

REDESAIN RUSUNAWA MAHASISWA PADA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO DENGAN PENDEKATAN KENYAMANAN TERMAL

Sella Ayu Darohma¹, Heru Sufianto²

¹ Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat email penulis: sellaayudarohma@gmail.com

ABSTRAK

Rusunawa Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Ponorogo merupakan universitas berbasis agama Islam yang memiliki berbagai macam perminatan jurusan. Sebagai universitas yang terfavorit, universitas dituntut untuk menyediakan fasilitas hunian berupa rusunawa. Rusunawa dituntut untuk mempunyai tingkat kenyamanan yang tinggi ditinjau dari fungsinya sebagai tempat hunian. Permasalahan utama pada rusunawa yaitu orientasi bangunan dan bukaan menghadap ke Timur dan Barat yang berdampak pada kenyamanan termal yang dirasakan oleh penghuninya. Penelitian dilakukan untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal penghuni rusunawa serta untuk mengetahui rekomendasi desain bangunan yang dapat meningkatkan kenyamanan termal penghuninya. Metode pengumpulan data penelitian ini dengan pengukuran langsung temperatur, kelembaban, dan kecepatan udara pada sampel kamar yang terpilih. Pembagian kuesioner dilakukan untuk mengetahui sensasi termal, tingkat kepuasan, aktivitas, pakaian yang digunakan, dan perlakuan terhadap buka tutup jendela serta pembayangan internal. Hasil penelitian menunjukkan kondisi kenyamanan termal mahasiswa belum tercapai. Rekomendasi desain yang diberikan yaitu memperluas bukaan 3m² serta ventilasi 1,3 m². Kemudian mengganti pembayang eksternal dengan sudut 45° sepanjang 0,9 m. Rekomendasi desain bangunan dibandingkan dengan kondisi bangunan eksisting melalui simulasi digital, hasil rekomendasi dapat menurunkan temperatur udara 0,02°C hingga 0,8°C. Rekomendasi pada area luar bangunan berupa penambahan area penghijauan serta penggantian paving menjadi *grass block*.

Kata Kunci: Rusunawa Mahasiswa, Desain Pasif, Kenyamanan Termal

ABSTRACT

Dormitory Building of Universitas Muhammadiyah Ponorogo is an Islamic university that has various courses. As the most favorite university in Ponorogo, it is required to provide residential facilities such as dormitory buildings. The dormitory buildings are required to have a high level of comfort in terms of its function as a residential place. The main problems are the buildings orientation and its window openings that face east and west that impact on thermal comfort felt by the occupants. This research was aimed to find out the thermal comfort level of the occupants as well as to discover recommendations for buildings design that could increase the thermal comfort of the occupants. The collecting data method on this research used a direct measurement of temperature, humidity, and air velocity in sample rooms. Distributing questionnaires was done to discover thermal sensation, level of satisfaction, activities, clothing used, open-and-close window treatments and internal shading. The research result showed that students' thermal comfort condition had not been reached yet. The recommendation for the design was to expand the openings 3m² and ventilation 1, 3 m². Then, replacing the shading device with 45° along 0.9 m. The recommendation for the buildings design was compared with the existing building condition through a digital

simulation, the recommendation result could decrease the air temperature 0,02°C up to 0,8°C. The recommendation for the outside area of the buildings was by adding more green spots and replacing the paved area with grass blocks.

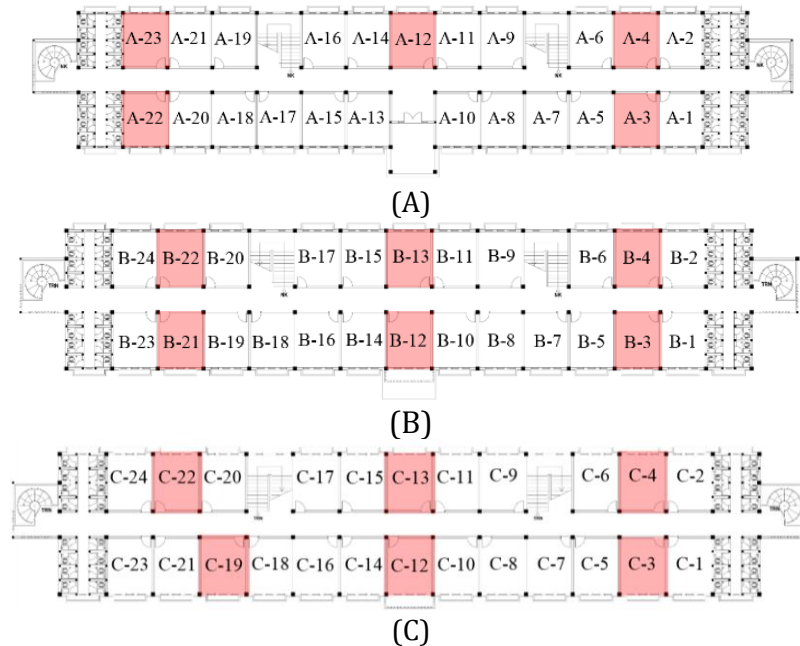
Keywords: College student Dormitory, Passive Design, Thermal Comfort.

