25% dianggap masih memasuki batas nyaman walaupun bukan berada di batas netral, di mana PMV -1 berarti keadaan termal sedikit dingin, dan +1 berarti keadaan termal sedikit hangat.

Tabel 4.6
Skala Kenyamanan Termal

Skala ASHRAE	Nilai
Sangat Panas	+3
Panas	+2
Hangat	+1
Normal	0
Agak Dingin	-1
Dingin	-2
Sangat Dingin	-3

(sumber: ASHRAE)

Dalam penelitian ini menggunakan kuesioner untuk mengetahui bagaimana persepsi termal yang dirasakan oleh responden selama beraktivitas di perpustakaan. Kuesioner disebarkan kepada responden yang sedang beraktivitas di ruang diskusi maupun ruang

baca lantai 2, 3, dan 4. Kuesioner yang disebar perlu dilakukannya uji validitas dan reliabilitas. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 2.0 dengan mengkorelasikan antaran jawaban setiap pertanyaan dengan total jawaban dari setiap responden. Hasil korelasi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7
Output Korelasi SPSS 2.0

	p1	p2	p3	p4	Total	
p1	Pearson Correlation	1	.457**	.493**	.172*	.717**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.021	.000
	N	180	180	180	180	180
p2	Pearson Correlation	.457**	1	.330**	.212**	.692**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.004	.000
	N	180	180	180	180	180
p3	Pearson Correlation	.493**	.330**	1	.206**	.665**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.006	.000
	N	180	180	180	180	180
p4	Pearson Correlation	.172*	.212**	.206**	1	.594**
	Sig. (2-tailed)	.021	.004	.006		.000
	N	180	180	180	180	180
Total	Pearson Correlation	.717**	.692**	.665**	.594**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	180	180	180	180	180

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Dalam melakukan uji validitas kuesioner dilihat dari nilai *pearson correlation*-nya. Berdasarkan tabel r statistika untuk jumlah sampel 180 dengan signifikansi 5% maka nilai $df = 180 - 2$, $df = 178$. Untuk nilai $df = 178$ maka nilai r adalah 0.1463, sehingga apabila nilai *pearson correlation* lebih dari 0.1463 maka pertanyaan tersebut dikatakan valid. Dapat dilihat pada tabel 4.7 output dari SPSS 2.0 menunjukkan bahwa nilai *pearson correlation* dari pertanyaan 1 sampai pertanyaan 4 memiliki nilai lebih dari 0.1463, maka dari itu pertanyaan pada kuesioner ini dinyatakan valid. Setelah melakukan uji validitas dilakukan uji reliabilitas, tabel 4.8 menunjukkan hasil output uji reliabilitas.

Tabel 4.8
Output Uji Reliabilitas SPSS 2.0

Cronbach's Alpha	N of Items
.630	4

Kuesioner dapat dikatakan reliabel apabila nilai *Cronbach's Alpha* ≥ 0.6 (Riduwan, 2011). Dilihat dari tabel 4.8 bahwa nilai *Cronbach's Alpha* dari kuesioner yang disebar adalah 0.630, sehingga kuesioner ini dapat dikatakan reliabel.

Setelah dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas yang menyatakan bahwa kuesioner tersebut valid dan reliabel, maka kuesioner dapat digunakan. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai PMV dan PPD yang dilakukan berdasarkan kuesioner yang disebarakan kepada pengguna perpustakaan. Hasil perhitungan nilai PMV dan PPD perpustakaan UI dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9
Hasil Perhitungan Nilai PMV dan PPD dari Kuesioner

Waktu	Lantai	Sensasi Termal							PMV	PPD
		-3	-2	-1	0	1	2	3		
Pagi	2	0	2	4	7	5	2	0	0.05	20%
	3	0	2	0	10	5	3	0	0.35	25%
	4	0	0	4	10	2	4	0	0.30	20%
Siang	2	0	2	3	7	3	2	3	0.45	35%
	3	0	0	1	8	10	0	1	0.70	20%
	4	0	5	3	7	5	0	0	-0.40	25%
Sore	2	0	1	0	11	6	1	1	0.45	15%
	3	0	1	3	6	2	6	2	0.75	45%
	4	0	0	5	5	8	1	1	0.40	10%

Nilai PMV didapatkan dengan merata-ratakan nilai persepsi kenyamanan termal yang dirasakan responden.. sesuai dengan standar kenyamanan termal yang sudah ditentukan sebelumnya, batas kenyamanan termal berkisar $-0.5 < PMV < +0.5$. sehingga untuk perhitungan PPD adalah dengan mencari persentase responden yang memilih sensasi termal -3, -2, -1, +1, +2, dan +3.

Berdasarkan tabel perhitungan PMV yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa nilai PMV yang berada diluar batas kenyamanan termal adalah ruang baca dan ruang diskusi yang berada pada lantai 3. Pada siang hari sebanyak 20% responden merasa kurang nyaman saat beraktivitas di ruang baca maupun ruang diskusi lantai 3. Sedangkan pada sore hari sebanyak 45% responden merasa kurang nyaman atau bahkan tidak nyaman beraktivitas di ruang baca maupun ruang diskusi lantai 3.

Selain menentukan standar kenyamanan termal melalui kuesioner yang disebarakan pada reponden, nilai PMV dan PPD dapat menggunakan perhitungan berdasarkan pengukuran keadaan termal di lapangan. Perhitungan tersebut dapat menggunakan *software* CBE Thermal Comfort Tools.

Untuk melakukan perhitungan PMV dan PPD menggunakan *CBE Thermal Comfort Tools* ini harus diketahui elemen-elemen termal yang mempengaruhi kenyamanan termal. Dimana elemen-elemen tersebut adalah *air temperatur* ($^{\circ}C$), *mean radiant temperatur* ($^{\circ}C$), *air speed* (m/s), *humidity* (%), *metabolic rate* (met) dan *cloting level* (clo). Pada penelitian ini nilai *air temperatur* dan *mean radiant temperatur* diasumsikan sama. Setelah semua elemen dimasukan kedalam *software*, maka secara otomatis akan muncul *output* berupa

keterangan mengenai keadaan termal tersebut berdasarkan standar ASHRAE. Kemudian akan muncul nilai PMV, PPD, *sensation*, serta SET. Selain itu juga akan muncul *psychrometric chart (air temperatur)* dari keadaan termal yang sudah diinputkan.



Gambar 4.47 Perhitungan PMV dan PPD ruang A11 pagi hari

Berdasarkan gambar 4.47 dapat dilihat bahwa untuk ruang A11 pada pagi hari memiliki nilai PMV sebesar 1.27 dan nilai PPD sebesar 39%. Dari *software* ini dapat dilihat bahwa ruang A11 masuk kedalam kategori sedikit hangat (*slightly warm*), karena untuk tingkat netral pada ASHRAE Standard 55-2013 nilai PPD adalah sebesar $\leq 10\%$. Jadi ketika nilai $PPD > 10\%$, maka sudah dikategorikan kurang nyaman dan tidak nyaman. Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan PMV dan PPD untuk seluruh nilai keadaan termal pada setiap ruang pagi, siang, dan sore hari. Untuk titik PMV optimal adalah nilai yang mendekati angka 0,00. Dimana 0,00 merupakan keadaan netral bagi manusia pada umumnya. Dan untuk nilai PPD merupakan nilai yang paling kecil, karena PPD menunjukkan prosentase individu yang kurang atau bahkan tidak nyaman dengan keadaan termal berjumlah sedikit.

Tabel 4.10
 Nilai PMV dan PPD Berdasarkan Keadaan Termal Lantai 2

	Ruang	<i>Air Tempt.</i>	<i>RH</i>	<i>Radiant Tempt.</i>	<i>Air Speed</i>	Met	Clo	PMV	PPD	<i>Thermal Sensation</i>
		°C	%	°C	m/s					
Pagi	A11	28	65	28	0.0	1.2	0.7	1.27	39%	<i>Slightly Warm</i>
	A12	28.9	65	28.9	0.0	1.2	0.7	1.58	55%	<i>Warm</i>
	A13	28.5	64	28.5	0.0	1.2	0.7	1.46	49%	<i>Slightly Warm</i>
	A21	28	73	28	0.0	1.2	0.7	1.4	46%	<i>Slightly Warm</i>
	A22	30	67	30	0.0	1.2	0.7	1.91	73%	<i>Warm</i>
	A31	28.9	68	28.9	0.0	1.2	0.7	1.61	57%	<i>Warm</i>
	A32	28	66	28	0.0	1.2	0.7	1.34	42%	<i>Slightly Warm</i>
	A33	27.8	63	27.8	0.0	1.2	0.7	1.26	38%	<i>Slightly Warm</i>
Siang	A11	29.2	54	29.2	0.0	1.2	0.7	1.57	55%	<i>Warm</i>
	A12	29.8	60	29.8	0.0	1.2	0.7	1.79	66%	<i>Warm</i>
	A13	29.7	59	29.7	0.0	1.2	0.7	1.75	64%	<i>Warm</i>
	A21	29.5	58	29.5	0.0	1.2	0.7	1.69	61%	<i>Warm</i>
	A22	29.4	56	29.4	0.0	1.2	0.7	1.64	59%	<i>Warm</i>
	A31	29.7	60	29.7	0.0	1.2	0.7	1.76	65%	<i>Warm</i>
	A32	29.2	55	29.2	0.0	1.2	0.7	1.58	55%	<i>Warm</i>
	A33	28.7	52	28.7	0.0	1.2	0.7	1.41	46%	<i>Slightly Warm</i>
Sore	A11	27.1	59	27.1	0.0	1.2	0.7	1.04	28%	<i>Slightly Warm</i>
	A12	29.1	53	29.1	0.0	1.2	0.7	1.53	53%	<i>Warm</i>
	A13	28.9	53	28.9	0.0	1.2	0.7	1.48	50%	<i>Slightly Warm</i>
	A21	28.7	56	28.7	0.0	1.2	0.7	1.45	48%	<i>Slightly Warm</i>
	A22	27.5	60	27.5	0.0	1.2	0.7	1.15	33%	<i>Slightly Warm</i>
	A31	28.8	55	28.8	0.0	1.2	0.7	1.47	49%	<i>Slightly Warm</i>
	A32	27.8	54	27.8	0.0	1.2	0.7	1.19	35%	<i>Slightly Warm</i>
	A33	27.6	59	27.6	0.0	1.2	0.7	1.17	34%	<i>Slightly Warm</i>

Pada tabel 4.10 dapat dilihat hasil perhitungan nilai PMV dan PPD pada lantai 2. Berdasarkan pengolahan data tersebut didapatkan bahwa keseluruhan ruang pada lantai 2 baik pagi, siang, maupun sore masih memiliki nilai PMV > 1, sehingga masih berada diatas kategori nyaman. Ruangan yang paling tidak optimal adalah A22 pada pagi hari dengan temperatur udara 30°C, kelembaban relatif 67%, dan kecepatan angin 0.0 m/s dengan nilai PMV 1.91 dan nilai PPD 73%.

Nilai PMV sebesar 1.91 berdasarkan standar ASHRAE memberikan sensasi hangat terhadap seseorang. Dan titik tersebut sudah berada di luar batas nyaman dari metabolisme manusia. Sedangkan nilai PPD yang ditunjukkan adalah 75%, berarti lebih dari setengah responden yang berada di ruang baca maupun ruang diskusi merasa kurang nyaman atau bahkan tidak nyaman saat beraktivitas di dalam ruang A22.

Tabel 4.11
 Nilai PMV dan PPD Berdasarkan Keadaan Termal Lantai 3

	Ruang	Air	RH	Radiant	Air	Met	Clo	PMV	PPD	Thermal Sensation
		Temp. °C	%	Temp. °C	Speed m/s					
Pagi	B11	29.2	67	29.2	0.0	1.2	0.7	1.66	61%	Warm
	B12	30.1	67	30.1	0.0	1.2	0.7	1.94	74%	Warm
	B13	30	67	30	0.0	1.2	0.7	1.91	73%	Warm
	B21	29.9	65	29.9	0.0	1.2	0.7	1.86	70%	Warm
	B22	29.2	74	29.2	0.0	1.2	0.7	1.75	64%	Warm
	B31	29.3	71	29.3	0.0	1.2	0.7	1.75	64%	Warm
	B32	29.2	65	29.2	0.0	1.2	0.7	1.67	60%	Warm
	B33	29.1	65	29.1	0.0	1.2	0.7	1.64	58%	Warm
Siang	B11	30.4	55	30.4	0.0	1.2	0.7	1.91	72%	Warm
	B12	30.5	55	30.5	0.0	1.2	0.7	1.93	74%	Warm
	B13	30.7	54	30.7	0.0	1.2	0.7	1.98	76%	Warm
	B21	30.5	53	30.5	0.0	1.2	0.7	1.91	73%	Warm
	B22	30.2	55	30.2	0.0	1.2	0.7	1.85	70%	Warm
	B31	29.8	59	29.8	0.0	1.2	0.7	1.78	66%	Warm
	B32	29.8	56	29.8	0.0	1.2	0.7	1.75	64%	Warm
	B33	30	54	30	0.0	1.2	0.7	1.81	66%	Warm
Sore	B11	28.4	69	28.4	0.0	1.2	0.7	1.48	50%	Slightly Warm
	B12	29.2	70	29.2	0.0	1.2	0.7	1.71	62%	Warm
	B13	29.2	65	29.2	0.0	1.2	0.7	1.67	60%	Warm
	B21	29.3	64	29.3	0.0	1.2	0.7	1.68	61%	Warm
	B22	28.7	63	28.7	0.0	1.2	0.7	1.51	51%	Warm
	B31	29.3	68	29.3	0.0	1.2	0.7	1.72	63%	Warm
	B32	29.5	56	29.5	0.0	1.2	0.7	1.67	60%	Warm
	B33	29.5	58	29.5	0.0	1.2	0.7	1.69	61%	Warm

Pada tabel 4.11 dapat dilihat hasil perhitungan nilai PMV dan PPD pada lantai 3. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa ruang pada lantai 3 memiliki nilai $PMV > 1$ sama seperti ruangan pada lantai 2. Ruangan yang paling tidak optimal adalah B13 pada siang hari dengan temperatur udara $30.7^{\circ}C$, kelembaban relatif 54%, dan kecepatan angin 0.0 m/s dengan nilai PMV 1.98 dan nilai PPD 76%.

Nilai PMV sebesar 1.98 berdasarkan standar ASHRAE memberikan sensasi hangat terhadap seseorang. Dan titik tersebut sudah berada di luar batas nyaman dari metabolisme manusia. Sedangkan nilai PPD yang ditunjukkan adalah 76%, berarti lebih dari setengah responden yang berada di ruang baca maupun ruang diskusi merasa kurang nyaman atau bahkan tidak nyaman saat beraktivitas di dalam ruang B13.

Tabel 4.12
 Nilai PMV dan PPD Berdasarkan Keadaan Termal Lantai 4

	Ruang	<i>Air Tempt.</i>	<i>RH</i>	<i>Radiant Tempt.</i>	<i>Air Speed</i>	Met	Clo	PMV	PPD	<i>Thermal Sensation</i>
		°C	%	°C	m/s					
Pagi	C11	28	70	28	0.0	1.2	0.7	1.37	44%	<i>Slightly Warm</i>
	C12	28	68	28	0.0	1.2	0.7	1.36	43%	<i>Slightly Warm</i>
	C13	28.1	68	28.1	0.0	1.2	0.7	1.39	45%	<i>Slightly Warm</i>
	C21	29.6	70	29.6	0.0	1.2	0.7	1.82	68%	<i>Warm</i>
	C22	27.8	69	27.8	0.0	1.2	0.7	1.31	41%	<i>Slightly Warm</i>
	C31	29.3	75	29.3	0.0	1.2	0.7	1.78	66%	<i>Warm</i>
	C32	29.1	72	29.1	0.0	1.2	0.7	1.7	62%	<i>Warm</i>
	C33	30.5	66	30.5	0.0	1.2	0.7	2.04	79%	<i>Warm</i>
Siang	C11	28.3	64	28.3	0.0	1.2	0.7	1.41	46%	<i>Slightly Warm</i>
	C12	28	61	28	0.0	1.2	0.7	1.3	40%	<i>Slightly Warm</i>
	C13	28	61	28	0.0	1.2	0.7	1.3	40%	<i>Slightly Warm</i>
	C21	30.2	60	30.2	0.0	1.2	0.7	1.9	72%	<i>Warm</i>
	C22	28.9	65	28.9	0.0	1.2	0.7	1.58	55%	<i>Warm</i>
	C31	30.4	63	30.4	0.0	1.2	0.7	1.98	76%	<i>Warm</i>
	C32	29.7	64	29.7	0.0	1.2	0.7	1.8	67%	<i>Warm</i>
	C33	29.3	64	29.3	0.0	1.2	0.7	1.68	61%	<i>Warm</i>
Sore	C11	28.9	66	28.9	0.0	1.2	0.7	1.59	56%	<i>Warm</i>
	C12	29	63	29	0.0	1.2	0.7	1.59	56%	<i>Warm</i>
	C13	29	68	29	0.0	1.2	0.7	1.64	58%	<i>Warm</i>
	C21	30	65	30	0.0	1.2	0.7	1.89	72%	<i>Warm</i>
	C22	28.9	68	28.9	0.0	1.2	0.7	1.61	57%	<i>Warm</i>
	C31	29.27	66	29.27	0.0	1.2	0.7	1.69	61%	<i>Warm</i>
	C32	28.8	65	28.8	0.0	1.2	0.7	1.55	54%	<i>Warm</i>
	C33	28.68	65	28.68	0.0	1.2	0.7	1.52	52%	<i>Warm</i>

Pada tabel 4.12 dapat dilihat hasil perhitungan nilai PMV dan PPD pada ruangan di lantai 4 masih sama seperti pada ruangan lantai 2 dan 3. Berdasarkan pengolahan data tersebut didapatkan nilai $PMV > 1$, sehingga masih berada diatas kategori nyaman. Ruangan yang paling tidak optimal adalah C33 pada pagi hari dengan temperatur udara 30.5°C , kelembaban relatif 66%, dan kecepatan angin 0.0 m/s dengan nilai PMV 2.04 dan nilai PPD 79%.

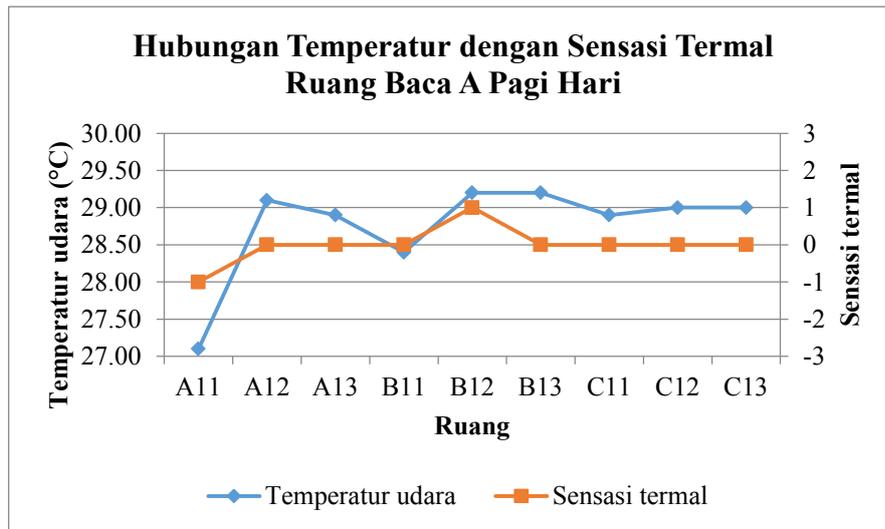
Nilai PMV sebesar 2.04 berdasarkan standar ASHRAE memberikan sensasi hangat terhadap seseorang, dan angka tersebut sudah berada di luar batas nyaman dari metabolisme manusia. Sedangkan nilai PPD yang ditunjukkan adalah 79%, berarti lebih dari setengah responden yang berada di ruang baca maupun ruang diskusi merasa kurang nyaman atau bahkan tidak nyaman saat beraktivitas di dalam ruang B13.

4.5.4 Hubungan Temperatur Udara dengan Sensasi Termal

Untuk mengetahui hubungan antara temperatur udara dengan sensasi termal yang dirasakan oleh responden dikelompokkan berdasarkan waktu dan lokasi pengukuran serta penyebaran kuesioner.

