

KENYAMANAN TERMAL ADAPTIF PADA RUANGAN

Studi Kasus Ruang Studio 3B Gedung Arsitektur ITN Malang

Jarot Wahyono¹⁾, Suryo Tri Harjanto²⁾

^{1),2)} Program Studi Arsitektur Institut Teknologi Nasional Malang

E-mail: jarotwahyono@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Kenyamanan termal dalam ruang berpengaruh besar terhadap pengguna ruang. Ruangan dengan kenyamanan termal yang optimal dapat mendukung komponen intelektual dan persepsi dari pengguna untuk dapat mencapai level yang optimal. Pada kondisi psikologis pengguna yang optimal, efektifitas dari pengguna ketika berada di ruang tersebut akan maksimal. Efektifitas pengguna bangunan akan berdampak pada proses pembelajaran yang akan semakin efektif. Namun, pada ruang studio 3B tersebut, muncul permasalahan terkait kenyamanan termal ruang yang tidak selalu terpenuhi pada periode waktu tertentu. Aplikasi bukaan pada bangunan akan membantu mempertahankan kenyamanan termal ruangan pada periode waktu tersebut. Dengan rentang waktu aktif yang lama, kontrol kenyamanan termal pada ruang perlu dijaga secara otomatis, sehingga pengguna ruangan tidak perlu melakukan penyesuaian secara berkala dalam rentang waktu tersebut. Metode yang dipakai adalah deskriptif model dari Nigel cross (Nigel, 2000). Pembahasan awal difokuskan pada identifikasi permasalahan dan dikembangkan untuk menemukan solusi. Selanjutnya solusi tersebut dijabarkan parameter untuk pengembangan desain. Solusi permasalahan secara adaptif akan mendukung efektifitas kontrol dari kenyamanan termal ruang dengan menggunakan komponen otomatisasi dalam bangunan. Aplikasi bukaan adaptif dengan sistem otomatisasi akan mendukung efektifitas kontrol kenyamanan termal pada ruang, sehingga dapat mengurangi ketergantungan bangunan terhadap pengguna bangunan.

Kata kunci: Kenyamanan termal, otomatisasi bukaan, kontrol adaptif.

ABSTRACT

Thermal comfort in space has a big influence on space users. A room with optimal thermal comfort can support the intellectual and perceptual components of the user to reach an optimal level. In the optimal psychological condition of the user, the effectiveness of the user while in the room will be maximized. The effectiveness of building users will have an impact on the learning process which will be more effective. However, in the 3B studio room, problems arise regarding the thermal comfort of the room which is not always fulfilled at a certain time period. The application of openings in the building will help maintain the thermal comfort of the room during that period of time. With a long active time span, thermal comfort control in the room needs to be maintained automatically, so that room users do not need to make periodic adjustments within that time span. The method used is a descriptive model of the Nigel cross (Nigel, 2000). The initial discussion focused on identifying problems and developing them to find solutions. Furthermore, the solution is described parameters for design development. Adaptive problem solutions will support effective control of space thermal comfort by using automation components in buildings. The application of adaptive openings with automation systems will support the effectiveness of thermal comfort control in the space, so as to reduce the dependence of the building on building users.

Keywords: Thermal comfort, aperture automation, adaptive control.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kenyamanan termal pada ruang berpengaruh besar pada aspek fisik dan psikologis pengguna. Pengaruh tersebut dapat berupa pengaruh positif dan pengaruh negatif. Pengaruh positif kenyamanan termal pada ruang antara lain meningkatnya efektifitas pengguna serta capaian aspek intelektual dan persepsi yang maksimal pada manusia

(Fanger,1982). Aspek positif tersebut dapat menunjang efektifitas dari individu. Pengaruh negatif dari ketidaknyamanan thermal antara lain kondisi fisik (berkeringat) yang diikuti dengan menurunnya aspek konsentrasi oleh individu pengguna bangunan (Lippsmeier,1990). Adanya ketidaknyamanan secara fisik berpengaruh pada aspek efektifitas individu yang juga akan menurun. Penanggulangan aspek negatif untuk meningkatkan aspek positif pada ruang dengan meningkatkan aspek kenyamanan termal akan

berpengaruh secara luas pada efektifitas pengguna obyek bangunan tersebut.