1. Hubungan temperatur udara dengan sensasi termal pada ruang baca A

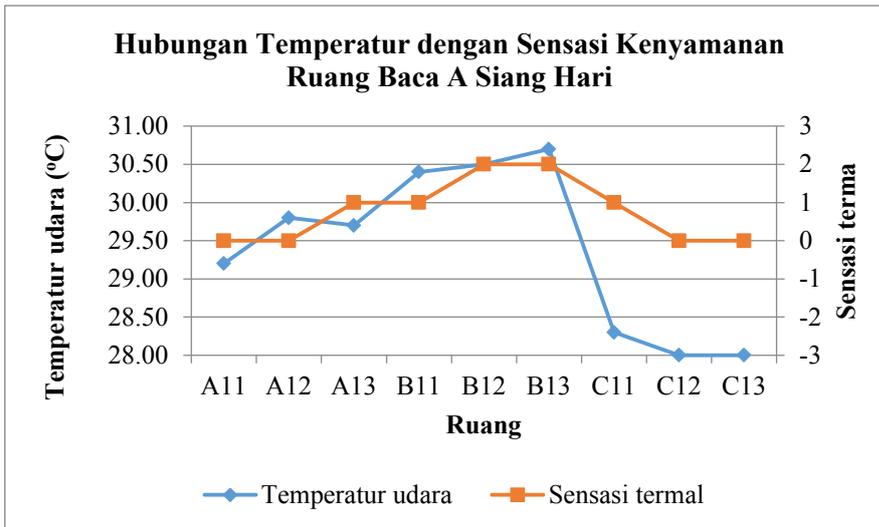
Hubungan antara temperatur udara dengan sensasi termal yang dirasakan oleh responden di dalam ruang baca A pada pukul 09.00 – 10.00 WIB yaitu:



Gambar 4.48 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang baca A pagi

Rata-rata temperatur ruang baca A yang terdapat pada lantai 2 adalah 28.8°C. Pada lantai 2, pengguna perpustakaan merasa agak dingin hingga netral pada keadaan suhu 27.1°C - 29.1°C. Sedangkan pada ruang baca A lantai 3, pengguna perpustakaan merasa netral hingga hangat pada keadaan suhu 28.4°C - 29.2°C. Pada lantai 3 terdapat ruang dengan suhu yang sama yaitu sebesar 29.2°C, namun terdapat pengguna perpustakaan yang merasakan sensasi termal berbeda. Hal tersebut dapat disebabkan oleh adanya faktor individu yang mempengaruhi sensasi kenyamanan termal yang dirasakan oleh seseorang. Pada ruang baca A lantai 4, responden merasa netral terhadap keadaan suhu 28.9°C - 29°C.

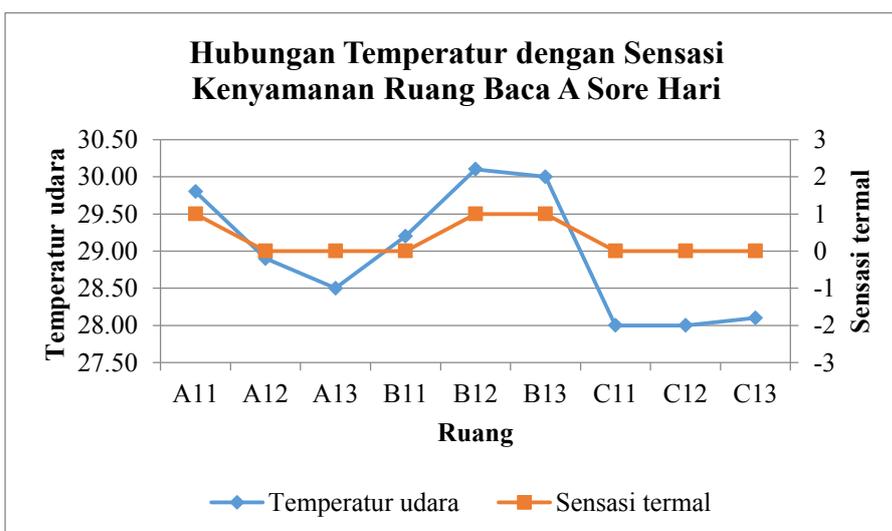
Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden di dalam ruang baca A pada pukul 13.00 – 14.00 WIB yaitu:



Gambar 4.49 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang baca A siang

Rata-rata temperatur udara pada ruang baca A saat pukul 13.00 – 14.00 WIB adalah 29.4°C . Terjadi kenaikan temperatur sebesar 0.6°C dibandingkan pada pukul 09.00 – 10.00 WIB. Saat siang hari, temperatur udara paling tinggi berada pada lantai 3 yaitu sebesar 30.7°C . Jika dilihat berdasarkan sensasi termal responden, pada lantai 2 dengan keadaan temperatur udara sebesar 29.2°C – 29.8°C pengguna merasa netral hingga hangat. Sedangkan pada ruang baca A yang terdapat di lantai 3, para pengguna cenderung merasa hangat hingga panas dalam keadaan temperatur 30.4°C – 30.7°C . Pada ruang baca A di lantai 4 terjadi penurunan temperatur mencapai 2.4°C yang membuat pengguna merasa hangat hingga netral dalam keadaan temperatur 28°C – 28.3°C .

Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden di dalam ruang baca A pada pukul 16.00 – 17.00 WIB yaitu:



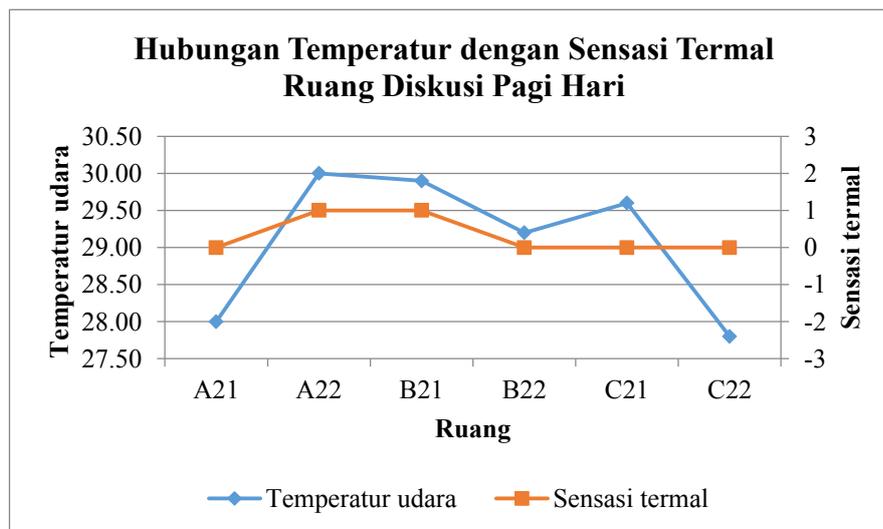
Gambar 4.50 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang baca A sore

Rata-rata temperatur ruang baca A yang terdapat pada lantai 2 adalah 29.1°C. Terjadi penurunan temperatur dibandingkan saat pukul 13.00 – 14.00 WIB yaitu sebesar 0.3°C. Temperatur udara saat sore hari pada ruang baca A paling tinggi terletak pada lantai 3 yaitu sebesar 30.1°C. Sensasi termal yang dirasakan oleh pengguna ruang baca lantai 2 hangat hingga normal dalam keadaan temperatur udara 29.8°C – 28.5°C. Pada ruang baca lantai 3, para pengguna ruang baca merasa netral hingga hangat pada keadaan temperatur 29.2°C – 30.1°C. Sedangkan sensasi termal yang dirasakan pada keadaan temperatur udara sebesar 28°C – 28.1°C para pengguna ruang baca A di lantai 4 merasa netral.

Letak ruang baca A yang terdapat pada lantai 2, 3, dan 4 perpustakaan Universitas Indonesia berorientasi ke barat, sehingga temperatur udara pada ruang-ruang ini cenderung lebih panas saat sore hari karena terkena sinar langsung oleh matahari sore.

2. Hubungan temperatur dengan sensasi termal pada ruang diskusi.

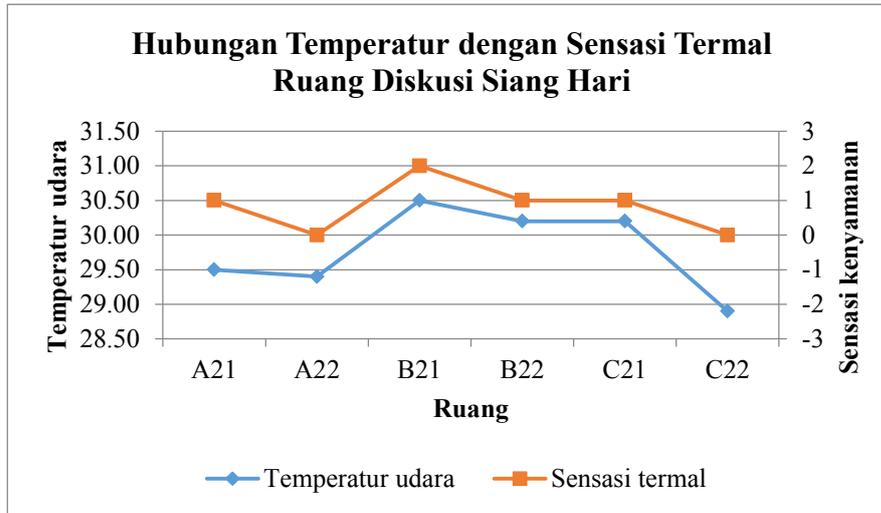
Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden di dalam ruang diskusi pada pukul 09.00 – 10.00 WIB yaitu:



Gambar 4.51 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang diskusi pagi

Rata-rata temperatur udara ruang diskusi pada pukul 09.00 – 10.00 WIB adalah 29.1°C. Saat pagi hari temperatur udara paling tinggi terdapat pada ruang diskusi lantai 2 yaitu sebesar 30°C. Pada ruang diskusi yang terletak di lantai 2 dan lantai 3 perpustakaan, pengguna ruang diskusi merasa netral hingga hangat dalam keadaan temperatur udara 28°C - 30°C. Sedangkan pada ruang diskusi lantai 4, pengguna merasa netral dalam keadaan temperatur 27.8°C – 29.6°C.

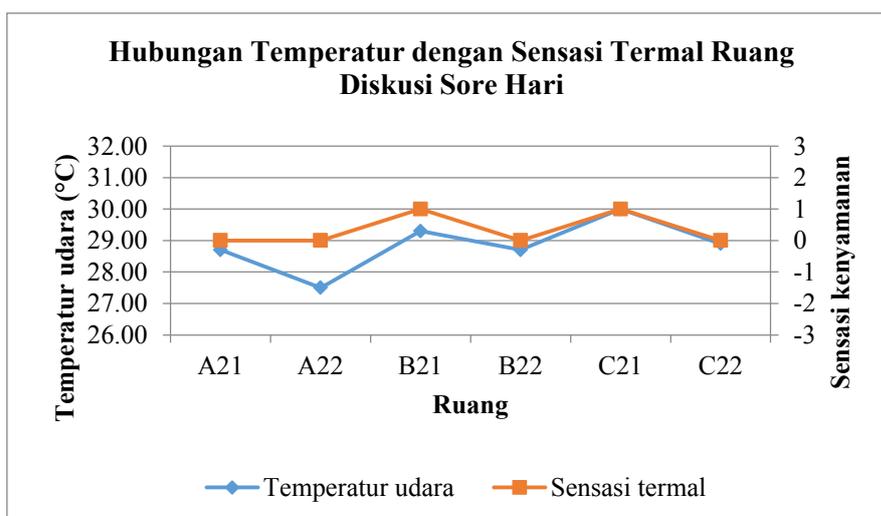
Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden di dalam ruang diskusi pada pukul 13.00 – 14.00 WIB yaitu:



Gambar 4.52 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang diskusi siang

Rata-rata temperatur udara ruang diskusi pada pukul 13.00 – 14.00 WIB adalah 29.8°C. Pada siang hari terjadi kenaikan temperatur sebesar 0.7°C dibandingkan pada waktu pagi hari. Sensasi termal yang dirasakan oleh pengguna ruang diskusi pada lantai 2 adalah hangat hingga netral dalam keadaan temperatur 29.4°C - 29.5°C. Sedangkan pada ruang diskusi lantai 3, para pengguna cenderung merasa hangat hingga panas karena temperatur udara pada ruang ini mencapai 30.2°C – 30.5°C. Pada ruang diskusi lantai 4, pengguna merasa hangat hingga netral pada keadaan temperatur sebesar 28.9°C – 30.2°C.

Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden di dalam ruang diskusi pada pukul 16.00 – 17.00 WIB yaitu:



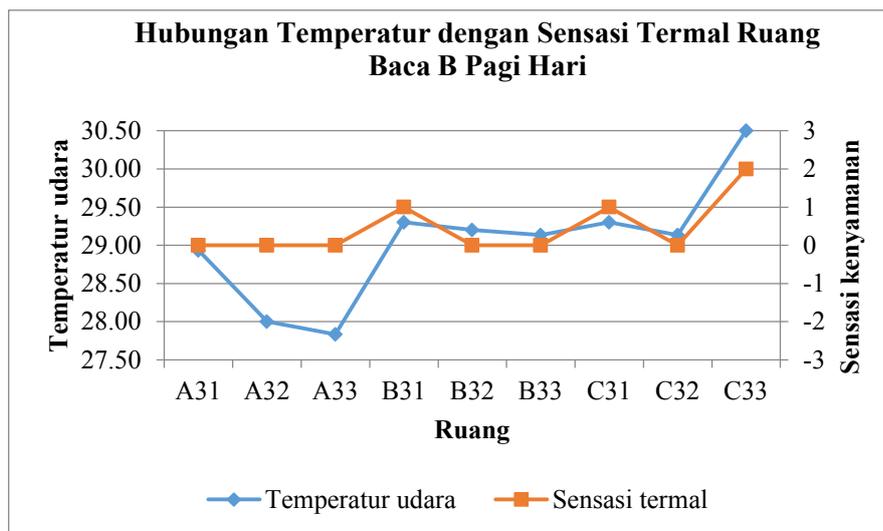
Gambar 4.53 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang diskusi sore

Rata-rata temperatur udara ruang diskusi pada pukul 16.00 – 17.00 WIB adalah 28.9°C. Terjadi penurunan temperatur sebesar 0.9°C dibandingkan dengan temperatur pada siang hari yaitu menjadi 28.9°C. Para pengguna ruang diskusi lantai 2 merasa normal dalam keadaan temperatur ruangan sebesar 27.5°C – 28.7°C. Sedangkan pada ruang diskusi yang terletak di lantai 3 dan lantai 4 perpustakaan, para pengguna cenderung merasa normal hingga hangat dalam keadaan temperatur udara ruang sebesar 28.7°C - 30°C.

Letak ruang diskusi yang terdapat pada lantai 2, 3, dan 4 perpustakaan Universitas Indonesia berorientasi ke utara dan selatan, sehingga temperatur udara pada ruang-ruang ini cenderung stabil atau tidak mengalami perubahan temperatur yang signifikan karena tidak terkena langsung matahari pagi maupun sore hari.

3. Hubungan temperatur dengan sensasi termal pada ruang baca B

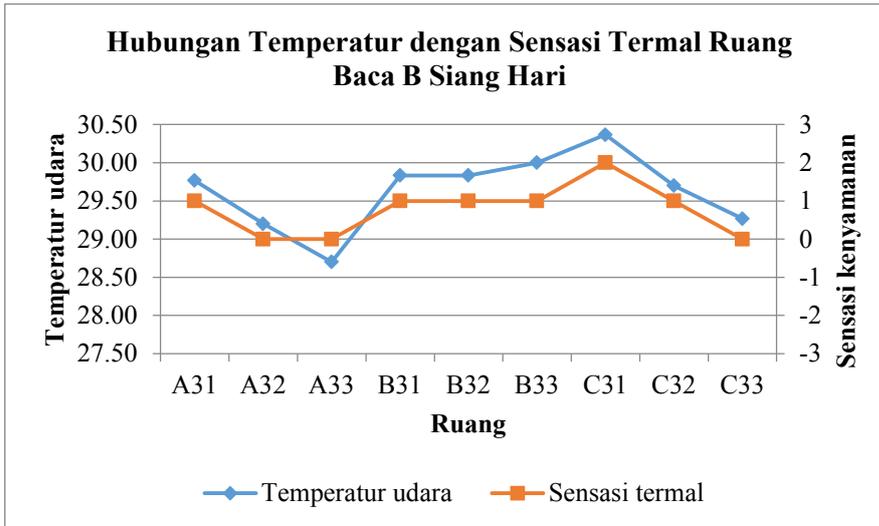
Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden pada ruang baca B pada pukul 09.00 – 10.00 WIB yaitu:



Gambar 4.54 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang baca B pagi

Rata-rata temperatur udara pada ruang baca B saat pagi hari adalah 29.1°C. Pada ruang baca B lantai 2, para pengguna ruang ini merasa netral dalam keadaan temperatur udara 27.8°C – 28.9°C. Pada ruang baca B lantai 3, para pengguna merasa netral hingga hangat dalam keadaan temperatur 29.1°C – 29.3°C. sedangkan pada lantai 4, pengguna ruang diskusi cenderung merasa netral hingga panas dalam keadaan temperatur 29.1°C – 30.5°C.

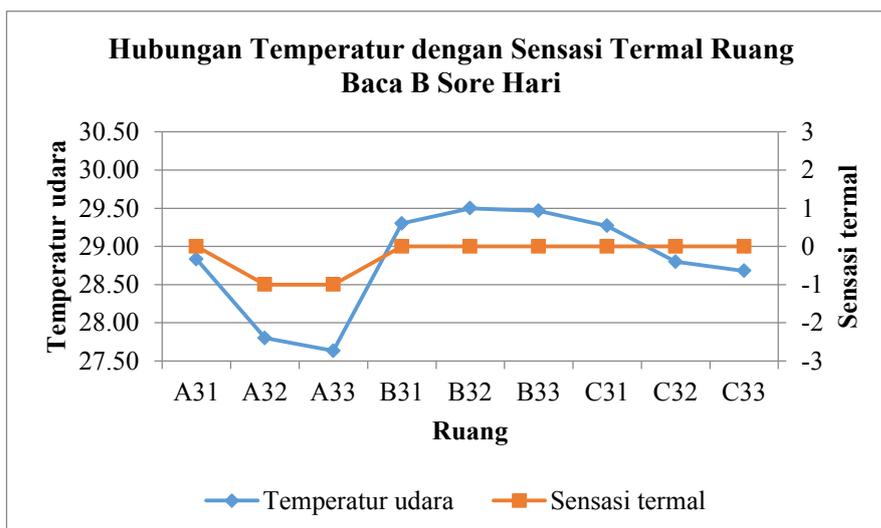
Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden pada ruang baca B pada pukul 13.00 – 14.00 WIB yaitu:



Gambar 4.55 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang baca B siang

Rata-rata temperatur udara pada ruang baca B saat siang hari adalah 29.6°C . terjadi kenaikan temperatur sebesar 0.5°C dibandingkan saat pagi hari. Pada lantai 2, pengguna ruang baca B ini merasa netral hingga hangat untuk keadaan temperatur ruang sebesar $28.7^{\circ}\text{C} - 29.8^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada lantai 3, temperatur udara sebesar $29.8^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ para pengguna merasa hangat saat beraktivitas di dalam ruang. Pada lantai 4, para pengguna cenderung merasa netral hingga panas karena keadaan temperatur udara dalam ruang mencapai $29.8^{\circ}\text{C} - 30.4^{\circ}\text{C}$.

Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden pada ruang baca B pada pukul 16.00 – 17.00 WIB yaitu:



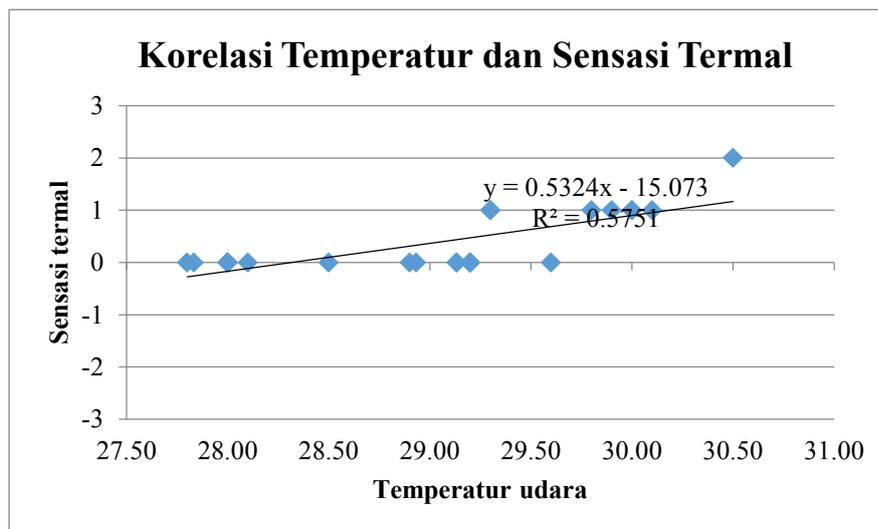
Gambar 4.56 Grafik hubungan temperatur dengan sensasi termal ruang baca B sore

Rata-rata temperatur udara ruang baca B pada sore hari mengalami penurunan temperatur sebesar 0.8°C jika dibandingkan saat siang hari yaitu menjadi 28.8°C . Pada lantai 2, pengguna cenderung merasa netral hingga agak dingin dalam keadaan temperatur

27.6°C – 28.3°C. Sedangkan pada lantai 3 dan lantai 4, para pengguna ruang baca B ini merasa netral terhadap sensasi termal dalam keadaan temperatur 28.7°C – 29.5°C.

Orientasi ruang baca B yang menghadap timur menyebabkan rata-rata temperatur ruang saat pagi hari lebih panas dibandingkan saat sore hari, hal tersebut disebabkan oleh paparan sinar matahari pagi yang langsung masuk kedalam ruang melalui *skylight* pada *green roof*. Hubungan sensasi termal yang dirasakan pengguna ruang dengan temperatur udara adalah semakin tinggi temperatur udara di dalam ruang, maka sensasi termal yang dirasakan oleh pengguna ruang baca tersebut akan semakin panas.

Untuk mengetahui hubungan antara temperatur udara dengan sensasi termal yang dirasakan pengguna ruang dapat menggunakan regresi linear dari variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Keselarasan model regresi dapat dilihat dari nilai r^2 . Semakin besar nilai r^2 , maka model regresi semakin baik. Jika nilai r^2 mendekati 1 maka hubungan antara X dan Y semakin baik. Namun sebaliknya, apabila nilai r^2 mendekati 0 maka tidak ada hubungan antara X dan Y.



Gambar 4.57 Grafik korelasi temperatur dan sensasi termal

Jika dilihat dari grafik hasil regresi linear antara hubungan temperatur udara dengan sensasi termal yang dirasakan pengguna ruang didapat persamaan regresinya adalah $Y = 0,5324X - 15,073$ dengan nilai $R^2 = 0,5751$, dimana variabel Y adalah sensasi termal yang dirasakan pengguna dan variabel X adalah temperatur udara. Temperatur netral didefinisikan sebagai temperatur dimana nilai dari variabel Y adalah 0 (nol). Nilai R (korelasi) adalah hubungan korelasi antara temperatur udara dengan sensasi termal yang dirasakan pengguna. Temperatur nyaman didefinisikan sebagai selang antara sensasi termal -0.5 (antara sejuk dan nyaman) dan +0.5 (antara hangat dan nyaman).

Tabel 4.13
Analisis Regresi

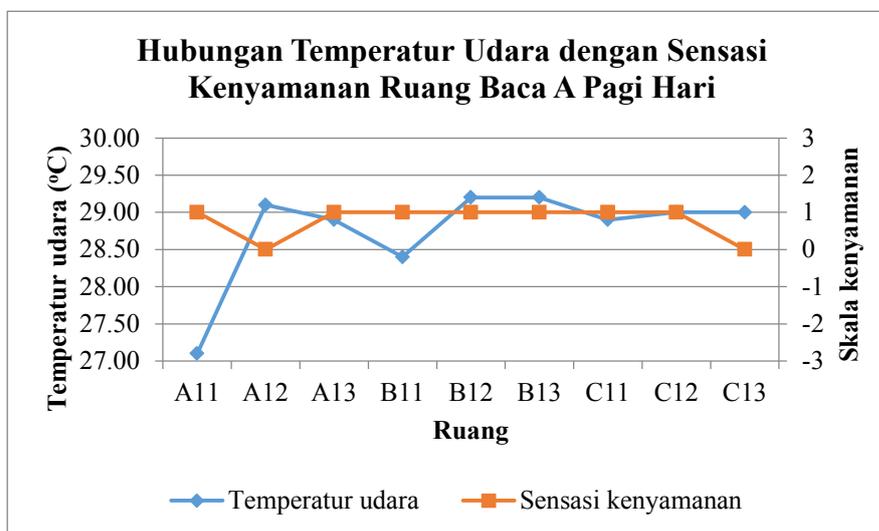
Temperatur nyaman	Rentang nyaman (-0.5)	Rentang nyaman(0.5)	Korelasi
$Y = 0$	$Y = -0.5$	$Y = +0.5$	$R^2 = 0,5751$
$Y = 0.5324X - 15.073$	$Y = 0.5324X - 15.073$	$Y = 0.5324X - 15.073$	$R = \sqrt{0.5751}$
$15.073 + 0 = 0.5324X$	$15.073 - 0.5 = 0.5324X$	$15.073 + 0.5 = 0.5324X$	$R = 0.758$
$15.073 = 0.5324$	$14.573 = 0.5324X$	$15.573 = 0.5324X$	
$X = 15.073/0.5324$	$X = 14.573/0.5324$	$X = 14.573/0.5324$	
$X = 28.3^{\circ}\text{C}$	$X = 27.3^{\circ}\text{C}$	$X = 29.3^{\circ}\text{C}$	

Berdasarkan hasil perhitungan sensasi termal pengguna terhadap temperatur ruang dalam perpustakaan, diketahui bahwa temperatur nyaman dicapai pada angka 28.3°C . rentang temperatur nyaman dimana semua responden merasa nyaman adalah pada angka 27.3°C sampai 29.3°C . Nilai regresi menunjukkan angka $R = 0.758$ yang berarti memiliki korelasi atau keterkaitan yang tinggi. Persamaan garis yang naik menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur, maka semakin tinggi sensasi termal yang dirasakan (panas)

4.5.5 Hubungan Temperatur Udara dengan Kenyamanan Beraktivitas

1. Hubungan temperatur udara dengan sensasi kenyamanan pada ruang baca A.

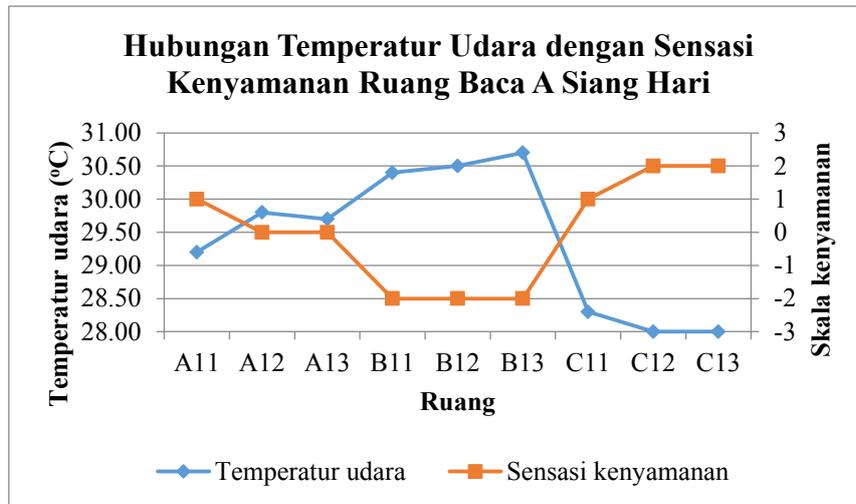
Hubungan temperatur dengan sensasi kenyamanan yang dirasakan responden pada ruang baca A pada pukul 09.00 – 10.00 WIB yaitu:



Gambar 4.58 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang baca A pagi

Rata-rata temperatur ruang baca A yang terdapat pada lantai 2 adalah 28.8°C . Pada lantai 2, pengguna perpustakaan merasa biasa saja hingga cukup nyaman saat beraktivitas di dalam ruang dengan keadaan suhu 27.1°C - 29.1°C . Sedangkan pada ruang baca A lantai 3, pengguna perpustakaan merasa cukup nyaman beraktivitas dengan keadaan suhu 28.4°C - 29.2°C . Pada lantai ruang baca A lantai 4, responden merasa biasa saja hingga cukup nyaman beraktivitas dalam keadaan suhu 28.9°C - 29°C .

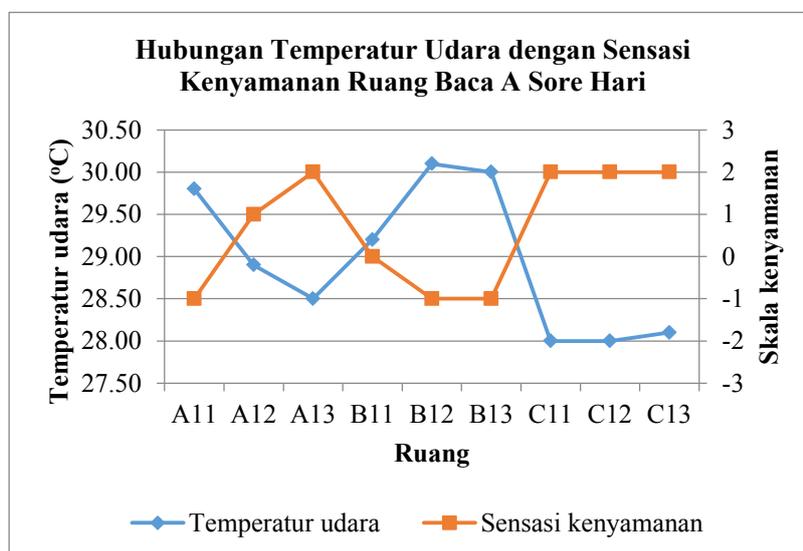
Hubungan temperatur dengan sensasi kenyamanan yang dirasakan responden di dalam ruang baca A pada pukul 13.00 – 14.00 WIB yaitu:



Gambar 4.59 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang baca A siang

Rata-rata temperatur udara pada ruang baca A saat pukul 13.00 – 14.00 WIB adalah 29.4°C. Terjadi kenaikan temperatur sebesar 0.6°C dibandingkan saat pukul 09.00 – 10.00 WIB. Saat siang hari, temperatur udara paling tinggi berada pada lantai 3 yaitu mencapai 30.7°C. Jika dilihat berdasarkan sensasi kenyamanan responden, pada lantai 2 dengan keadaan temperatur udara sebesar 29.2°C – 29.8°C pengguna masih merasa biasa saja hingga cukup nyaman saat beraktivitas. Sedangkan pada ruang baca A di lantai 3, para pengguna cenderung merasa tidak nyaman beraktivitas dalam keadaan temperatur 30.4°C – 30.7°C. Pada ruang baca A di lantai 4 terjadi penurunan temperatur mencapai 2.4°C yang membuat pengguna merasa cukup nyaman hingga nyaman beraktivitas pada keadaan temperatur 28°C – 28.3°C.

Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden di dalam ruang baca A pada pukul 16.00 – 17.00 WIB yaitu:



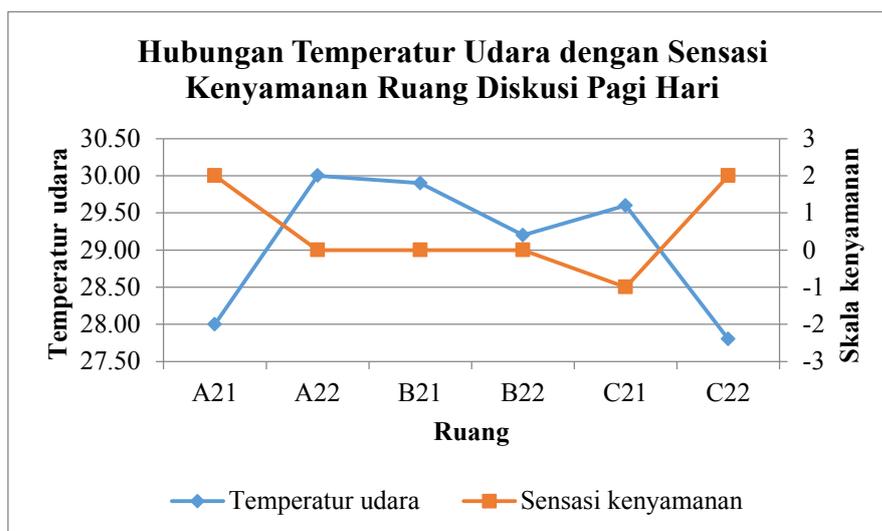
Gambar 4.60 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang baca A sore

Rata-rata temperatur ruang baca A yang terdapat pada sore hari adalah 29.1°C . Terjadi penurunan temperatur dibandingkan dengan pukul 13.00 – 14.00 WIB yaitu sebesar 0.3°C . Temperatur udara pada ruang baca A paling tinggi terletak pada lantai 3 yaitu sebesar 30.1°C . Sensasi kenyamanan yang dirasakan oleh pengguna ruang baca lantai 2 adalah biasa hingga nyaman saat beraktivitas dalam keadaan temperatur udara 29.8°C – 28.5°C . Pada ruang baca A lantai 3, para pengguna merasa kurang nyaman beraktivitas dalam keadaan temperatur 29.2°C – 30.1°C . Sedangkan sensasi termal yang dirasakan pada keadaan temperatur udara sebesar 28°C – 28.1°C para pengguna ruang baca di lantai 4 merasa nyaman saat beraktivitas di dalam ruang.

Letak ruang baca A yang terdapat pada lantai 2, 3, dan 4 perpustakaan Universitas Indonesia berorientasi ke barat, sehingga temperatur udara pada ruang ini cenderung lebih panas saat sore hari karena terkena paparan sinar matahari secara langsung.

2. Hubungan temperatur udara dengan sensasi kenyamanan pada ruang diskusi.

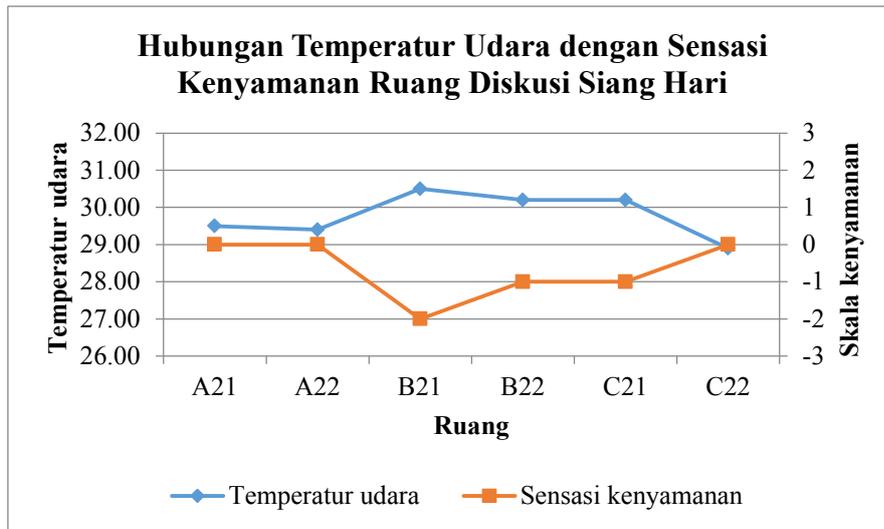
Hubungan temperatur dengan sensasi kenyamanan yang dirasakan responden di dalam ruang diskusi pada pukul 09.00 – 10.00 WIB yaitu:



Gambar 4.61 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang diskusi pagi

Rata-rata temperatur udara ruang diskusi pada pukul 09.00 – 10.00 WIB adalah 29.1°C . Saat pagi hari temperatur udara paling tinggi terdapat pada ruang diskusi lantai 2 yaitu sebesar 30°C . Pada ruang diskusi yang terletak di lantai 2 dan lantai 3 perpustakaan, pengguna ruang diskusi merasa biasa saja hingga nyaman saat beraktivitas dengan keadaan temperatur udara 28°C - 30°C . Sedangkan pada ruang diskusi lantai 4, pengguna merasa kurang nyaman beraktivitas dengan keadaan temperatur udara 29.6°C dan merasa nyaman beraktivitas pada keadaan temperatur 27.8°C .

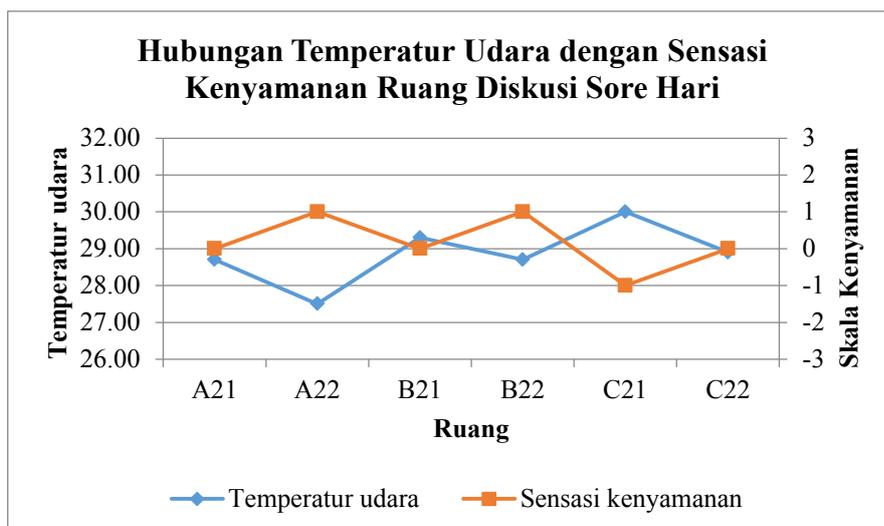
Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden di dalam ruang diskusi pada pukul 13.00 – 14.00 WIB yaitu:



Gambar 4.62 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang diskusi siang

Rata-rata temperatur udara ruang diskusi pada pukul 13.00 – 14.00 WIB adalah 29.8°C. Saat siang hari temperatur udara paling tinggi terdapat pada ruang diskusi lantai 2 yaitu sebesar 30.5°C. Pada ruang diskusi yang terletak di lantai 2 perpustakaan, pengguna ruang diskusi merasa netral saat beraktivitas dengan keadaan temperatur udara 28.9°C – 29.5°C. Sedangkan pada ruang diskusi lantai 3 dan lantai 4, pengguna merasa kurang nyaman hingga tidak nyaman saat beraktivitas dengan keadaan temperatur udara 30.2°C – 30.5°C.

Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden di dalam ruang diskusi pada pukul 16.00 – 17.00 WIB yaitu:



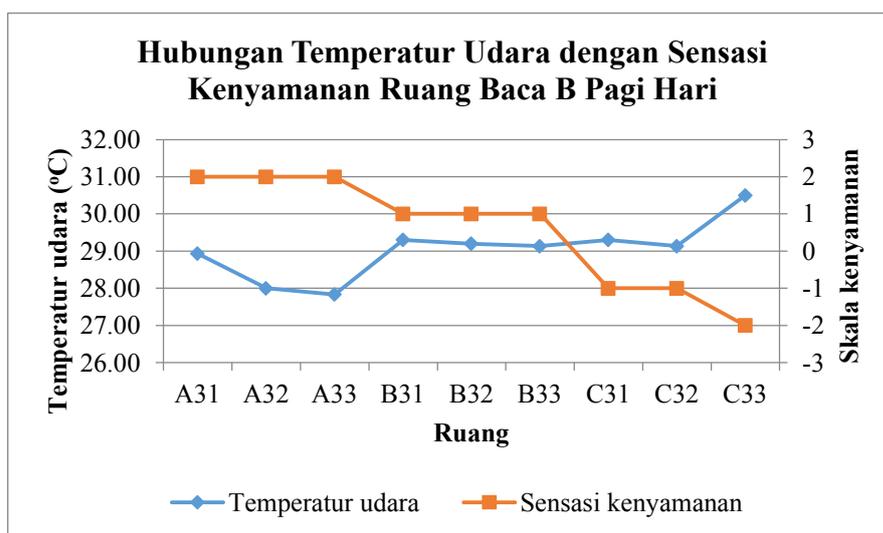
Gambar 4.63 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang baca B pagi

Rata-rata temperatur udara ruang diskusi pada pukul 16.00 – 17.00 WIB adalah 28.9°C. Saat sore hari temperatur udara paling tinggi terdapat pada ruang diskusi lantai 4 yaitu sebesar 30°C. Pada keadaan temperatur udara 28.7°C – 29.3°C pengguna ruang merasa netral saat beraktivitas di dalam ruang. Sedangkan pada keadaan temperatur udara 27.5°C – 28.7°C pengguna merasa cukup nyaman beraktivitas di dalam ruang dan pada temperatur udara 30°C pengguna merasa kurang nyaman saat beraktivitas.

Rata-rata temperatur udara pada ruang diskusi lantai 2, lantai 3, dan lantai 4 perpustakaan masih berada diatas kategori temperatur nyaman optimal menurut standar SNI yaitu sebesar 22.5°C - 25°C namun masih berada dalam kategori nyaman menurut hasil perhitungan regresi linear yang telah dilakukan sebelumnya.

3. Hubungan temperatur udara dengan sensasi kenyamanan pada ruang baca B.

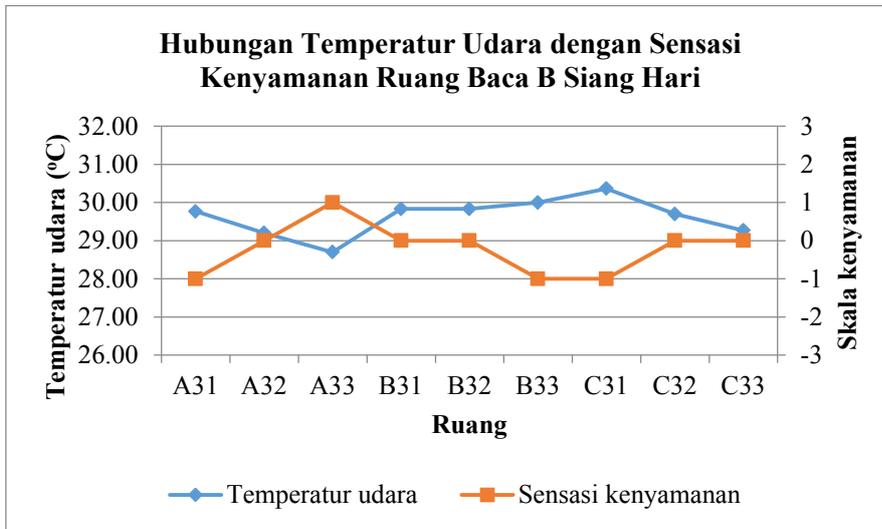
Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden pada ruang baca B pada pukul 09.00 – 10.00 WIB yaitu:



Gambar 4.64 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang baca B pagi

Rata-rata temperatur udara pada ruang baca B saat pagi hari adalah 29.1°C. Pada ruang baca B lantai 2, para pengguna ruang ini merasa nyaman beraktivitas dalam keadaan temperatur udara 27.8°C – 28.9°C. Pada ruang baca B lantai 3, para pengguna merasa cukup nyaman saat beraktivitas dalam keadaan temperatur 29.1°C – 29.3°C. Sedangkan pada lantai 4, pengguna ruang diskusi cenderung merasa kurang nyaman hingga tidak nyaman beraktivitas dalam keadaan temperatur 29.1°C – 30.5°C.