Banyaknya manfaat positif dari kenyamanan thermal pada ruang tersebut dapat menjadi komponen penunjang dalam peningkatan kualitas pembelajaran. Pada ruang studio 3B yang merupakan ruang kegiatan belajar mengajar, efektifitas tersebut sangat dibutuhkan agar aspek positif dapat diperoleh pengguna.

Rumusan Masalah

Proses peningkatan kenyamanan thermal ruang studio 3B didasari oleh data kenyamanan thermal yang dikumpulkan penulis sebelumnya. Data tersebut memberikan gambaran bahwa obyek tersebut belum memiliki kenyamanan thermal yang ideal pada periode waktu tertentu, Sehingga dibutuhkan solusi yang dapat mendukung ruang agar mencapai kenyamanan thermal yang lebih baik.

Pada data kenyamanan thermal ruang studio 3B, kondisi suhu pada beberapa bagian dalam ruang memiliki perbedaan. Hal tersebut menuntut perlakuan khusus pada setiap bagian-bagian ruang yang berbeda. Masalah yang muncul pada data kenyamanan thermal studio 3B dijabarkan dalam kategori sebagai berikut

1. Kenyamanan thermal tiap titik ruang pada periode tertentu belum ideal.
2. Pengembangan kontrol kenyamanan thermal belum efisien dikarenakan perbedaan suhu pada beberapa titik yang berbeda dalam ruang.
3. Perbedaan suhu pada tiap titik ruangan membutuhkan pengkondisian strategi pendukung kenyamanan thermal yang adaptif pada masing-masing titik tanpa berpengaruh besar pada titik lain.
4. Aspek efektifitas control kenyamanan thermal pada bangunan yang minim akibat dari ketergantungan bangunan terhadap manusia.

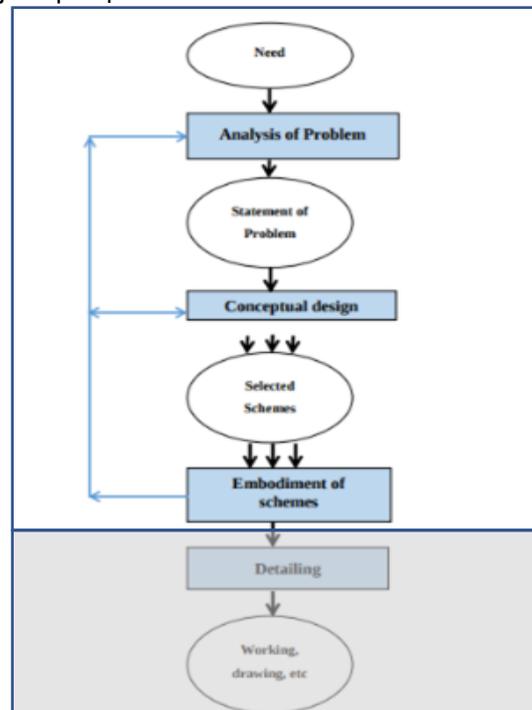
Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian difokuskan pada penemuan solusi dari permasalahan utama ruang terkait kenyamanan thermal ruang dan efektifitas adaptif ruang. Solusi dari permasalahan tersebut menjadi parameter desain yang dapat diaplikasikan pada bangunan untuk meningkatkan kenyamanan thermal dalam ruang.

METODE

Metode yang dipakai adalah metode deskriptif model dari Nigel Cross (Cross,2000). Metode tersebut memiliki komponen analisa permasalahan yang berguna dalam menentukan permasalahan dalam penelitian. Proses identifikasi permasalahan yang ada pada metode tersebut mendukung dalam analisa permasalahan yang ada dalam perancangan

(Wahyono, 2022). Data lapangan yang dipakai sebagai acuan kenyamanan thermal ruang perlu diolah kembali dan di analisa untuk mengetahui lebih jauh permasalahan yang timbul. Permasalahan yang telah dianalisa tersebut selanjutnya akan mengarahkan penelitian menuju aspek penemuan solusi.