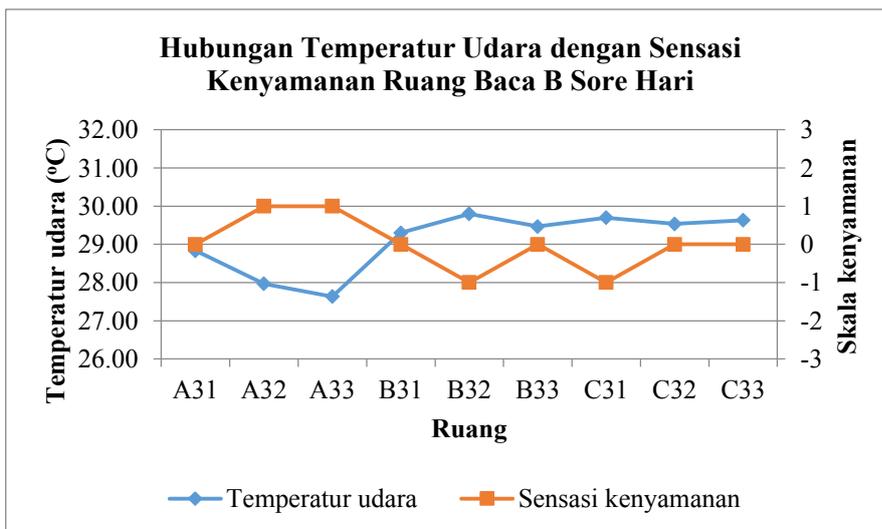
Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden pada ruang baca B pada pukul 13.00 – 14.00 WIB yaitu:



Gambar 4.65 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang baca B siang

Rata-rata temperatur udara pada ruang baca B saat siang hari adalah 29.6°C. Terjadi kenaikan temperatur sebesar 0.5°C dibandingkan saat pagi hari. Pada lantai 2, pengguna ruang baca B ini merasa kurang nyaman hingga netral saat beraktivitas untuk keadaan temperatur ruang sebesar 28.7°C – 29.8°C. Sedangkan pada lantai 3 dan lantai 4, para pengguna merasa kurang nyaman hingga netral temperatur udara sebesar 29.8°C – 30.4°C saat beraktivitas di dalam ruang.

Hubungan temperatur dengan sensasi termal yang dirasakan responden pada ruang baca B pada pukul 16.00 – 17.00 WIB yaitu:



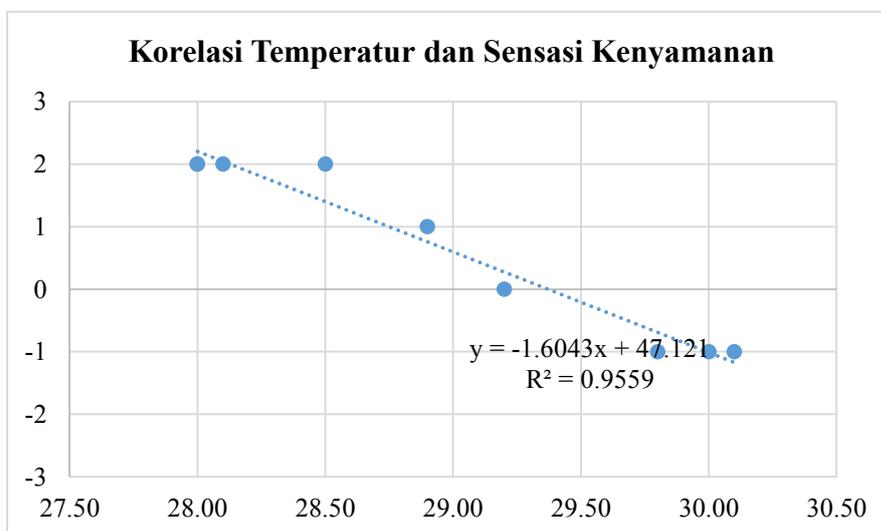
Gambar 4.66 Grafik hubungan temperatur dengan kenyamanan ruang baca B sore

Rata-rata temperatur udara ruang baca B ada sore hari mengalami penurunan temperatur udara sebesar 0.8°C jika dibandingkan saat siang hari yaitu menjadi 28.8°C.

Pada lantai 2, pengguna cenderung merasa netral hingga cukup nyaman saat beraktivitas dengan keadaan temperatur $27.6^{\circ}\text{C} - 28.3^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada lantai 3 dan lantai 4, para pengguna ruang baca B ini merasa netral hingga kurang nyaman saat beraktivitas dengan keadaan temperatur $28.7^{\circ}\text{C} - 29.5^{\circ}\text{C}$.

Orientasi ruang baca B yang menghadap timur menyebabkan rata-rata temperatur ruang saat pagi hari lebih panas dibandingkan saat sore hari, hal tersebut disebabkan oleh paparan sinar matahari pagi yang langsung masuk ke dalam ruang melalui *skylight* pada *green roof*. Hubungan sensasi kenyamanan beraktivitas yang dirasakan pengguna ruang dengan temperatur udara adalah semakin tinggi temperatur udara di dalam ruang, maka sensasi kenyamanan yang dirasakan oleh pengguna ruang tersebut akan semakin tidak nyaman untuk beraktivitas.

Untuk mengetahui hubungan antara temperatur udara dengan sensasi kenyamanan yang dirasakan pengguna ruang juga dapat menggunakan regresi linear dari variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Keselarasan model regresi dapat dilihat dari nilai r^2 . Semakin besar nilai r^2 , maka model regresi semakin baik. Jika nilai r^2 mendekati 1 maka hubungan antara X dan Y semakin baik. Namun sebaliknya, apabila nilai r^2 mendekati 0 maka tidak ada hubungan antara X dan Y.



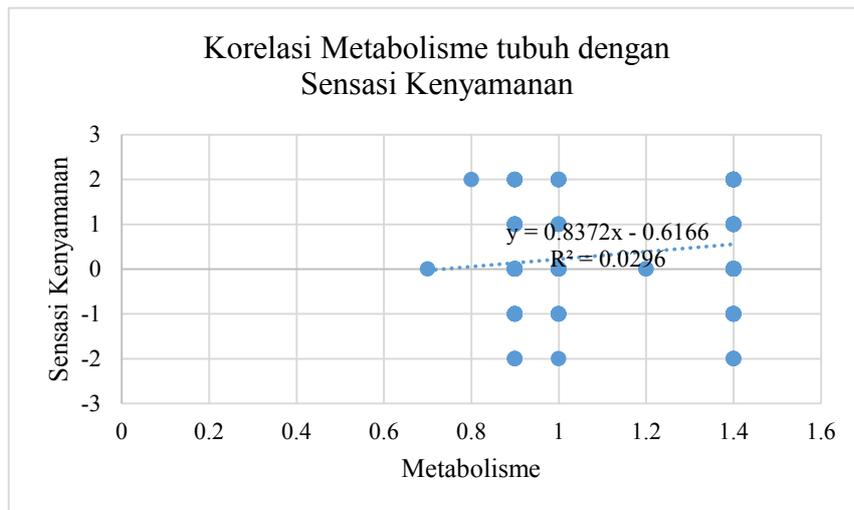
Gambar 4.67 Grafik korelasi temperatur dan sensasi kenyamanan

Jika dilihat dari grafik hasil regresi linear antara hubungan temperatur udara dengan sensasi termal yang dirasakan pengguna ruang didapat persamaan regresinya adalah $Y = -1.6043X + 47.121$ dengan nilai $R^2 = 0,9559$, dimana variabel Y adalah sensasi kenyamanan yang dirasakan pengguna saat beraktivitas dan variabel X adalah temperatur udara. Nilai regresi $R = 0.977$, hal tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara temperatur udara dan sensasi kenyamanan pengguna saat beraktivitas mempunyai korelasi yang tinggi.

Persamaan garis yang menurun menunjukkan bahwa hubungannya berbanding terbalik, yaitu apabila temperatur udara semakin tinggi maka kenyamanan pengguna saat beraktivitas semakin rendah.

4.5.6 Hubungan Laju Metabolisme dengan Kenyamanan Termal

Untuk mengetahui hubungan antara laju metabolisme pengguna dengan kenyamanan termal yang dirasakan oleh responden saat beraktivitas di dalam perpustakaan dapat menggunakan analisis regresi linear sederhana sebagai berikut :

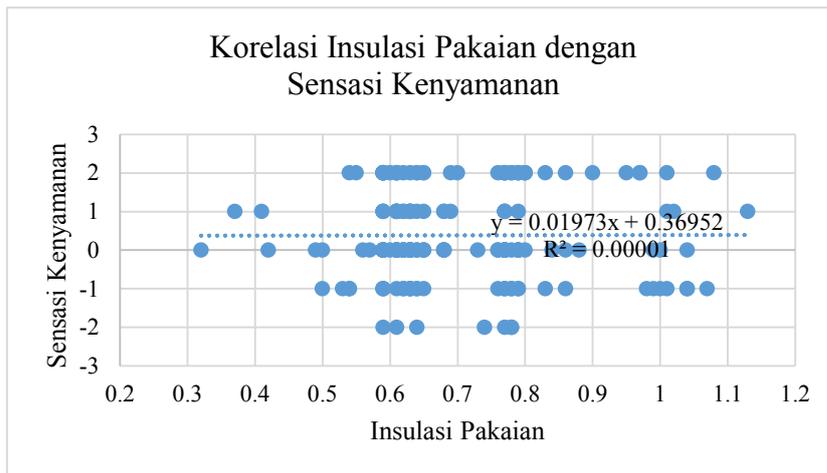


Gambar 4.68 Grafik hubungan metabolisme tubuh dengan sensasi kenyamanan

Berdasarkan grafik hasil regresi linear didapatkan persamaan $Y = 0.8372X - 0.6166$ dengan nilai $R^2 = 0.0296$. Nilai regresi $R = 0.172$, angka tersebut menunjukkan bahwa pada penelitian ini hubungan antara laju metabolisme pengguna dengan sensasi kenyamanan saat beraktivitas mempunyai korelasi yang rendah.

4.5.7 Hubungan Insulasi Pakaian dengan Kenyamanan Termal

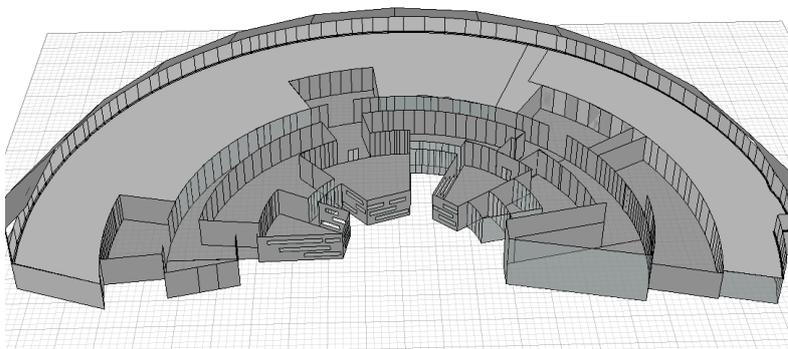
Untuk mengetahui hubungan antara laju metabolisme pengguna dengan kenyamanan termal yang dirasakan oleh responden saat beraktivitas di dalam perpustakaan dapat menggunakan analisis regresi linear sederhana sebagai berikut :



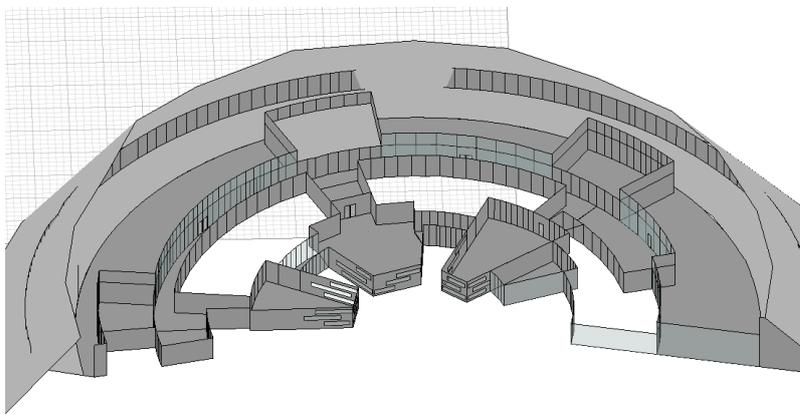
Gambar 4.69 Grafik hubungan insulasi pakaian dengan sensasi kenyamanan

Berdasarkan grafik hasil regresi linear didapatkan persamaan $Y = 0.01973X + 0.36952$ dengan nilai $R^2 = 0.00001$. Nilai regresi $R = 0.0031$, angka tersebut menunjukkan bahwa pada penelitian ini hubungan antara insulasi pakaian pengguna dengan sensasi kenyamanan saat beraktivitas mempunyai korelasi yang rendah.

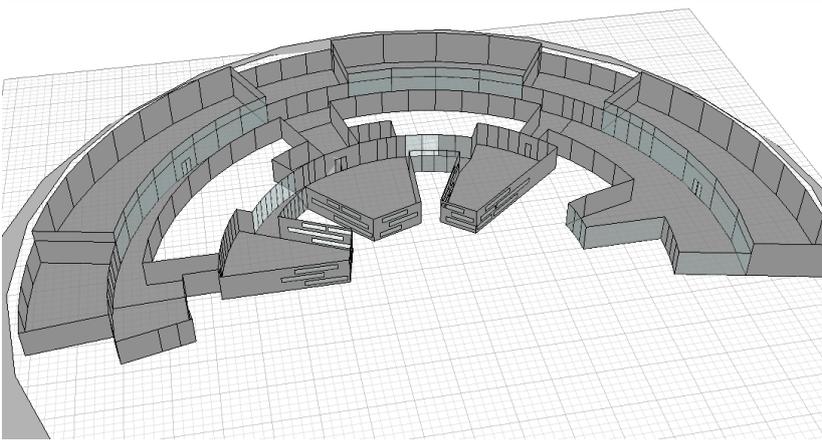
4.6 Model simulasi bangunan



Gambar 4.70 Simulasi ruangan pada lantai 2



Gambar 4.71 Simulasi ruangan pada lantai 3

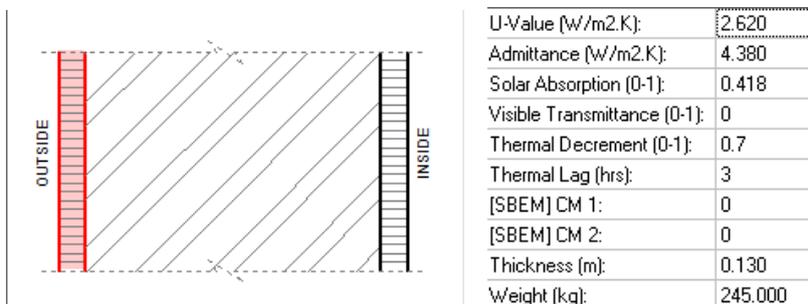


Gambar 4.72 Simulasi ruangan pada lantai 4

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 digital simulasi dibuat berdasarkan ruang yang diteliti. Material yang digunakan pada model ini adalah sebagai berikut :

1. Dinding

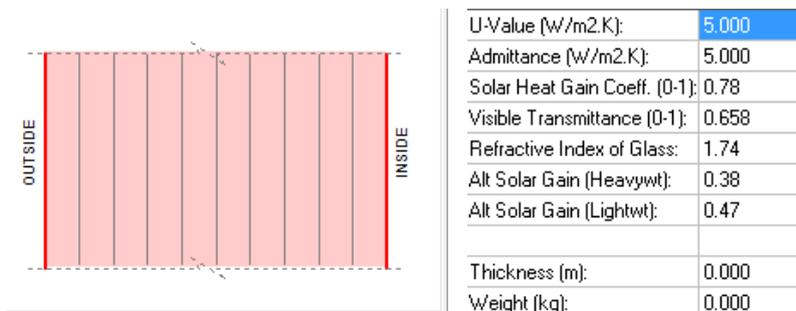
Material pembatas ruang di setiap lantai menggunakan dinding bata yang di plaster.



Gambar 4.73 Detail dan spesifikasi material dinding

2. Jendela

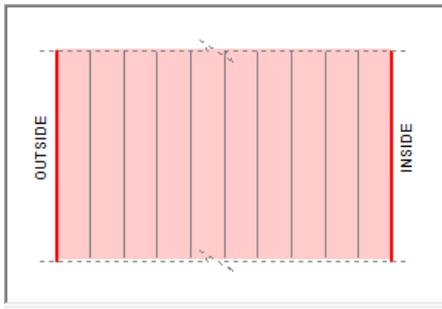
Jendela yang digunakan pada setiap lantai adalah jendela jenis curtain wall.



Gambar 4.74 Detail dan spesifikasi material jendela

3. Pintu kaca

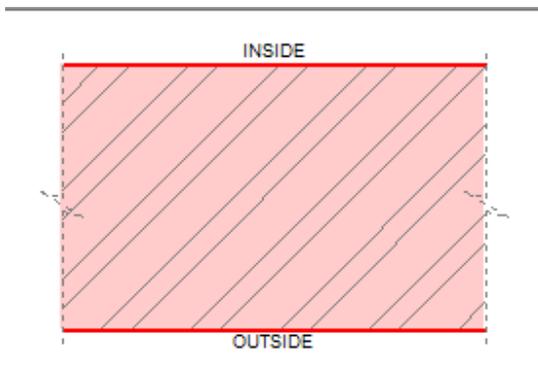
Pintu yang digunakan adalah pintu kaca

	U-Value (W/m2.K):	5.356
	Admittance (W/m2.K):	5.360
	Solar Absorption (0-1):	1
	Visible Transmittance (0-1):	0
	Thermal Decrement (0-1):	0.34
	Thermal Lag (hrs):	0.39
	[SBEM] CM 1:	0
	[SBEM] CM 2:	0
	Thickness (m):	0.000
	Weight (kg):	25.100

Gambar 4.75 Detail dan spesifikasi material pintu kaca

4. Lantai

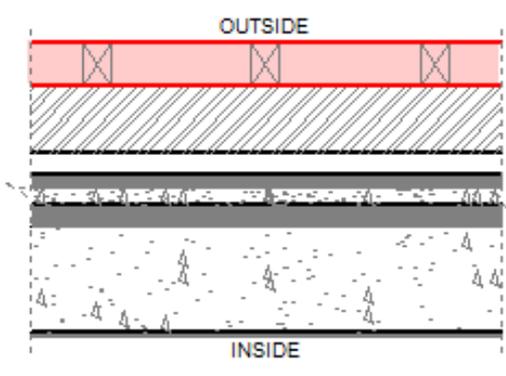
Lantai yang digunakan adalah beton ekspose

	U-Value (W/m2.K):	3.500
	Admittance (W/m2.K):	4.710
	Solar Absorption (0-1):	0
	Visible Transmittance (0-1):	0
	Thermal Decrement (0-1):	0.02
	Thermal Lag (hrs):	9
	[SBEM] CM 1:	0
	[SBEM] CM 2:	0
	Thickness (m):	1.500
	Weight (kg):	1950.000

Gambar 4.76 Detail dan spesifikasi material lantai

5. Atap

Atap yang digunakan adalah rumput (*green roof*)

	U-Value (W/m2.K):	0.280
	Admittance (W/m2.K):	3.330
	Solar Absorption (0-1):	0.6
	Visible Transmittance (0-1):	0
	Thermal Decrement (0-1):	1
	Thermal Lag (hrs):	0.2
	[SBEM] CM 1:	0
	[SBEM] CM 2:	0
	Thickness (m):	0.580
	Weight (kg):	13.295

Gambar 4.77 Detail dan spesifikasi material atap

4.7 Validasi Hasil Simulasi

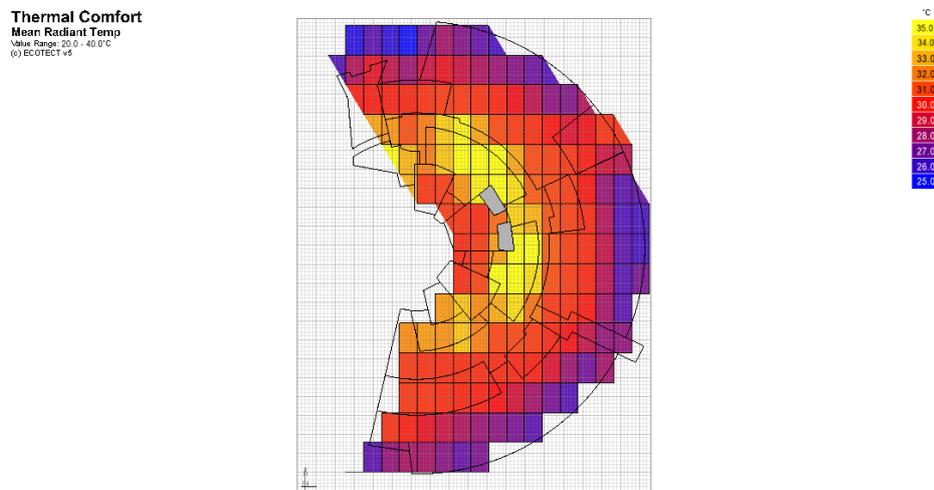
Setelah membuat model simulasi bangunan, selanjutnya akan dilakukan simulasi untuk mengetahui perbandingan temperatur eksisting dengan temperatur setelah dilakukan

simulasi. Model simulasi bangunan dapat digunakan atau dikatakan valid apabila perbedaan antara temperatur eksisting dengan hasil simulasi tidak lebih dari 10%.

Hasil simulasi pada ruang baca dan ruang diskusi yang terdapat pada lantai 2, didapati adanya perbedaan temperatur dibandingkan dengan keadaan eksisting. Data temperatur eksisting dan hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.14 persentase perbedaan tertinggi terdapat pada ruang A11 pada pukul 16.00 yaitu sebesar 7.90%. Pada lantai 2 model simulasi dapat dikatakan valid karena hasil perbedaan temperatur tidak ada yang melebihi 10%.

Tabel 4.14
Validasi Hasil Simulasi Lantai 2

Ruang	Pukul 09.00			Pukul 13.00			Pukul 16.00		
	Asli	Simulasi	Perbedaan	Asli	Simulasi	Perbedaan	Asli	Simulasi	Perbedaan
A11	30.00	28.90	3.67%	29.20	30.10	3.08%	29.10	31.40	7.90%
A12	28.90	28.90	0.00%	29.80	29.90	0.34%	29.10	30.70	5.50%
A13	28.50	29.00	1.75%	29.70	29.90	0.67%	28.90	30.30	4.84%
A21	28.00	29.90	6.79%	29.50	30.60	3.73%	28.70	30.70	6.97%
A22	30.00	29.50	1.67%	29.40	30.60	4.08%	29.00	30.70	5.86%
A31	28.20	28.20	0.00%	29.67	28.60	3.60%	28.33	28.70	1.29%
A32	28.00	28.20	0.71%	29.07	28.40	2.29%	27.80	28.90	3.96%
A33	27.75	28.00	0.90%	28.60	28.40	0.70%	27.65	29.50	6.69%



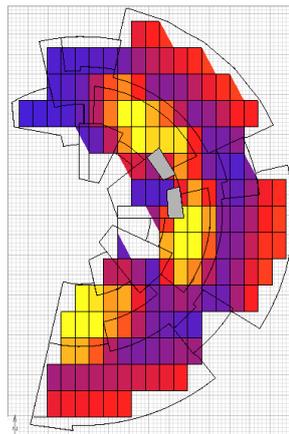
Gambar 4.78 Visualisasi termal lantai 2

Hasil simulasi pada ruang baca dan ruang diskusi yang terdapat pada lantai 3, didapatkan adanya perbedaan temperatur dibandingkan dengan keadaan eksisting. Data temperatur eksisting dan hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.15 persentase perbedaan tertinggi terdapat pada ruang B33 pada pukul 09.00 yaitu sebesar 8.93%. Pada lantai 3 model simulasi dapat dikatakan valid dan dapat digunakan karena hasil perbedaan temperatur tidak ada yang melebihi 10%.

Tabel 4.15
Validasi Hasil Simulasi Lantai 3

Ruang	Pukul 09.00			Pukul 13.00			Pukul 16.00		
	Asli	Simulasi	Perbedaan	Asli	Simulasi	Perbedaan	Asli	Simulasi	Perbedaan
B11	29.20	29.50	1.03%	30.40	31.10	2.30%	28.40	29.70	4.58%
B12	30.10	28.90	3.99%	30.50	29.70	2.62%	29.20	29.60	1.37%
B13	30.00	29.00	3.33%	30.70	30.40	0.98%	29.20	30.10	3.08%
B21	29.90	31.10	4.01%	30.50	31.60	3.61%	29.30	30.10	2.73%
B22	29.20	28.80	1.37%	30.20	29.90	0.99%	28.70	30.70	6.97%
B31	29.13	31.20	7.09%	29.90	31.80	6.35%	29.57	31.40	6.20%
B32	29.20	31.30	7.19%	29.80	32.10	7.72%	29.70	31.30	5.39%
B33	29.10	31.70	8.93%	30.05	32.10	6.82%	29.45	30.90	4.92%

Thermal Comfort
Mean Radiant Temp
Value Range: 25.0-34.0 °C
(c) EODTECH 45

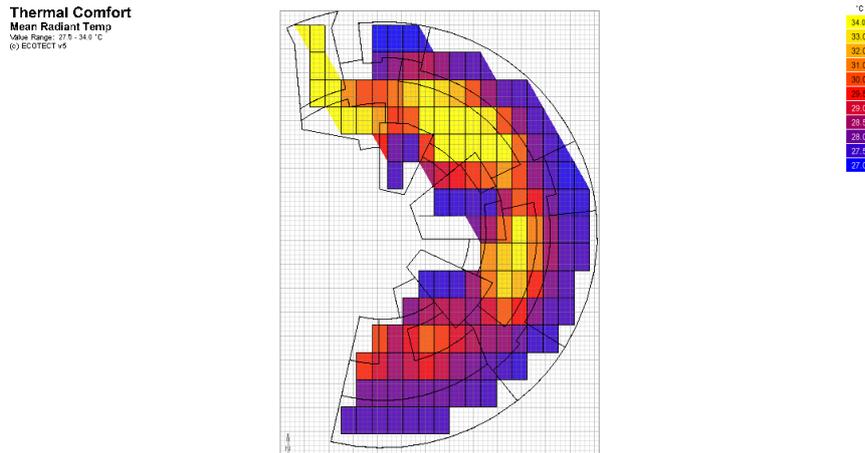


Gambar 4.79 Visualisasi termal lantai 3

Hasil simulasi pada ruang baca dan ruang diskusi yang terdapat pada lantai 4, didapatkan adanya perbedaan temperatur dibandingkan dengan keadaan eksisting. Data temperatur eksisting dan hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.17. Persentase perbedaan tertinggi terdapat pada ruang C12 pada pukul 13.00 yaitu sebesar 7.53%. Pada lantai 4 model simulasi dapat dikatakan valid karena hasil perbedaan temperatur tidak ada yang melebihi 10%.

Tabel 4.16
Validasi hasil simulasi lantai 4

Ruang	Pukul 09.00			Pukul 13.00			Pukul 16.00		
	Asli	Simulasi	Perbedaan	Asli	Simulasi	Perbedaan	Asli	Simulasi	Perbedaan
C11	28.00	29.90	6.79%	28.30	30.20	6.71%	28.90	31.00	7.27%
C12	29.60	30.30	2.36%	27.90	30.00	7.53%	29.00	31.20	7.59%
C13	28.10	30.00	6.76%	27.90	30.40	8.96%	29.00	31.30	7.93%
C21	29.70	30.60	3.03%	30.00	31.20	4.00%	29.90	31.30	4.68%
C22	27.80	29.80	7.19%	28.90	30.20	4.50%	28.90	30.20	4.50%
C31	29.73	29.90	0.56%	30.57	29.80	-2.51%	29.83	30.30	1.56%
C32	29.33	30.10	2.61%	29.50	30.50	3.39%	29.47	31.00	5.20%
C33	30.70	30.50	-0.65%	29.25	30.40	3.93%	29.55	30.40	2.88%



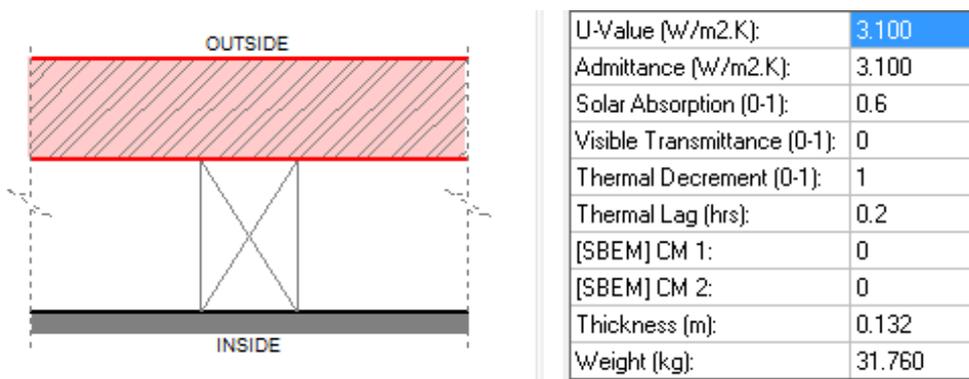
Gambar 4.80 Visualisasi termal lantai 4

Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan material yang sama dengan keadaan eksisting, dan hasil simulasi pada ketiga lantai menunjukkan hasil yang valid karena persentase perbedaan temperatur tidak lebih dari 10%. Sehingga model digital ini bisa digunakan untuk dilakukannya simulasi. Setelah itu dilakukan simulasi dengan mengganti material *green roof* dengan material lain untuk mengetahui bagaimana pengaruh *green roof* terhadap temperatur ruang dibawahnya.

4.8 Simulasi Material Atap

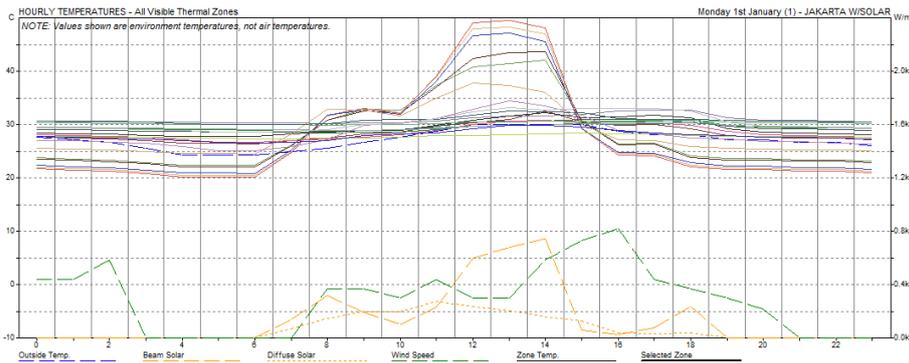
4.8.1 Simulasi Material Atap Tanah Liat

Simulasi menggunakan material tanah liat sebagai penutup atap dilakukan untuk membandingkan temperatur udara pada ruang baca dan ruang diskusi perpustakaan. Spesifikasi material tanah liat yang digunakan untuk simulasi yaitu:



Gambar 4.81 Detail dan spesifikasi material atap tanah liat

1. Lantai 2



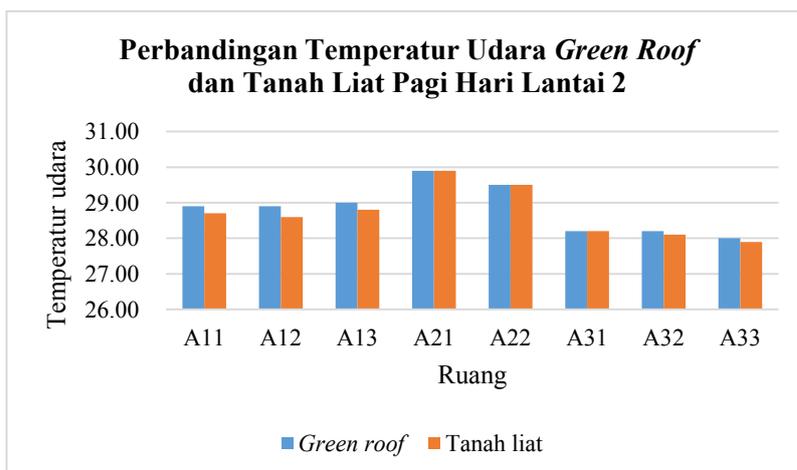
Gambar 4.82 Grafik temperatur udara dengan material tanah liat lantai 2

Setelah dilakukan simulasi dengan mengganti material *green roof* dengan material tanah liat, didapatkan adanya beberapa perbedaan temperatur yang terjadi dalam ruang diskusi dan ruang baca pada lantai 2 perpustakaan UI. Perbandingan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel 4.17

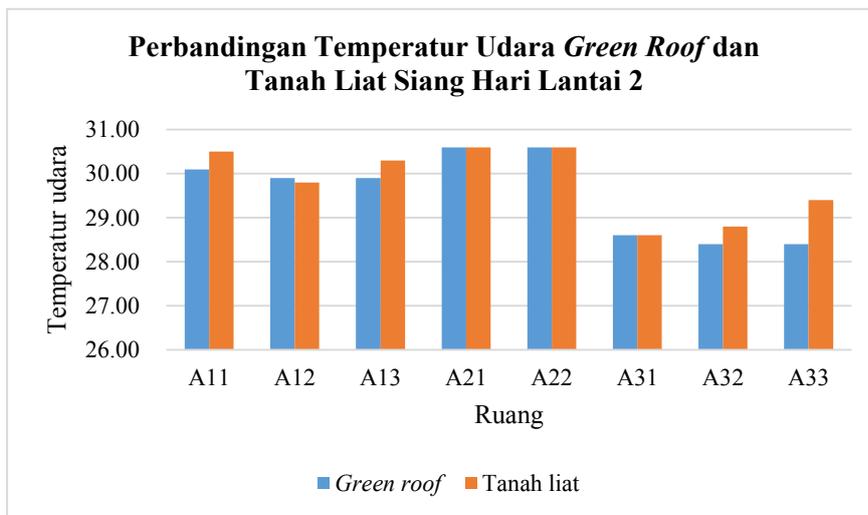
Perbandingan Temperatur *Green Roof* dengan Tanah Liat Lantai 2

RUANG	GREEN ROOF			TANAH LIAT		
	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
A12	28.90	29.90	30.70	28.60	29.80	30.50
A13	29.00	29.90	30.30	28.80	30.30	30.50
A21	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
A31	28.20	28.60	28.70	28.20	28.60	28.70
A32	28.20	28.40	28.90	28.10	28.80	29.00
A33	28.00	28.40	29.50	27.90	29.40	30.00
Rata-rata	28.83	29.56	30.11	28.71	29.83	30.21
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60



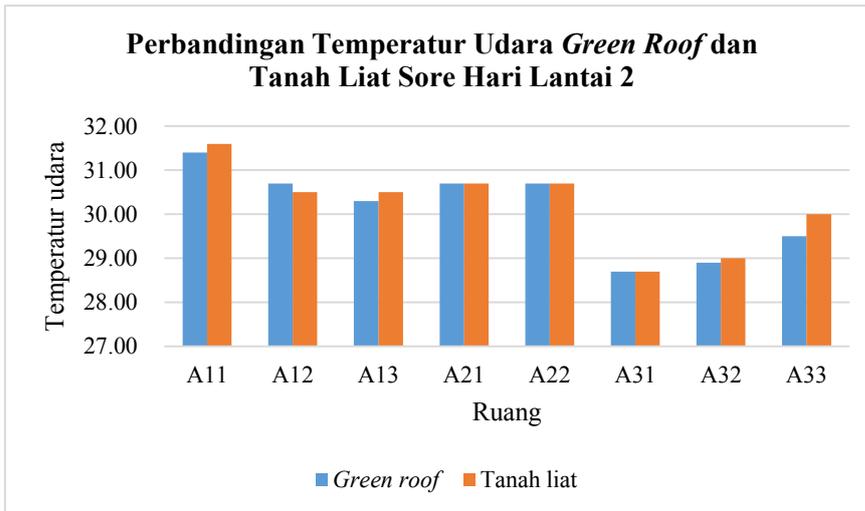
Gambar 4.83 Diagram perbandingan *green roof* dan atap tanah liat lantai 2 pagi

Pada pagi hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang. Temperatur udara pada ruang A11, A12, A13, A32, dan A33 lebih tinggi saat menggunakan material green roof sebagai penutup atap, sedangkan untuk ruang A21 dan A22 memiliki temperatur udara yang sama saat menggunakan green roof maupun atap tanah liat. Perbedaan temperatur udara antara green roof dan atap tanah liat pada ruang lantai 2 pagi hari hanya memberikan selisih 0.2°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 2, temperatur udara saat pagi hari pada ruang yang menggunakan material tanah liat lebih rendah dibandingkan dengan material green roof yaitu sebesar 0.12°C .



Gambar 4.84 Diagram perbandingan *green roof* dan atap tanah liat lantai 2 siang

Pada siang hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang. Temperatur udara pada ruang A11, A13, A32, dan A33 lebih tinggi saat menggunakan atap tanah liat sebagai penutup atap, sedangkan untuk ruang A12 memiliki temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* sebagai penutup atap. Pada ruang A21 dan A22 tidak mengalami perbedaan temperatur dengan menggunakan material penutup atap yang berbeda. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang A33, yaitu sebesar 1°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 2, temperatur udara saat siang hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat yaitu sebesar 0.27°C .

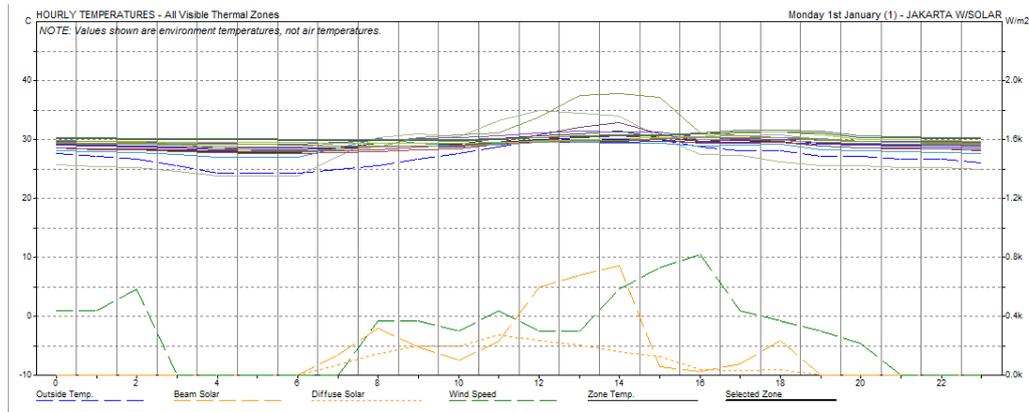


Gambar 4.85 Diagram perbandingan *green roof* dan atap tanah liat lantai 2 sore

Pada sore hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang, yaitu untuk ruang A11, A13, A32, dan A33 memiliki temperatur yang lebih tinggi jika menggunakan material penutup atap tanah liat. Sedangkan pada ruang A12, temperatur ruangan lebih tinggi jika menggunakan material *green roof* dengan selisih temperatur sebesar 0.1°C . Pada ruang A21, A22, dan A31 tidak mengalami perbedaan temperatur dengan penggunaan material atap yang berbeda. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang A33, yaitu sebesar 0.5°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 2, temperatur udara saat sore hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat yaitu sebesar 0.1°C .

Setelah melakukan perbandingan temperatur udara yang terjadi pada setiap ruang dalam lantai 2 perpustakaan UI dengan menggunakan 2 material yang berbeda, dapat dilihat bahwa material *green roof* mampu memberikan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat pada siang hingga sore hari. Sedangkan pada pagi hari rata-rata ruang dengan material *green roof* masih lebih tinggi daripada material tanah liat. Hal ini bisa disebabkan karena matahari pagi yang langsung masuk ke dalam ruang melalui *skylight* pada *green roof*. Perbedaan rata-rata temperatur yang terjadi saat pagi, siang, dan sore hari hanya sebesar 0.1°C – 0.27°C . Perbedaan temperatur yang tidak terlalu signifikan pada ruang lantai 2 ini disebabkan karena ruang-ruang tersebut tidak berbatasan langsung dengan atap.