Gambar 1. Metode Deskriptif model dari Nigel Cross (Wahyono, 2022)

Pada proses *conceptual design* Analisa solusi dari permasalahan dikembangkan dengan mengumpulkan data literatur sebagai sumber data pendukung penemuan solusi. Solusi yang muncul sebagai respon dari masalah yang ada merupakan alternatif (*schemes*) untuk menyelesaikan masalah. Solusi tersebut kemudian dikaitkan dengan obyek secara langsung untuk mengetahui respon obyek terhadap solusi yang diajukan. Apabila solusi tersebut dapat menyelesaikan masalah dengan maksimal dan tidak menimbulkan efek negatif pada bangunan, maka solusi (*scheme*) tersebut dapat dipilih sebagai komponen penyelesaian masalah bangunan.

Dikarenakan tujuan dari penelitian adalah menarik parameter yang dapat digunakan dalam proses perancangan, maka tahapan dari metode tersebut tidak dilakukan secara utuh, namun hanya sampai pada proses *embodiemnet of sceme* yang merupakan proses untuk menarik parameter dari solusi (*scheme*) terpilih pada proses sebelumnya. Proses dari metode deskriptif model dari Nigel Cross dijabarkan pada gambar 1.

Proses penelitian diawali dengan analisa permasalahan dari data lapangan yang telah

dihimpun. Permasalahan yang muncul dalam penelitian adalah tidak meratanya kenyamanan termal pada tiap titik berbeda dalam ruang pada interval waktu yang berbeda-beda. Permasalahan selanjutnya adalah faktor efektifitas yang minim dalam proses adaptif bangunan terhadap perubahan suhu tersebut.

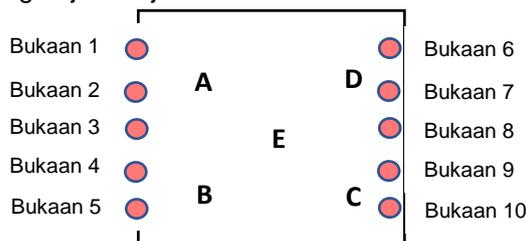
Dari permasalahan tersebut, dilanjutkan untuk mencari solusi penyelesaian masalah. Solusi yang dipilih adalah memberikan bukaan pada bangunan yang berfungsi sebagai jalur sirkulasi udara untuk mendukung kenyamanan termal ruang pada kondisi suhu ruang tidak ideal, sedangkan untuk aspek efektifitas adaptif bangunan, dipilih solusi untuk menerapkan sistem otomatisasi besar bukaan yang didasari oleh suhu dalam ruang.

Setelah proses analisa masalah dan pemilihan solusi dipilih, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter untuk desain bukaan tersebut. Parameter diambil dari aspek keharusan yang ada pada bukaan tersebut, agar dapat memiliki fungsi yang sesuai untuk mengatasi masalah yang timbul. Parameter desain bukaan muncul sebagai acuan untuk mengatasi masalah kenyamanan termal dan efektifitas adaptif ruang.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Identifikasi Masalah

Proses identifikasi masalah dimulai dengan analisa data lapangan terkait kondisi suhu ruang pada periode waktu tertentu. Data lapangan yang didapat merupakan data suhu ruangan pada periode waktu antara pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 16:00 WIB. Pengambilan data tersebut dilakukan pada interval jeda 1 jam, dimulai pukul 07:00 WIB kemudian dilanjutkan pukul 08:00 WIB. Kegiatan pengambilan data dilakukan sampai pukul 16:00 WIB dengan jeda 1 jam.



Gambar 2. Titik-titik suhu pada ruangan (Data Pribadi, 2022).