2. Lantai 3



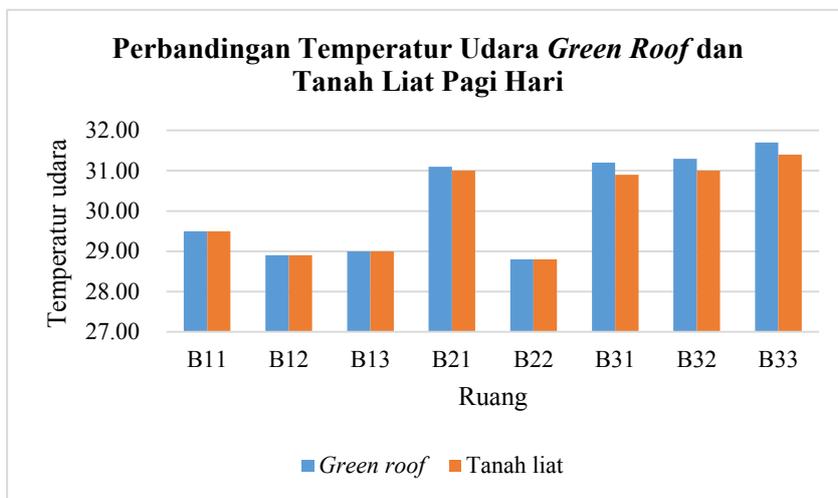
Gambar 4.86 Grafik temperatur udara dengan material tanah liat lantai 3

Setelah dilakukan simulasi dengan mengganti material *green roof* dengan material tanah liat, didapati beberapa perbedaan temperatur yang terjadi dalam ruang diskusi dan ruang baca pada lantai 3 perpustakaan UI. Perbandingan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.18

Tabel 4.18

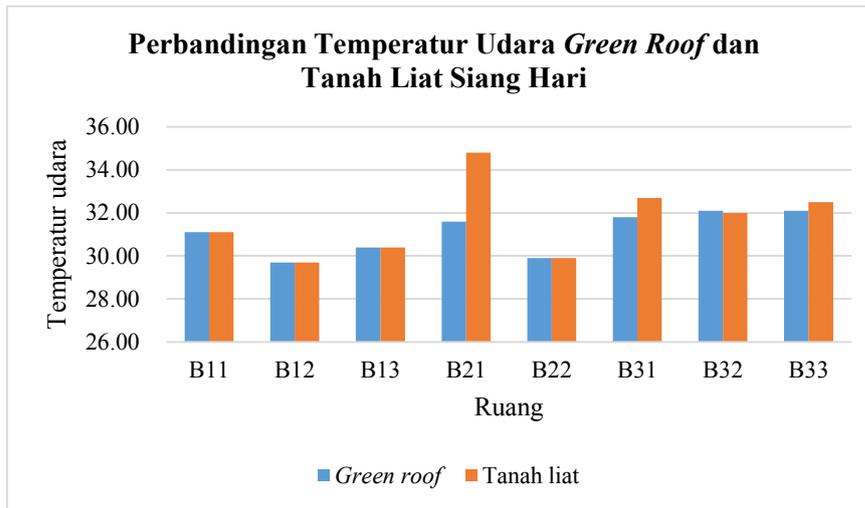
Perbandingan Temperatur *Green Roof* dengan Tanah Liat Lantai 3

Ruang	GREEN ROOF			TANAH LIAT		
	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
B12	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
B21	31.10	31.60	30.10	31.00	34.80	30.10
B22	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
B32	31.30	32.10	31.30	31.00	32.00	31.50
B33	31.70	32.10	30.90	31.40	32.50	31.20
Rata-Rata	30.19	31.09	30.48	30.06	31.64	30.58
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60



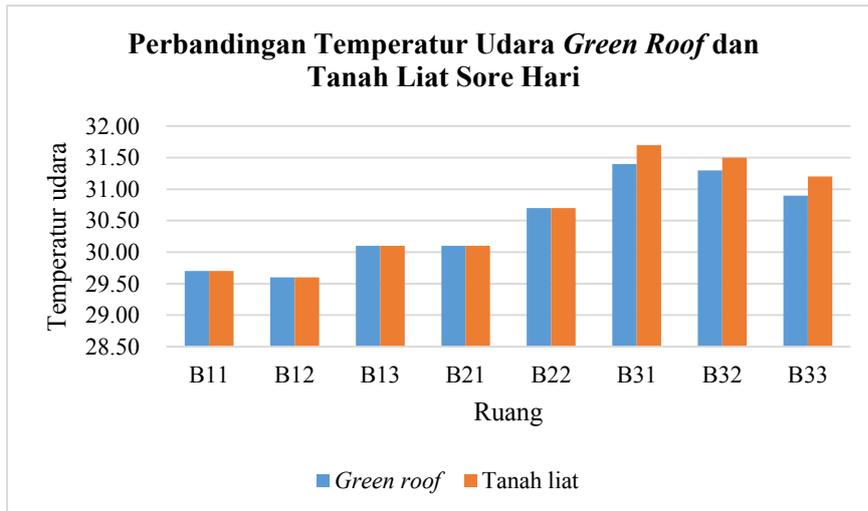
Gambar 4.87 Diagram perbandingan *green roof* dan atap tanah liat lantai 3 pagi

Pada pagi hari terjadi perbedaan temperatur dalam beberapa ruang pada lantai 3. Temperatur udara pada ruang B11, B12, B13, dan B22 tidak mengalami perubahan temperatur dengan penggunaan material yang berbeda. Sedangkan untuk ruang B21, B31, B32, dan B33 lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* sebagai penutup atap dibandingkan saat menggunakan material tanah liat. Perbedaan temperatur udara hanya sebesar 0.3°C yaitu pada ruang B33.



Gambar 4.88 Diagram perbandingan *green roof* dan tanah liat siang hari lantai 3

Pada siang hari terjadi perbedaan temperatur dalam beberapa ruang pada lantai 3, yaitu pada ruang B21, B31, dan B33 memiliki temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material tanah liat sebagai penutup atap. Sedangkan untuk ruang B32 memiliki temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* yaitu selisihnya hanya sebesar 0.1°C . Pada ruang B11, B12, B13, dan B22 tidak mengalami perubahan temperatur dengan penggunaan material yang berbeda. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang B21, yaitu sebesar 3.2°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 3, temperatur udara saat siang hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat yaitu sebesar 1.78°C .

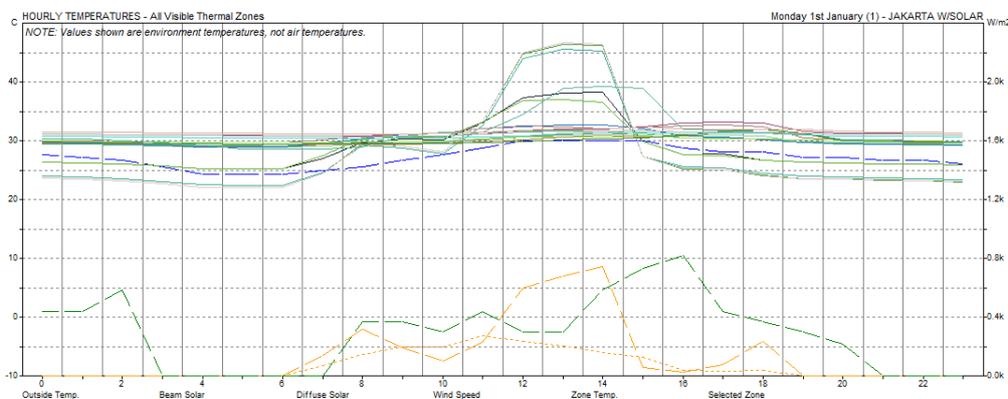


Gambar 4.89 Diagram perbandingan *green roof* dan tanah liat sore hari lantai 3

Pada sore hari terjadi perbedaan temperatur hanya pada ruang yang berbatasan langsung dengan atap yaitu pada ruang B31, B32, dan B33. Pada ketiga ruang tersebut menyatakan bahwa temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material tanah liat. Perbedaan temperatur udara sebesar 0.3°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 3, temperatur udara saat siang hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat yaitu sebesar 0.1°C .

Setelah melakukan perbandingan temperatur udara yang terjadi pada setiap ruang saat menggunakan material penutup atap *green roof* dan tanah liat, dapat dilihat bahwa material *green roof* mampu memberikan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat. Perbedaan rata-rata temperatur yang terjadi saat pagi, siang, dan sore hari sebesar $0.1^{\circ}\text{C} - 0.55^{\circ}\text{C}$.

3. Lantai 4

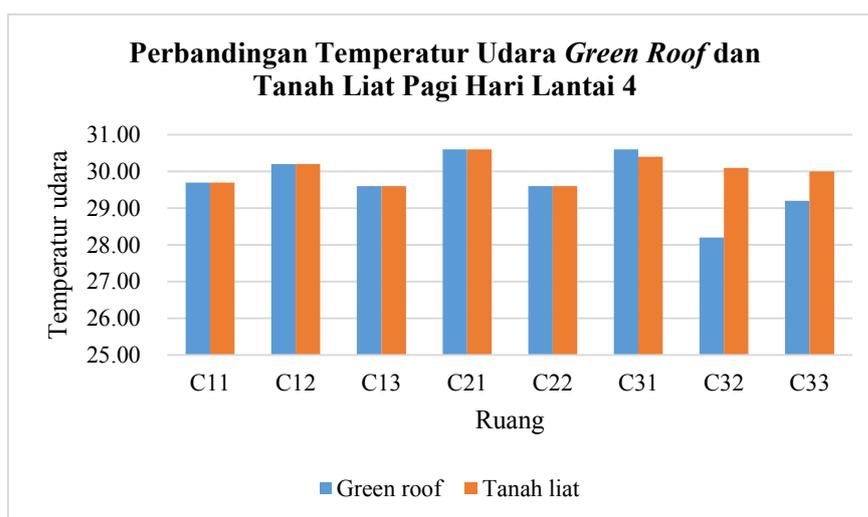


Gambar 4.90 Grafik temperatur udara dengan tanah liat lantai 4 dengan *Ecotect*

Setelah dilakukan simulasi dengan mengganti material *green roof* dengan material tanah liat, didapatkan adanya beberapa perbedaan temperatur yang terjadi dalam ruang diskusi dan ruang baca pada lantai 4 perpustakaan UI. Perbandingan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.19

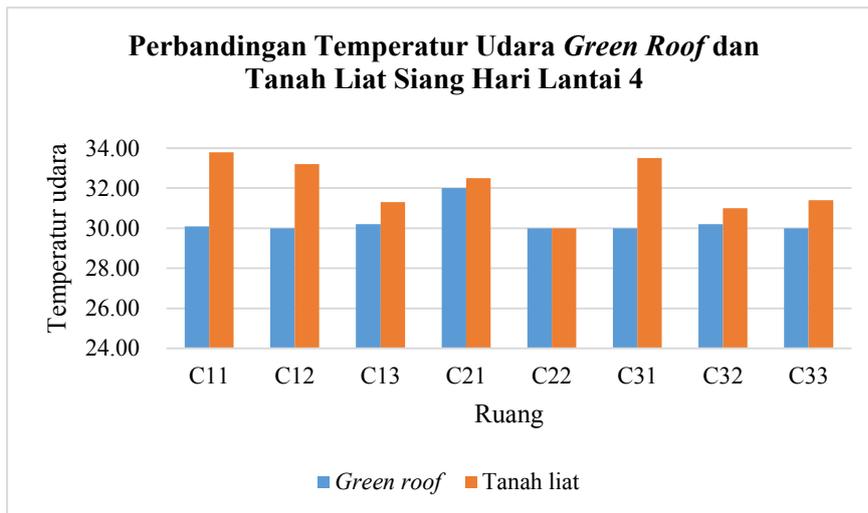
Tabel 4.19
Perbandingan Temperatur *Green Roof* dengan Tanah Liat Lantai 4

RUANG	GREEN ROOF			TANAH LIAT		
	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
C12	30.20	30.00	30.90	30.20	33.20	30.60
C13	29.60	30.20	31.00	29.60	31.30	31.00
C21	30.60	32.00	30.80	30.60	32.50	30.80
C22	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
C32	28.20	30.20	30.10	30.10	31.00	30.70
C33	29.20	30.00	30.00	30.00	31.40	30.60
Rata-rata	29.71	30.31	30.46	30.03	32.09	31.01
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60



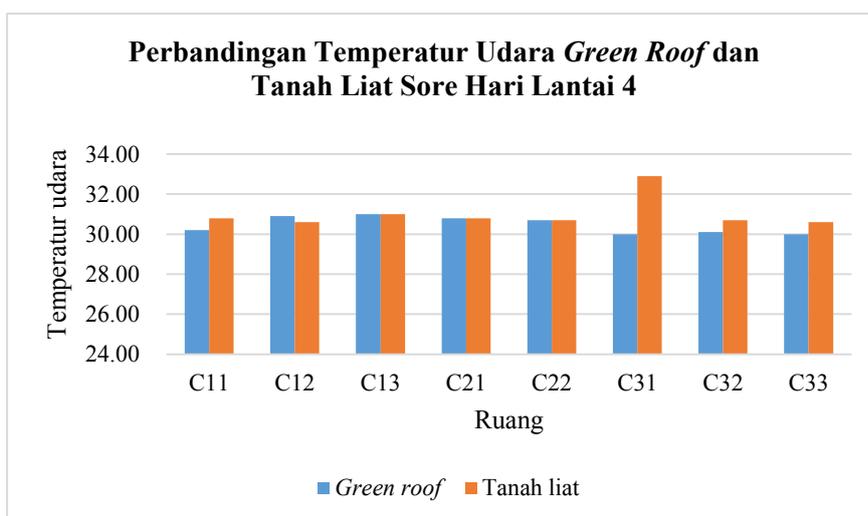
Gambar 4.91 Diagram perbandingan *green roof* dan tanah liat pagi hari lantai 4

Pada pagi hari terjadi perbedaan temperatur pada ruang yang berbatasan langsung dengan *green roof* yaitu ruang C31, C32, dan C33. Pada ruang C31 memiliki temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* sebagai penutup atap dengan selisih temperatur sebesar 0.2°C . Sedangkan untuk ruang C32 dan C33 memiliki temperatur yang lebih tinggi dengan menggunakan material tanah liat dibandingkan dengan material *green roof*. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang C32, yaitu sebesar 1.9°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 4, temperatur udara saat pagi hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat yaitu sebesar 0.32°C .



Gambar 4.93 Diagram perbandingan *green roof* dan tanah liat siang hari lantai 4

Pada siang hari, mayoritas ruang pada lantai 4 mengalami perbedaan temperatur, hanya ruang C22 yang memiliki temperatur yang sama dengan penggunaan material yang berbeda. Seluruh ruang yang mengalami perbedaan temperatur menunjukkan bahwa penggunaan material tanah liat sebagai penutup atap memiliki temperatur udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan material *green roof*. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terdapat pada ruang C31, yaitu sebesar 3.7°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 4, temperatur udara saat siang hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat yaitu sebesar 1.78°C .



Gambar 4.92 Diagram perbandingan *green roof* dan tanah liat sore hari lantai 4

Pada sore hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang. Temperatur udara pada ruang C11, C31, C32, dan C33 lebih tinggi saat menggunakan material tanah liat sebagai penutup atap. Sedangkan untuk ruang C12 memiliki temperatur udara yang lebih

tinggi saat menggunakan material *green roof* sebagai penutup atap dengan selisih temperatur sebesar 0.3°C . Temperatur udara pada ruang C13, C21, dan C22 tidak mengalami perubahan temperatur dengan penggunaan material yang berbeda. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang C31, yaitu sebesar 2.9°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 4, temperatur udara saat sore hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat yaitu sebesar 0.55°C .

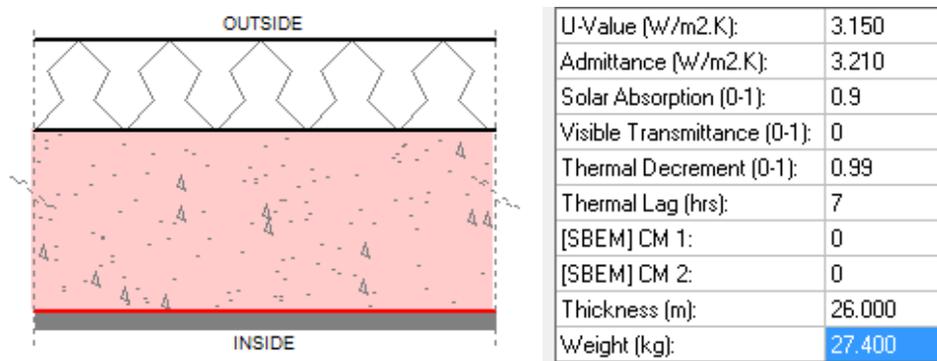
Setelah melakukan perbandingan temperatur udara yang terjadi pada setiap ruang dalam lantai 4 perpustakaan UI dengan menggunakan 2 material yang berbeda, dapat dilihat bahwa material *green roof* mampu memberikan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat. Perbedaan rata-rata temperatur yang terjadi saat pagi, siang, dan sore hari sebesar $0.32^{\circ}\text{C} - 1.78^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan hasil simulasi yang sudah dilakukan dengan membandingkan penggunaan material *green roof* dengan material tanah liat pada ruang baca dan ruang diskusi perpustakaan UI, dapat dilihat bahwa pada penelitian ini material *green roof* dapat menurunkan temperatur udara mulai dari $0.1^{\circ}\text{C} - 1.78^{\circ}\text{C}$. Penurunan temperatur paling tinggi terjadi pada ruangan yang berada di lantai 4. Tingginya perbedaan temperatur pada ruang lantai 4, hal tersebut dapat disebabkan karena ruang-ruang pada lantai 4 berbatasan langsung dengan atap. Sehingga material atap mampu memberikan pengaruh yang besar terhadap temperatur ruangan dibawahnya.

Penggunaan material tanah liat dapat dikatakan kurang efektif karena berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, rata-rata temperatur udara pada ruang baca dan ruang diskusi adalah $28.7^{\circ}\text{C} - 32.1^{\circ}\text{C}$. Nilai tersebut berada diatas temperatur nyaman optimal dengan nilai $22,5^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ yang telah ditentukan SNI maupun standar kenyamanan termal yang diperoleh berdasarkan analisis regresi dengan nilai $27.3^{\circ}\text{C} - 29.3^{\circ}\text{C}$. Selain itu jika dibandingkan dengan temperatur luar bangunan, material tanah liat hanya mampu menurunkan temperatur sebesar 2.9°C sedangkan material *green roof* mampu menurunkan hingga 4.7°C .

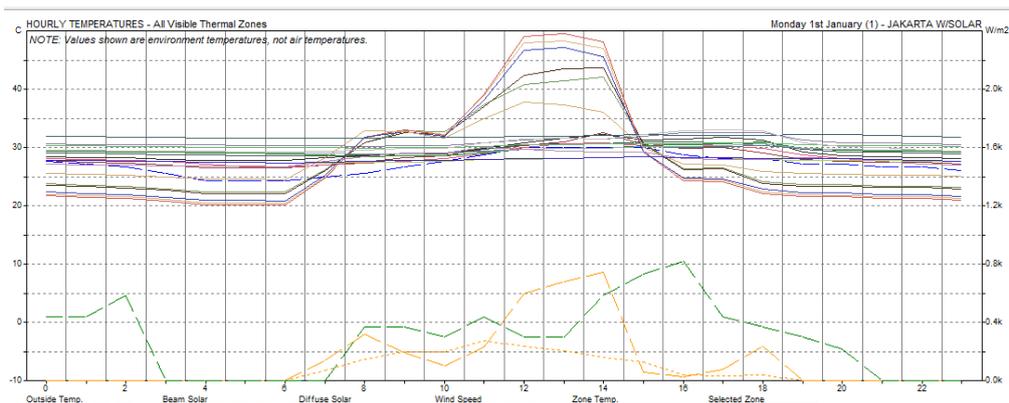
4.8.2 Simulasi Material Beton

Simulasi menggunakan material beton sebagai penutup atap dilakukan untuk membandingkan temperatur udara pada ruang baca dan ruang diskusi perpustakaan. Spesifikasi material beton yang digunakan untuk simulasi yaitu :



Gambar 4.94 Detail dan spesifikasi material beton

1. Lantai 2



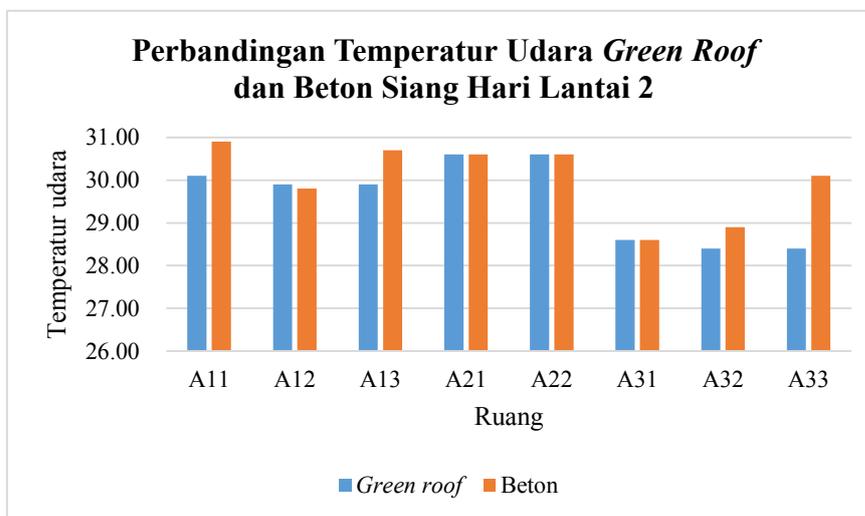
Gambar 4.95 Grafik temperatur udara dengan material beton lantai 2

Setelah dilakukan simulasi dengan mengganti material *green roof* dengan material beton, didapati beberapa perbedaan temperatur yang terjadi dalam ruang diskusi dan ruang baca pada lantai 2 perpustakaan universitas Indonesia. perbandingan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20
Perbandingan Temperatur *Green Roof* dengan Beton Lantai 2

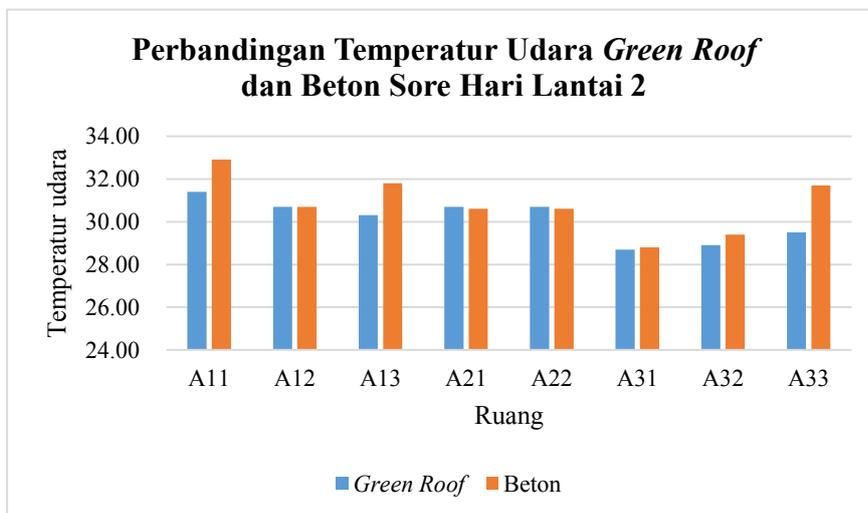
RUANG	GREEN ROOF			BETON		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
A11	28.90	30.10	31.40	28.60	30.90	32.90
A12	28.90	29.90	30.70	28.30	29.80	30.70
A13	29.00	29.90	30.30	28.70	30.70	31.80
A21	29.90	30.60	30.70	29.90	30.60	30.60
A22	29.50	30.60	30.70	29.50	30.60	30.60
A31	28.20	28.60	28.70	28.20	28.60	28.80
A32	28.20	28.40	28.90	27.90	28.90	29.40
A33	28.00	28.40	29.50	27.50	30.10	31.70
Rata-rata	28.83	29.56	30.11	28.58	30.03	30.81
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

Pada pagi hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang yang berada di lantai 2. Pada ruang-ruang yang mengalami perbedaan temperatur menunjukkan temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* dengan selisih paling tinggi sebesar 0.6°C yaitu pada ruang A12. Sedangkan pada ruang A21, A22, dan A31 tidak mengalami perbedaan temperatur dengan menggunakan material yang berbeda. Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 2, temperatur udara saat pagi hari pada ruang yang menggunakan material beton lebih rendah dibandingkan dengan material *green roof* yaitu sebesar 0.25°C .



Gambar 4.96 Diagram perbandingan *green roof* dan beton lantai 2 siang

Pada siang hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang. Pada ruang-ruang yang berada di lantai 2 cenderung memiliki temperatur yang lebih tinggi dengan menggunakan material beton dibandingkan dengan material *green roof*. Namun pada ruang A12, temperatur ruangan lebih tinggi jika menggunakan material *green roof* dengan selisih temperatur sebesar 0.1°C . Sedangkan untuk ruang A21, A22, dan A31 tidak mengalami perbedaan temperatur. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang A33, yaitu sebesar 1.7°C dengan menggunakan material tanah liat yang lebih panas. Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 2, temperatur udara saat siang hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material beton yaitu sebesar 0.47°C .

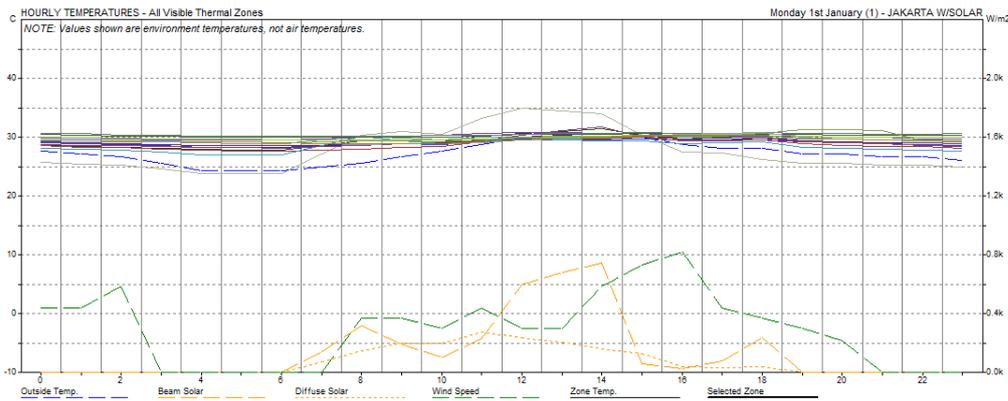


Gambar 4.97 Diagram perbandingan *green roof* dan beton lantai 2 sore

Pada sore hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang yang berada di lantai 2. Mayoritas menunjukkan temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material beton. Sedangkan untuk ruang A21 dan A22 memiliki temperatur yang lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* dengan selisih 0.1°C . Perbedaan temperatur udara paling tinggi terdapat pada ruang A33, yaitu sebesar 2.2°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 2, temperatur udara saat sore hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material beton yaitu sebesar 0.7°C .

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada ruang diskusi dan ruang baca yang berada pada lantai 2 perpustakaan UI dengan menggunakan 2 material yang berbeda, dapat dilihat bahwa material *green roof* mampu memberikan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan material beton saat siang dan sore hari. Perbedaan rata-rata temperatur yang terjadi saat siang dan sore hari sebesar $0.47^{\circ}\text{C} - 0.77^{\circ}\text{C}$.

2. Lantai 3



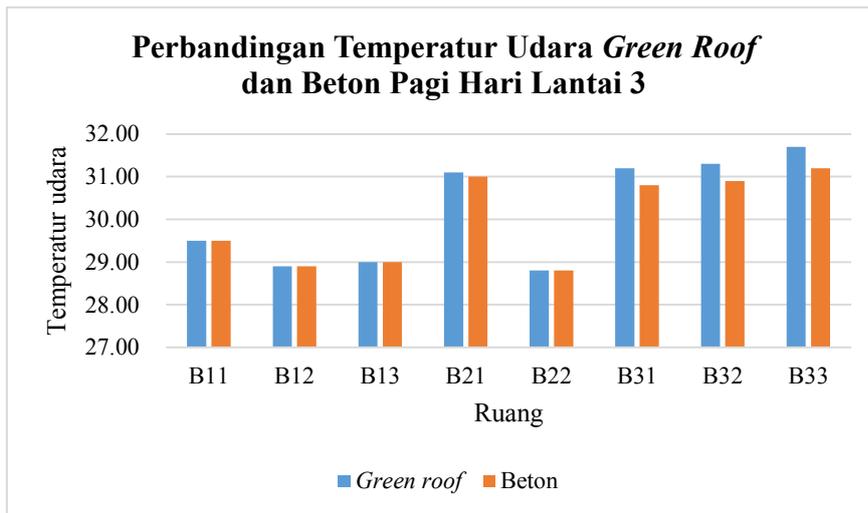
Gambar 4.98 Grafik temperatur udara dengan material beton lantai 3

Setelah dilakukan simulasi dengan mengganti material *green roof* dengan material beton, didapatkan adanya beberapa perbedaan temperatur yang terjadi dalam ruang diskusi dan ruang baca pada lantai 3 perpustakaan UI. Perbandingan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21

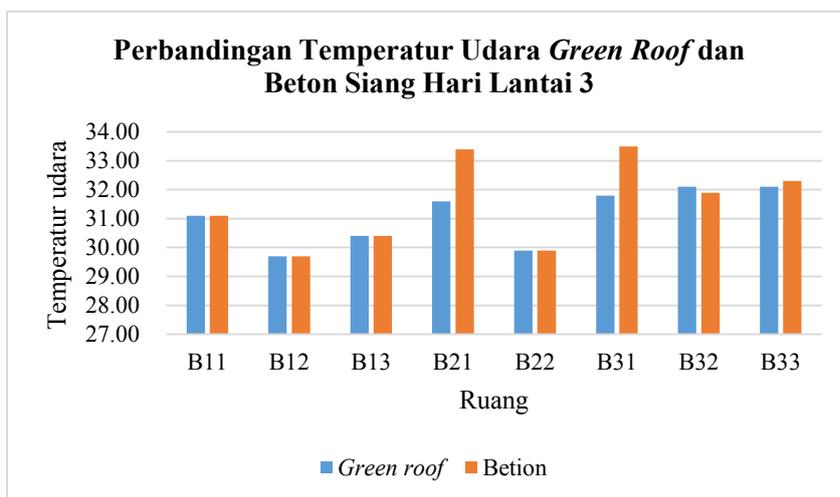
Perbandingan Temperatur *Green Roof* dengan Beton Lantai 3

Ruang	GREEN ROOF			BETON		
	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
B12	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
B21	31.10	31.60	30.10	31.00	33.40	31.70
B22	28.80	29.90	30.70	28.80	29.90	30.70
B31	31.20	31.80	31.40	30.80	33.50	31.70
B32	31.30	32.10	31.30	30.90	31.90	31.70
B33	31.70	32.10	30.90	31.20	32.30	31.40
Rata-Rata	30.19	31.09	30.48	30.01	31.53	30.83
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60



Gambar 4.100 Diagram perbandingan *green roof* dan beton lantai 3 pagi

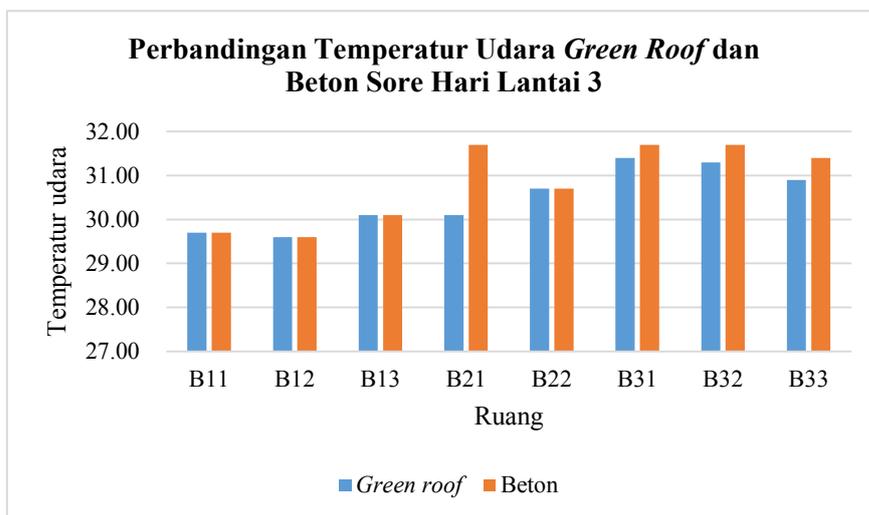
Saat pagi hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang di lantai 3. Temperatur udara pada ruang B11, B12, B13 dan B22 tidak mengalami perubahan temperatur dengan menggunakan material yang berbeda. Sedangkan untuk ruang B21, B31, B32, dan B33 memiliki temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* sebagai penutup atap. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang B33, yaitu sebesar 0.5°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 3, temperatur udara saat pagi hari pada ruang yang menggunakan material beton lebih rendah dibandingkan dengan material *green roof* yaitu sebesar 0.18°C .



Gambar 4.99 Diagram perbandingan *green roof* dan beton lantai 3 siang

Pada siang hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang. Temperatur udara pada ruang B21, B31, dan B33 lebih tinggi saat menggunakan material beton sebagai penutup atap. Sedangkan untuk ruang B32 memiliki temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* sebagai penutup atap dengan selisih hanya sebesar

0.2°C. Temperatur udara pada ruang B11, B12, B13, dan B22 tidak mengalami perubahan temperatur dengan penggunaan material yang berbeda. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang B21, yaitu sebesar 1.8°C. Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 3, temperatur udara saat siang hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material beton yaitu sebesar 0.44°C.

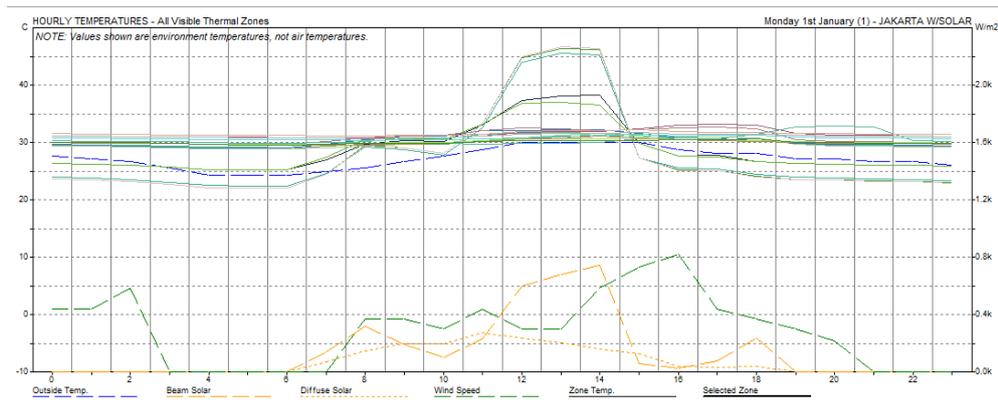


Gambar 4.101 Diagram perbandingan *green roof* dan beton lantai 3 sore

Saat sore hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang yang berada di lantai 3. Mayoritas ruang menunjukkan temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material beton. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terdapat pada ruang B21, yaitu sebesar 1.6°C. Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 3, temperatur udara saat sore hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material beton yaitu sebesar 0.4°C.

Setelah melakukan perbandingan temperatur udara yang terjadi pada setiap ruang baca dan ruang diskusi di lantai 3 perpustakaan UI dengan menggunakan 2 material yang berbeda, dapat dilihat bahwa material *green roof* mampu memberikan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan material beton. Perbedaan rata-rata temperatur yang terjadi saat pagi, siang, dan sore hari sebesar 0.18°C – 0.44°C. Jika dilihat perbedaan temperatur udara pada setiap ruang, material *green roof* mampu menurunkan temperatur udara hingga 1.8°C. Perbedaan temperatur udara yang terjadi pada setiap ruang lantai 3 hanya terjadi pada ruang B21, B31, B32, dan B32, hal tersebut karena ruang-ruang tersebut berbatasan langsung dengan atap sehingga perlakuan pada material penutup atap cukup berpengaruh terhadap ruang dibawahnya.

3. Lantai 4



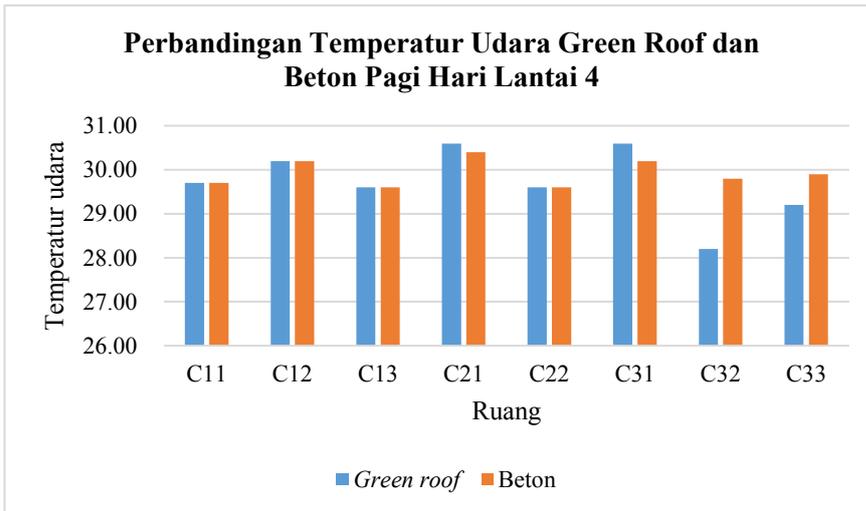
Gambar 4.102 Grafik temperatur udara lantai 4 dengan ecotect

Setelah dilakukan simulasi dengan mengganti material *green roof* dengan material beton, didapati beberapa perbedaan temperatur yang terjadi dalam ruang diskusi dan ruang baca pada lantai 4 perpustakaan universitas Indonesia. perbandingan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.22

Tabel 4.22

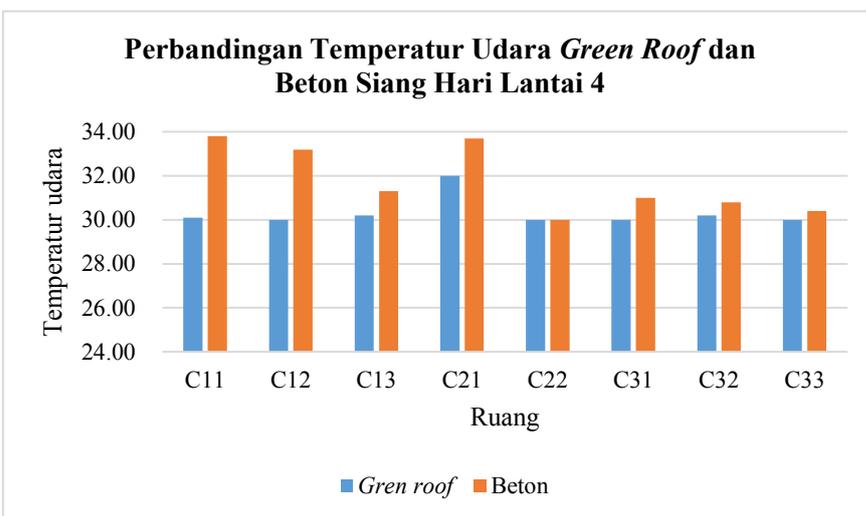
Perbandingan Temperatur *Green roof* dengan Beton Pada Lantai 4

RUANG	GREEN ROOF			BETON		
	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
C12	30.20	30.00	30.90	30.20	33.20	30.60
C13	29.60	30.20	31.00	29.60	31.30	31.00
C21	30.60	32.00	30.80	30.40	33.70	31.00
C22	29.60	30.00	30.70	29.60	30.00	30.70
C31	30.60	30.00	30.00	30.20	31.00	30.60
C32	28.20	30.20	30.10	29.80	30.80	30.50
C33	29.20	30.00	30.00	29.90	30.40	30.50
Rata-rata	29.71	30.31	30.46	29.93	31.78	30.71
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60



Gambar 4.104 Diagram perbandingan *green roof* dan beton lantai 4 pagi

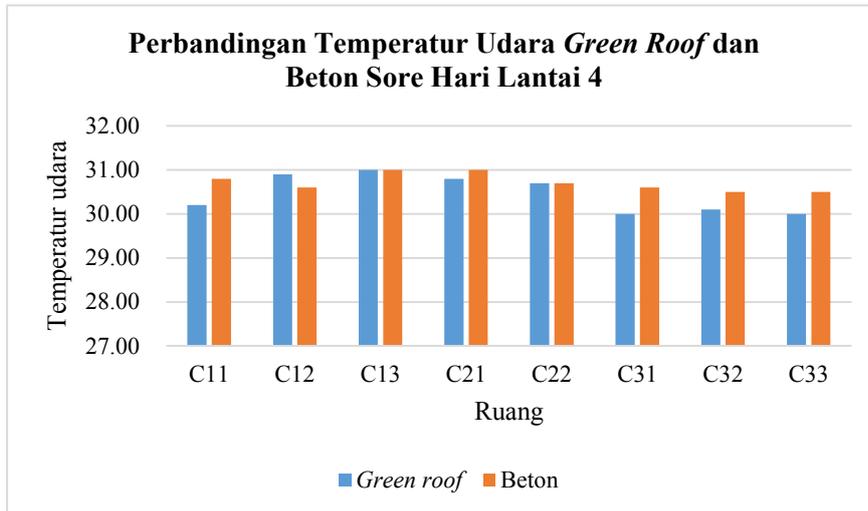
Pada pagi hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang. Pada ruang-B32 dan B33 memiliki temperatur yang lebih tinggi dengan menggunakan material beton dibandingkan dengan material *green roof*. Namun pada ruang C21 dan C31, temperatur ruangan lebih tinggi jika menggunakan material *green roof* dengan selisih temperatur mencapai 0.4°C. Ruang C11, C12, C13, dan C22 tidak mengalami perubahan temperatur dengan perbedaan material penutup atap. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang C21, yaitu sebesar 1.6°C. Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 4, temperatur udara saat pagi hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material beton yaitu sebesar 0.22°C.



Gambar 4.103 Diagram perbandingan *green roof* dan beton lantai 4 siang

Pada siang hari terjadi perbedaan temperatur pada hampir keseluruhan ruang yang berada di lantai 4. Mayoritas ruang menunjukkan temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material beton dibandingkan material *green roof*. Namun pada ruang C22 tidak mengalami perbedaan temperatur dengan penggunaan material yang berbeda.

Perbedaan temperatur udara paling tinggi terdapat pada ruang C11, yaitu sebesar 3.7°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 4, temperatur udara saat siang hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material beton yaitu sebesar 1.47°C .



Gambar 4.105 Diagram perbandingan *green roof* dan beton lantai 4 sore

Pada sore hari terjadi perbedaan temperatur pada beberapa ruang. Mayoritas temperatur udara pada ruang di lantai 4 menunjukkan bahwa temperatur udara lebih tinggi saat menggunakan material beton sebagai penutup atap. Sedangkan untuk ruang C12 memiliki temperatur udara yang lebih tinggi saat menggunakan material *green roof* sebagai penutup atap. Temperatur udara pada ruang C13 dan C22 tidak mengalami perubahan temperatur dengan penggunaan material yang berbeda. Perbedaan temperatur udara paling tinggi terjadi pada ruang C21 dan C31, yaitu sebesar 0.6°C . Jika dilihat dari rata-rata keseluruhan ruangan pada lantai 4, temperatur udara saat sore hari pada ruang yang menggunakan material *green roof* lebih rendah dibandingkan dengan material beton yaitu sebesar 0.25°C .

Setelah melakukan perbandingan temperatur udara yang terjadi pada setiap ruang dalam lantai 4 perpustakaan UI dengan menggunakan 2 material yang berbeda, dapat dilihat bahwa material *green roof* mampu memberikan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan material tanah liat. Perbedaan rata-rata temperatur yang terjadi saat pagi, siang, dan sore hari sebesar $0.22^{\circ}\text{C} - 1.47^{\circ}\text{C}$. Jika dilihat dari setiap ruang pada lantai 4, material *green roof* mampu menurunkan temperatur hingga 3.7°C dibandingkan dengan material beton.

Berdasarkan hasil simulasi yang sudah dilakukan dengan membandingkan penggunaan material *green roof* dengan material beton pada ruang baca dan ruang diskusi perpustakaan

UI, dapat dilihat bahwa pada penelitian ini material *green roof* dapat menurunkan rata-rata temperatur udara hingga 1.47°C. Jika dibandingkan dengan material beton, penurunan rata-rata temperatur paling tinggi terjadi pada ruangan yang berada 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.

Penggunaan material beton dapat dikatakan kurang efektif karena berdasarkan hasil simulasi dengan material beton, rata-rata temperatur udara pada ruang baca dan ruang diskusi adalah 29.93°C – 31.78°C. Nilai tersebut berada diatas temperatur nyaman optimal dengan nilai 22,5°C - 25°C yang telah ditentukan SNI maupun standar kenyamanan termal yang diperoleh berdasarkan analisis regresi dengan nilai 27.3°C - 29.3°C. Setelah dilakukan simulasi material atap terhadap model bangunan perpustakaan Uniersitas Indonesia, didapatkan bahwa penggunaan material *green roof* sebagai penutup atap dirasa paling efektif dibandingkan dengan material beton dan material tanah liat.