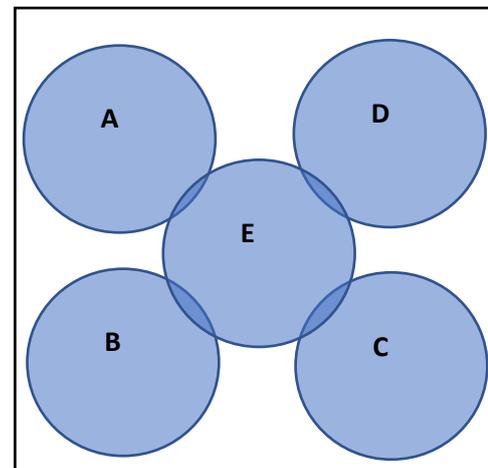
Data lapangan dikumpulkan dalam 1 hari yaitu pada tanggal 24 Juni 2022, dengan kondisi luar ruangan cerah. Suhu ruangan pada 1 periode waktu diambil pada 5 titik berbeda dalam ruangan. Posisi tiap titik pengambilan data pada ruangan dijabarkan dalam gambar 2 berikut.

Kondisi bukaan pada ruang ketika dilakukan pengambilan data dalam kondisi terbuka dan tanpa menggunakan penghawaan buatan di dalam ruangan. Posisi bukaan pada eksisting ruang

dijabarkan pada gambar 3, sedangkan salah satu contoh bukaan dijabarkan pada gambar 4.



Gambar 3. Posisi bukaan pada eksisting (Data Pribadi, 2022).



Gambar 4. Lebar bukaan 6 pada eksisting (Data Pribadi, 2022).

Tabel 1. Data suhu ruang studio 3b gedung arsitektur ITN Malang

Waktu	Data Suhu (°Celcius) pada tiap Titik Ruangan				
	Titik A	Titik B	Titik C	Titik D	Titik E
07:00	24,1	24,0	24,2	24,2	24,0
08:00	24,5	24,3	25,8	25,6	25,3
09:00	25,1	25,3	26,2	25,7	25,9
10:00	25,5	26,1	26,8	26,3	26,3
11:00	27,0	27,3	27,6	27,5	27,0
12:00	27,3	27,5	27,6	27,4	27,3
13:00	27,4	27,6	27,9	27,8	27,5
14:00	27,5	27,5	27,8	27,7	27,6
15:00	27,3	27,4	27,7	27,5	27,4
16:00	27,4	27,2	27,5	27,5	27,3

Sumber: Data Pribadi

Standar kenyamanan termal ruangan pada daerah dengan iklim tropis lembab berada pada suhu 19-26°C (Lippsmeir,1990). Dari parameter kenyamanan suhu tersebut, suhu pada tiap titik ruangan diberi label warna untuk mengetahui tingkat ketidaknyamanan termal pada ruang. Data suhu ruang tersebut dianalisa untuk mengetahui selisih suhu pada masing-masing titik terhadap standar kenyamanan termal pada tingkat yang maksimal (26 °C). Hasil analisa selisih suhu pada tiap titik dijabarkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Analisa tingkat kenyamanan termal ruang studio 3b

Waktu	Kondisi Kenyamanan Termal	Selisih suhu ideal (°C)
07.00	Ideal pada semua titik	Titik A -1,9 Titik B -2,0 Titik C -1,8 Titik D -1,8 Titik E -2,0
08.00	Ideal pada semua titik	Titik A -1,5 Titik B -1,7 Titik C -0,2 Titik D -0,4 Titik E -0,7
09.00	Tidak ideal pada titik C, namun ideal pada titik yang lain	Titik A -0,9 Titik B -0,7 Titik C +0,2 Titik D -0,3 Titik E -0,1
10.00	Ideal pada titik A, namun tidak ideal pada titik yang lain	Titik A -0,5 Titik B + 0,1 Titik C + 0,8 Titik D + 0,3 Titik E + 0,3
11.00	Tidak ideal pada semua titik	Titik A + 1,0 Titik B + 1,3 Titik C + 1,6 Titik D + 1,5 Titik E + 1,0
12.00	Tidak ideal pada semua titik	Titik A + 1,3 Titik B + 1,5 Titik C + 1,6 Titik D + 1,4 Titik E + 1,3
13.00	Tidak ideal pada semua titik	Titik A + 1,4 Titik B + 1,6 Titik C + 1,9 Titik D + 1,8 Titik E + 1,5
14.00	Tidak ideal pada semua titik	Titik A + 1,5 Titik B + 1,5 Titik C + 1,8 Titik D + 1,7 Titik E + 1,6
15.00	Tidak ideal pada semua titik	Titik A + 1,3 Titik B + 1,4