4.9 Simulasi Jenis Tanaman *Green roof*

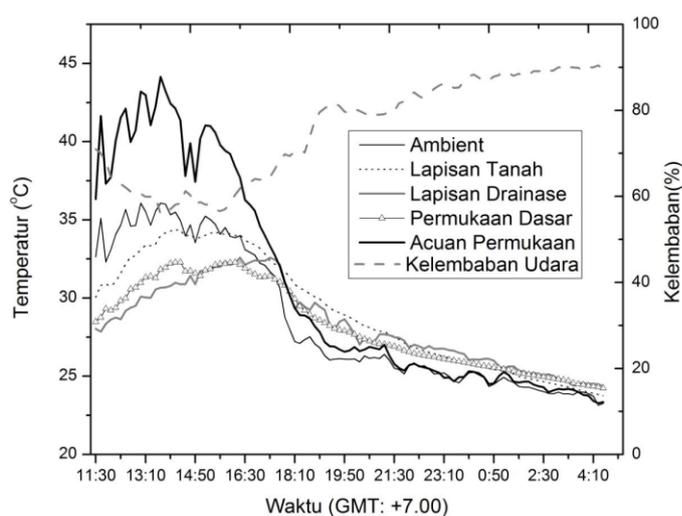
Setelah diperoleh hasil bahwa penggunaan material *green roof* sebagai penutup atap perpustakaan UI merupakan penutup atap yang paling efektif dibandingkan dengan material beton dan tanah liat. Selanjutnya akan dilakukan simulasi material *green roof* dengan menggunakan jenis tanaman yang sebelumnya sudah pernah diteliti oleh Retsa Anugrah Menteng pada tahun 2012 dengan judul penelitian ”Investigasi Kinerja Termal *Green Roof* Sebagai Pendingin Pasif di Iklim Tropis”. Simulasi dilakukan dengan memasukan nilai *U-Value* yang berbeda dari setiap tanaman. Simulasi ini dilakukan untuk mencari tahu jenis tanaman mana yang dirasa paling efektif untuk dijadikan *green roof* pada suatu bangunan. Simulasi ini menggunakan 3 sampel tanaman terbaik dalam menurunkan termal dari 7 sampel tanaman yang diuji pada penelitian sebelumnya.

4.9.1 Tanaman Bayam Merah



Gambar 4.106 Tanaman bayam merah

Bayam merah (*Althenantera ficoidea*) memiliki karakteristik daun yang berwarna merah, kepadatan daun yang cukup tinggi, tumbuh ke atas (tidak menjalar), dan cukup kuat apabila tidak mendapatkan pengairan yang cukup. Berdasarkan hasil uji kinerja termal pada tanaman bayam merah ini bahwa temperatur permukaan dasar wadah maksimal mencapai 34.5°C pada pukul 16.30 dan minimal 23.5°C pada pukul 04.30. Sedangkan *temperatur* pada lapisan tanah dengan model tamanan ini maksimal mencapai 41°C pada pukul 16.30 dan minimal 24°C pada pukul 04.30. Penggunaan tanaman bayam merah menyebabkan *temperatur* lapisan tanah menjadi tinggi pada siang hari dan kembali dingin pada malam hari disebabkan karena cara tumbuh tanaman yang tidak menjalar dan membuat rongga, sehingga tanah menjadi lebih panas.



Gambar 4.107 Grafik profil temperatur bayam merah
Ssumber: Retsa AM (2012)

Nilai konduktivitas termal (*R-Value*) tanaman bayam merah adalah $0.2 \text{ m}^2\text{K/W}$. Nilai yang digunakan pada *software ecotect* yang nantinya di simulasikan pada bangunan adalah gabungan nilai dari beberapa material (*U-Value*), dimana nilai *U-Value* merupakan kebalikan dari *R-Value*. Maka nilai *U-Value* dari tanaman bayam merah adalah:

$$U - Value = \frac{1}{R - Value}$$

$$U - Value = \frac{1}{0.2} = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tabel 4.23
Temperatur Ruang dengan Tanaman Bayam Merah

Ruang	Lantai 2 (A)			Lantai 3 (B)			Lantai 4 (C)		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
11	28.80	30.00	31.40	29.50	31.10	29.70	30.00	30.30	31.10
12	28.80	29.70	30.80	28.90	29.70	29.60	30.40	31.00	31.30
13	28.80	29.80	30.30	29.00	30.40	30.10	30.10	30.40	31.50
21	29.90	30.60	30.70	31.10	31.60	30.10	30.70	31.30	31.40
22	29.50	30.60	30.70	28.80	29.90	30.70	29.90	30.20	30.30
31	28.20	28.60	28.70	31.20	31.80	31.40	30.20	30.00	30.60
32	28.20	28.40	29.20	31.30	32.10	31.30	30.00	30.30	30.80
33	28.00	28.30	29.70	31.70	32.10	30.90	30.40	30.20	30.20
Rata-rata	28.78	29.50	30.19	30.19	31.09	30.48	30.21	30.46	30.90
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

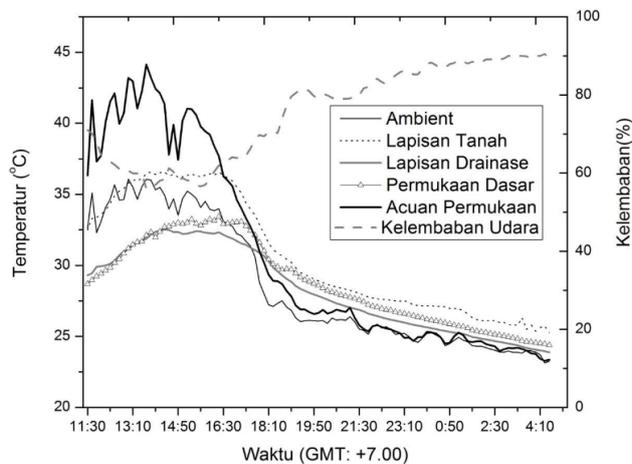
4.9.2 Tanaman Kucai Jepang



Gambar 4.108 Tanaman kucai jepang

Kucaai Jepang (*Carex Morrowii*) memiliki karakteristik daun yang panjang (tidak lebar namun cukup tebal), kepadatan daun sedang, dan kuat tanpa pengairan yang cukup. Berdasarkan hasil uji kinerja termal pada tanaman kucai jepang ini bahwa temperatur permukaan dasar wadah maksimal mencapai 33°C pada pukul 16.30 dan minimal 24.7°C pada pukul 04.30. Sedangkan *temperatur* pada lapisan tanah dengan model tamanan ini maksimal mencapai 37°C pada pukul 16.30 dan minimal 26°C pada pukul 04.30.

Penggunaan tanaman kucai menyebabkan temperatur lapisan tanah menjadi tinggi pada siang hari dan kembali dingin pada malam hari disebabkan kepadatan daun yang tidak terlalu tinggi membuat temperatur tanah menjadi lebih tinggi.



Gambar 4.109 Grafik profil temperatur kucai jepang
Sumber: Retsa AM (2012)

Nilai konduktivitas termal (*R-Value*) tanaman bayam merah adalah $0.2 \text{ m}^2\text{K/W}$. Nilai yang digunakan pada *software ecotect* yang nantinya di simulasikan pada bangunan adalah gabungan nilai dari beberapa material (*U-Value*), dimana nilai *U-Value* merupakan kebalikan dari *R-Value*. Maka nilai *U-Value* dari tanaman bayam merah adalah:

$$U - Value = \frac{1}{R - Value}$$

$$U - Value = \frac{1}{0.22} = 4.5 \frac{W}{\text{m}^2\text{K}}$$

Tabel 4.24
Temperatur Ruang dengan Tanaman Kucai Jepang

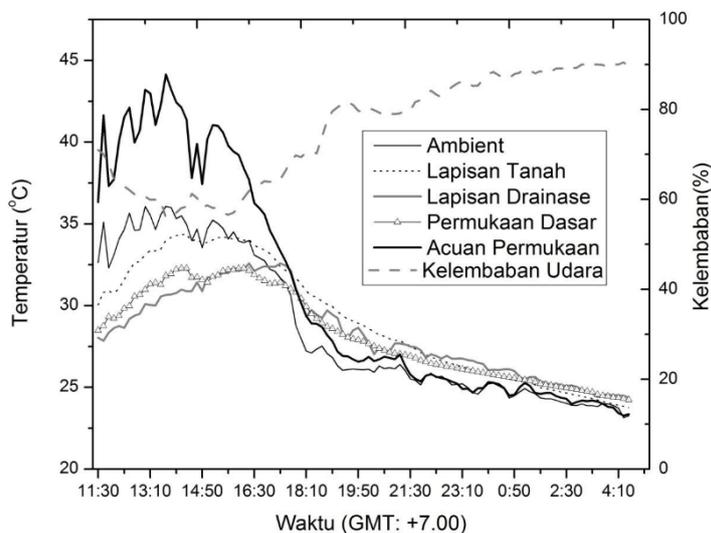
Ruang	Lantai 2 (A)			Lantai 3 (B)			Lantai 4 (C)		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
11	28.80	30.10	31.40	29.50	31.10	29.70	29.80	30.20	31.00
12	28.80	29.80	30.70	28.90	29.70	29.60	30.30	30.90	31.20
13	28.90	29.80	30.30	29.00	30.40	30.10	30.00	30.30	31.30
21	29.90	30.60	30.70	31.00	31.60	29.60	30.60	31.20	31.30
22	29.50	30.60	30.70	28.80	29.90	30.70	29.80	30.10	30.10
31	28.20	28.60	28.70	31.10	31.70	31.30	29.70	29.80	30.20
32	28.20	28.40	28.90	31.20	32.00	31.20	30.00	30.40	30.90
33	28.00	28.30	29.50	31.60	32.10	30.90	30.40	30.40	30.40
Rata-rata	28.79	29.53	30.11	30.14	31.06	30.39	30.08	30.41	30.80
Temp. Luar	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60	32.80	35.00	33.60

4.9.3 Tanaman Rumput Gajah Mini



Gambar 4.110 Rumput gajah mini

Rumput Gajah Mini (*Pennisetum Purpureum schamach*) memiliki karakteristik daun yang panjang, cukup lebar, tumbuh di atas lapisan tanah. Berdasarkan hasil uji kinerja termal pada tanaman rumput gajah mini bahwa temperatur permukaan dasar wadah maksimal mencapai 32°C pada pukul 14.30 dan pukul 16.30, serta minimal sebesar 25°C pada pukul 4.30. Sedangkan temperatur pada lapisan tanah dengan model tanaman ini maksimal mencapai 34°C pada pukul 14.30 dan pukul 16.30. Tanah yang cenderung lembab dan daun yang menutupi hampir semua bagian tanah menyebabkan temperatur tanah yang tidak terlalu tinggi dan cukup stabil.



Gambar 4.111 Grafik profil temperatur rumput gajah mini
Sumber: Retsa AM (2012)

Nilai konduktivitas termal (*R-Value*) tanaman bayam mini adalah 0.24 m²K/W. Nilai yang digunakan pada *software* ecotec yang nantinya di simulasikan pada bangunan adalah gabungan nilai dari beberapa material (*U-Value*), dimana nilai *U-Value* merupakan kebalikan dari *R-value*. Maka nilai *U-Value* dari tanaman bayam mini adalah:

$$U - Value = \frac{1}{R - Value}$$

$$U - Value = \frac{1}{0.22} = 4.1 W/m^2K$$

Tabel 4.25

Temperatur Ruang dengan Tanaman Rumput Gajah Mini

Ruang	Lantai 2 (A)			Lantai 3 (B)			Lantai 4 (C)		
	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00	9.00	13.00	16.00
11	28.90	30.10	31.40	29.50	31.10	29.70	29.90	30.20	31.00
12	28.90	29.90	30.70	28.90	29.70	29.60	30.30	31.00	31.20
13	29.00	29.90	30.30	29.00	30.40	30.10	30.00	30.40	31.30
21	29.90	30.60	30.70	31.00	31.50	29.60	30.60	31.20	31.30
22	29.50	30.60	30.70	28.80	29.90	30.70	29.80	30.20	30.20
31	28.20	28.60	28.70	31.10	31.70	31.20	29.90	29.80	30.30
32	28.20	28.40	28.90	31.20	32.00	31.20	30.10	30.50	31.00
33	28.00	28.40	29.50	31.60	32.00	30.90	30.50	30.40	30.40
Rata-rata	28.83	29.56	30.11	30.14	31.04	30.38	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

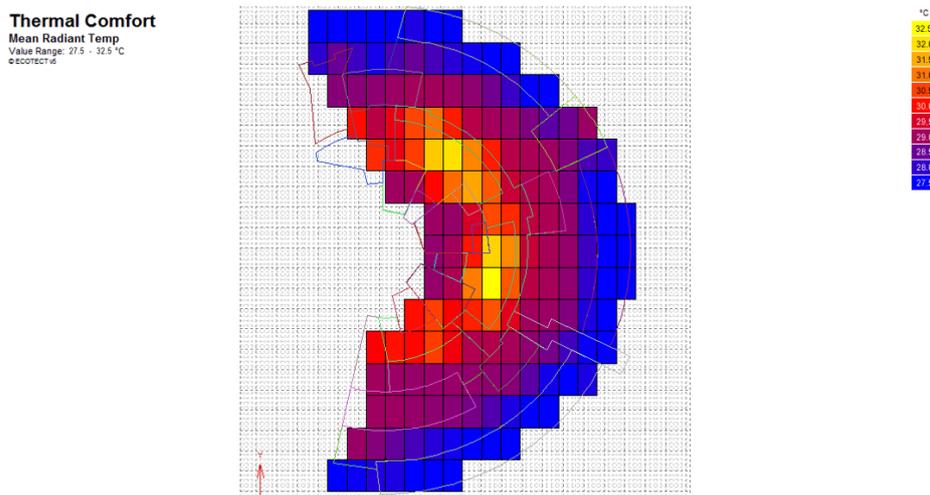
4.10 Hasil Akhir

Setelah dilakukannya simulasi dengan membandingkan material *green roof*, atap tanah liat, dan beton didapatkan bahwa material penutup atap yang dirasa paling berpengaruh terhadap kenyamanan termal ruang baca dan ruang diskusi perpustakaan universitas Indonesia adalah material *green roof*. Terlihat pada diagram dan tabel hasil simulasi bahwa atap *green roof* memiliki rata-rata temperatur paling rendah dibandingkan material lain saat siang hari. Selain itu *green roof* juga berpengaruh tidak hanya terhadap ruang yang berada langsung dibawahnya, namun juga memberikan efek penurunan temperatur pada ruang-ruang yang berada di lantai 2 dan 3 perpustakaan UI. Hasil perbandingan temperatur setiap ruang dan rata-rata dari ketiga material dapat dilihat pada tabel 4.26, tabel 4.27, dan tabel 4.28.

Tabel 4.26

Perbandingan Temperatur Ruang pada Lantai 2

Ruang	Green roof			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

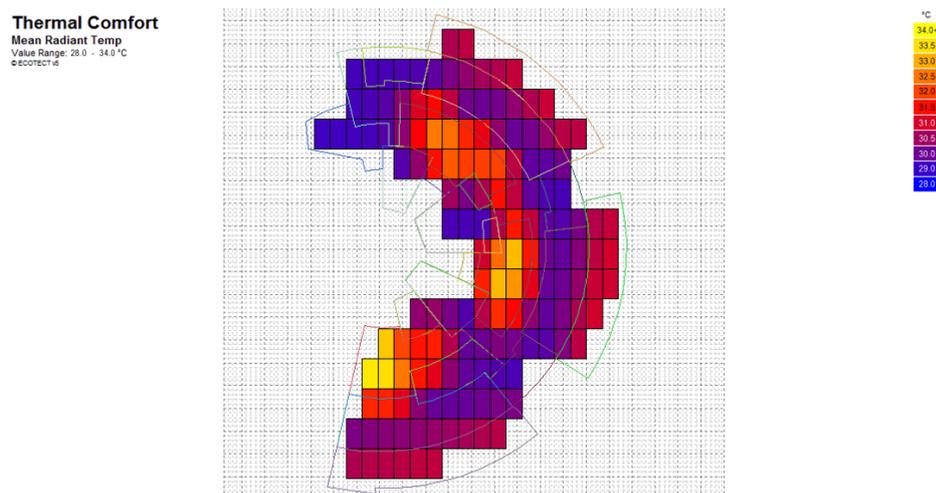


Gambar 4.112 Visualisasi termal akhir lantai 2

Jika dilihat berdasarkan hasil visualisasi termal yang terjadi pada ruang lantai 2, warna biru hingga ungu menunjukkan temperatur udara pada ruang yang lebih rendah dibandingkan yang berwarna merah hingga kuning. Warna biru dan ungu pada gambar 4.112 menunjukkan temperatur ruang 27.5°C – 29.5°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 temperatur udara lebih dingin dibandingkan ruang lainnya.

Tabel 4.27
Perbandingan Temperatur Ruang pada Lantai 3

Ruang	Green roof			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

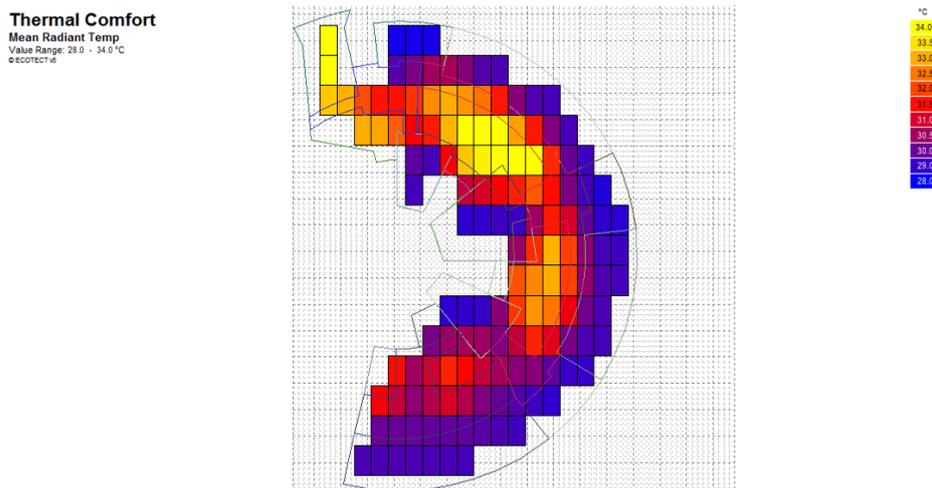


Gambar 4.113 Visualisasi termal akhir lantai 3

Berdasarkan hasil visualisasi termal yang terjadi pada ruang lantai 3, warna biru hingga ungu menunjukkan temperatur udara pada ruang yang lebih rendah dibandingkan yang berwarna merah hingga kuning. Warna biru dan ungu pada gambar 4.113 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.

Tabel 4.28
Perbandingan Temperatur Ruang pada Lantai 4

Ruang	Green roof			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



Gambar 4.114 Visualisasi termal akhir lantai 4

Berdasarkan hasil visualisasi termal yang terjadi pada ruang lantai 4, warna biru hingga ungu menunjukkan temperatur udara pada ruang yang lebih rendah dibandingkan yang berwarna merah hingga kuning. Warna biru dan ungu pada gambar 4.113 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.

Apabila rata-rata temperatur ruang yang menggunakan atap *green roof* dibandingkan dengan temperatur ruang yang menggunakan atap tanah liat maka atap *green roof* mampu menurunkan temperatur pada siang hari hingga 1.78°C , namun jika dilihat dari setiap ruang maka *green roof* mampu menurunkan temperatur hingga 3.7°C yaitu terjadi pada ruang C31 yang berada di lantai 4 saat siang hari. Sedangkan apabila atap *green roof* dibandingkan dengan atap beton maka akan terjadi penurunan temperatur hingga 1.47°C ,

namun jika dilihat dari setiap ruang maka *green roof* mampu menurunkan temperatur hingga 2.2°C yaitu terjadi pada ruang A33 yang berada di lantai 2 saat siang hari. Saat dibandingkan dengan temperatur pada luar bangunan, *green roof* mampu memberikan selisih temperatur hingga 4.74°C . Hal tersebut bisa disebabkan karena material *green roof* memiliki nilai Thermal Admittance yang tinggi dibandingkan dengan material lain, besaran *U-Value* yang paling kecil dibandingkan dengan material lain, serta *Thermal Lag* yang cukup lama dibandingkan dengan material lain.

Sedangkan untuk perbandingan penggunaan jenis tanaman pada simulasi perpustakaan UI ini mendapatkan hasil bahwa penggunaan tanaman rumput gajah mini (*Pennisetum Purpureum schamach*). Hasil perbandingan temperatur setiap ruang dari ketiga jenis tanaman dapat dilihat pada tabel 4.29, tabel 4.30, dan tabel 4.31.

Tabel 4.29

Perbandingan Temperatur Ruang dengan Jenis Tanaman pada Lantai 2

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
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 4.30

Perbandingan Temperatur Ruang dengan Jenis Tanaman pada 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 4.31
Perbandingan Temperatur Ruang dengan Jenis Tanaman pada 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

Pada tabel 4.29, tabel 4.30, dan tabel 4.31, dapat dilihat perbandingan temperatur udara pada ruang dengan menggunakan perbandingan tanaman bayam merah, kucai jepang, dan rumput gajah mini. 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.