		Titik C + 1,7 Titik D + 1,5 Titik E + 1,4
16.00	Tidak ideal pada semua titik	Titik A + 1,4 Titik B + 1,2 Titik C + 1,5 Titik D + 1,5 Titik E + 1,3

Sumber: Data Pribadi

Suhu terendah yang muncul pada data lapangan yaitu titik B dan E pada pukul 07:00 WIB dengan suhu 24,0 °C. suhu tersebut merupakan suhu ideal berdasarkan standar suhu dari Lippsmeir (1990) yang berkisar antara 19-26°C. Sedangkan suhu tertinggi yang muncul dalam data yaitu titik C pada pukul 13:00 WIB dengan suhu 27,9°C dan tidak memenuhi standar kenyamanan termal bangunan.

Pada hasil Analisa selisih suhu pada data lapangan dengan standar kenyamanan termal maksimal dari Lippsmeir, ditemukan bahwa selisih suhu maksimal pada +1,9 °C pada pukul 13:00 WIB di titik C.

Permasalahan yang muncul adalah:

1. Kenyamanan termal yang berbeda pada tiap titik ruangan
2. Kenyamanan termal yang tidak ideal pada periode waktu tertentu
3. Efektifitas bangunan dalam menyesuaikan suhu ideal dalam ruang

Analisa solusi

Kenyamanan termal ruang dipengaruhi oleh aliran udara pada ruang (Lippsmeir. 1990). Udara luar ruang dapat berpengaruh pada sirkulasi udara dalam ruang, sehingga udara dengan suhu tinggi dalam bangunan dapat berganti dengan udara dengan suhu yang lebih rendah dari luar ruangan. Dengan bergantinya udara di dalam bangunan, kesetaraan suhu antara luar ruangan dan dalam ruangan dapat terwujud. Kesetaraan suhu tersebut memiliki pengaruh positif dan negatif bagi pengguna. Aspek positif muncul ketika suhu udara di dalam ruang tidak ideal dibandingkan dengan suhu udara di luar ruang. Satwiko (2008) dalam Kartika (2020) mengungkapkan bahwa Ventilasi alami digunakan untuk pergantian udara dengan mengeluarkan udara panas. Aliran udara dapat mendukung pencapaian suhu ideal di dalam ruang dengan memasukkan udara luar ke dalam bangunan melalui bukaan. Disisi lain, aspek negatif muncul ketika suhu dalam ruang lebih ideal dibandingkan dengan suhu luar ruangan, sehingga memasukkan udara luar ke dalam bangunan akan mengganggu kenyamanan suhu dalam bangunan.

Kondisi suhu bangunan yang senantiasa berubah mengikuti pengaruh lingkungan, khususnya matahari, membutuhkan adaptasi dari bangunan untuk mempertahankan kenyamanan suhu di dalam ruang. Untuk mencapai kenyamanan termal perlu dikakukan kontrol atau tindakan adaptif dari penghuni (Santoso, 2012). Pengguna bangunan sebagai pelaku dari kontrol bukaan ventilasi memiliki aspek efektifitas yang rendah, sehingga dibutuhkan kontrol non-penghuni yang dapat diaplikasikan pada bangunan. Aspek non-penghuni dapat digantikan dengan komponen otomatisasi pada bangunan. Otomatisasi pada bangunan dapat mengurangi ketergantungan bangunan terhadap penghuni dalam aspek adaptasi bukaan, sehingga perkembangan kehidupan akan dapat dioptimalkan dengan kehadiran perangkat-perangkat otomatisasi bangunan (Fabi, 2017 dalam Wardhana, 2018).

Strategi penting pada bangunan agar terjadi pertukaran panas secara konveksi, yakni dengan menerapkan bukaan pada bidang dinding seperti jendela (Karyono 2010). Dengan kondisi suhu yang senantiasa berubah, jenis jendela yang dipakai adalah jendela dengan kontrol bukaan untuk mengatur besaran aliran udara yang masuk ke dalam ruang. Aspek otomatisasi sebagai kontrol bukaan berada pada mekanisme perubahan bukaan pada jendela tersebut. Dengan melakukan perubahan besaran bukaan secara otomatis sesuai dengan kondisi suhu dalam ruang, diharapkan kenyamanan termal dalam ruang dapat optimal.

Besaran bukaan jendela pada bangunan dipengaruhi oleh suhu dalam ruangan. Ruangan dengan suhu ideal tidak memerlukan sirkulasi udara, sehingga jendela tertutup. Sedangkan pada kondisi suhu ruangan yang tidak ideal, jendela dibuka sesuai dengan tingkat kebutuhan aliran udara ke dalam ruang. Penentuan lebar bukaan tersebut didasarkan pada perbedaan suhu non-ideal dengan standar kenyamanan suhu ruangan.

Aplikasi Solusi Terhadap Obyek

Bukaan sebagai jalur sirkulasi udara ke dalam dan luar ruang, disesuaikan dengan kebutuhan penyesuaian suhu ruang. Semakin besar selisih suhu yang muncul pada masing-masing titik ruang, maka semakin besar bukaan yang dibutuhkan oleh ruangan. Hubungan antara selisih suhu dari tabel 2 dengan lebar bukaan dipaparkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Sudut bukaan dipengaruhi oleh selisih suhu

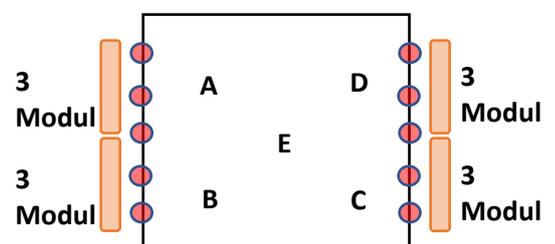
Selisih suhu ideal (°C)	Kelompok Bukaan	Presentase Bukaan (%)
Kurang dari 0,0	1	0
0,1 - 0,5	2	15
0,6 – 1,0	3	35
1,1 – 1,3	4	50
1,4 – 1,6	5	65

1,7 – 1,9	6	85
Lebih dari 2,0	7	100

Sumber: Data Pribadi

Akibat adanya perbedaan suhu pada masing-masing titik dalam bangunan, maka bukaan pada bangunan akan berbeda pada titik pengambilan suhu ruang tersebut. Untuk mendukung penyesuaian suhu pada masing-masing titik, dibutuhkan pemisahan komponen bangunan yang mengakomodir bukaan pada masing-masing titik. Strategi yang dapat dilakukan yaitu dengan memisahkan modul komponen pada masing-masing titik, sehingga modul bukaan pada satu titik berbeda dengan bukaan pada titik yang lain. Pemisahan modul komponen dibagi menjadi 12 komponen dengan penggunaan 3 modul untuk penyesuaian bukaan pada tiap titik ruang. Modul tersebut hanya mengakomodir titik-titik yang berdekatan dengan dinding luar, sehingga titik E yang berada di tengah ruang tidak diakomodir secara penuh. Ilustrasi peletakan modul bukaan dijelaskan dalam gambar 3.

Kondisi bukaan eksisting ruang ditiadakan dan terbuka secara penuh, agar tidak mempengaruhi proses adaptasi bukaan dari modul yang telah ditambahkan pada ruangan.



Gambar 5. Peletakan Modul Bukaan (Data Pribadi, 2022).

Dengan memberikan 3 modul pada masing-masing titik yang berdekatan dengan dinding, diharapkan dapat mendukung kenyamanan termal pada tiap titik tanpa mengganggu kenyamanan termal pada titik yang lain.

Parameter desain

Bukaan pada bangunan sebagai jalur sirkulasi udara ke dalam bangunan memiliki kriteria sebagai berikut.

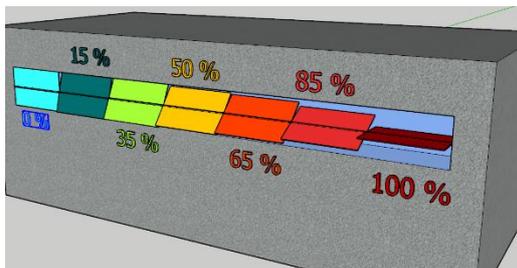
Akibat dari perbedaan suhu pada interval waktu tertentu dibutuhkan lebar bukaan yang bervariasi untuk mempertahankan kenyamanan termal ruang. Bukaan yang berbeda-beda membutuhkan tipe bukaan dinamis yang dapat memfasilitasi kebutuhan tersebut. Parameter pertama yang diajukan adalah tipe bukaan yang dinamis untuk menyesuaikan kebutuhan bukaan sebagai jalur aliran udara ke dalam ruang.

Aspek efektifitas dalam proses kontrol kenyamanan termal, dibutuhkan komponen non-penghuni pada operasional penyesuaian bukaan. Aspek otomatisasi dalam proses penyesuaian bukaan menjadi parameter kedua yang muncul. Aspek otomatisasi akan mendukung aspek adaptif bangunan terhadap suhu bangunan tanpa adanya komponen penghuni.

KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan yang muncul pada data kenyamanan termal ruang studio 3D gedung arsitektur ITN Malang. Permasalahan utama yang muncul adalah suhu yang tidak ideal pada waktu 10.00 WIB – 16.00 WIB, sehingga pada rentang waktu tersebut dibutuhkan pengkondisian bukaan khusus. Parameter desain bukaan yang muncul pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bukaan sebagai jalur sirkulasi udara dalam ruang bersifat dinamis.
2. Besar bukaan tersebut dapat diatur sesuai kebutuhan ruang, khususnya bukaan yang dapat diukur secara pasti berdasarkan presentase bukaan. Dimulai dari besar bukaan yang terbuka secara penuh, terbuka sebagian dan tertutup seluruhnya.



Gambar 6. Alternatif solusi Modul Bukaan (Data Pribadi, 2022).

3. Bukaan tersebut dapat secara mandiri mengatur besar bukaan sesuai kebutuhan ruang, terkait kondisi kenyamanan suhu dalam ruang.
4. Sistem bukaan memiliki modul dimensi yang memungkinkan pengaplikasian 3 modul untuk mengakomodir 1 titik ruang yang berdekatan dengan dinding.

5. Bukaan dapat melakukan penyesuaian besar bukaan pada beberapa titik yang berbeda dalam ruangan, sehingga adaptif pada masing-masing titik dalam ruangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan bagi program studi Arsitektur yang memberikan izin untuk melakukan penelitian pada studio 3B Gedung Arsitektur, Institut Teknologi Nasional Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- Cross, N. (1994). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*. John Wiley & Sons.
- Fabi, V., Verena, M., Barthelmes, Schweiker, M., Stefano, P., Corgnati. (2017). *Insights into the Effects of Occupant Behaviour Lifestyles and Building Automation on Building Energy Use*. Energy Procedia. 140. 48-56.
- Fanger. (1982). *Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Robert E Krieger Publishing Company.
- Ishak, Taufik M., Hamzah B., Gou Z., Rahim M.R., & Latif S. (2018). *Thermal Performance of Naturally Ventilated Classroom in the Faculty of Engineering Hasanuddin University, Gowa Campus*. International Journal of Engineering and Science Applications, 5 (1), 23–36.
- Kartika, V.V., Iswanto, D. (2020). *Pengaruh Bukaan Terhadap Kenyamanan Termal Pada Ruang Kelas Di Kampus Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro Tembalang*. IMAJI. 9(4). 421-430.
- Lippsmeire, G. (1990). *Bangunan Tropis*. Erlangga Jakarta.
- Santoso, E.I. (2012). *Kenyamanan Termal Indoor Pada Bangunan di Daerah Beriklim Tropis Lembab*. Surabaya: Indonesian Green Technology Jurnal. 1(1). 13-19.
- Satwiko, P. (2008). *Fisika Bangunan*. C.V Andi Offset.
- Wahyono, J., Afdholy, A.R. (2022). *Penerapan Metode Analogy Biomimicry Pada Perancangan Klinik Tuberkulosis Paru di Surabaya*. Pawon: Jurnal Arsitektur, 6(1), 31-46.
- Wardhana, M. (2018). *Rancang Bangun Otomasi Bangunan Untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional Peralatan di Dalam Bangunannya*. Jurnal Desain Interior. 3(2). 51-58.