1. Pendahuluan

Sebagai tempat bernaung, sebuah bangunan harus mampu memberikan keamanan, kenyamanan dan menciptakan rasa terlindungi bagi penggunanya. Salah satu faktor tingkat kenyamanan termal dalam bangunan yaitu kemampuan bangunan untuk menyesuaikan diri dengan kondisi iklim yang ada disekitarnya. Penyesuaian terhadap iklim setempat dapat berupa penerapan teknologi bangunan maupun dengan cara penambahan elemen arsitektural dan pemilihan sistem bangunan, baik secara aktif maupun pasif. Pada rusunawa mahasiswa Universitas Muhammadiyah Ponorogo seharusnya mempunyai tingkat kenyamanan termal yang tinggi ditinjau dari fungsinya sebagai tempat hunian. Permasalahan desain bangunan untuk mendapatkan kenyamanan termal penghuni adalah orientasi bangunan yang menghadap Timur dan Barat, dimana intensitas sinar matahari banyak masuk kedalam ruangan sehingga membuat tingginya temperatur ruangan. Selain itu, keberadaan vegetasi disekitar bangunan yang minim mempengaruhi ketersediaan udara bersih yang akan mengalir ke dalam bangunan. Tingkat kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh jenis aktivitas dan pakaian yang digunakan penghuni rusunawa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal penghuni rusunawa serta mengetahui rekomendasi desain bangunan yang dapat meningkatkan kenyamanan termal penghuninya. Hasil penelitian berupa tercapai atau tidaknya kenyamanan kamar rusunawa kemudian didapatkan kriteria rekomendasi desain bangunan berdasarkan hasil analisis faktor individu, faktor iklim, dan faktor desain bangunan. Simulasi digital dilakukan untuk mengetahui selisih penurunan temperatur antara simulasi kondisi eksisting dan simulasi bangunan hasil rekomendasi.

2. Metode

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif dan evaluatif. Metode deskriptif untuk memaparkan tentang kondisi eksisting. Metode evaluatif untuk mengevaluasi data yang diperoleh dari hasil pengukuran temperatur, kelembaban, dan kecepatan udara serta pemagian kuesioner pada mahasiswa penghuni kamar rusunawa. Data yang dihasilkan adalah angka hasil pengukuran dan hasil pembagian kuesioner tentang kenyamanan termal dan perlakuan buka tutup jendela dan pembayang internal pada kamar. Selanjutnya data dianalisis dengan regresi linier sederhana dengan program scatter chart pada Microsoft Excel untuk mengetahui hubungan antara hasil pengukuran termal dengan sensasi kenyamanan termal mahasiswa. Kemudian didapatkan indeks kenyamanan termal dengan metode *Actual Mean Vote* (AMV). Simulasi kondisi termal kamar rusunawa menggunakan Ecotect Analysis 2010 untuk mengetahui perbedaan kondisi temperature eksisting dengan kondisi temperatur kamar yang sudah diubah bukaan dan pembayang eksternalnya. Populasi penelitian ini adalah seluruh penghuni rusunawa mahasiswa Universitas Muhammadiyah Ponorogo, dan sampel penelitian adalah kamar rusunawa ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (A) Denah rusunawa lantai 1 (B) Denah rusunawa lantai 2
(3) Denah rusunawa lantai 3

Rusunawa mahasiswa Universitas Muhammadiyah Ponorogo terdiri dari tiga lantai tipikal. Untuk evaluasi yang dilakukan pada beberapa ruang dengan pertimbangan arah orientasi matahari, mata angin, letak posisi jendela serta terbayangi atau tiadaknya kamar. Sampel yang dipilih adalah kamar yang terletak di ujung sisi utara, tengah, dan ujung sisi selatan bangunan rusunawa dengan masing-masing kamar Timur dan Barat koridor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data hasil pengukuran

Pengukuran temperatur, kelembaban, dan kecepatan angin dilakukan satu hari pada tanggal 15 Februari 2017. Pengambilan data pengukuran dilakukan pada pukul 13.00-15.00 WIB saat cuaca cerah.

1. Hasil pengukuran temperatur udara pada kamar rusunawa rata-rata $30,9^{\circ}\text{C}$, hal tersebut belum memenuhi standar kenyamanan termal SNI serta ukuran kenyamanan termal pada iklim tropis lembab.
2. Nilai kelembaban udara dalam ruangan rata-rata pada kamar rusunawa sebesar 73,3%, nilai tersebut berada diatas rata-rata kelembaban udara efektif menurut SNI, yaitu 40-50%. Kelembaban udara luar bangunan mempunyai rata-rata 68,3%. Perbedaan antara kelembaban luar dan dalam bangunan tidak mencapai 20% maka perbedaan ini dikategorikan wajar.
3. Kecepatan angin luar rata-rata pada rusunawa yaitu 0,3 m/detik, sedangkan kecepatan udara dalam ruang 0 m/detik atau berarti didalam ruangan tidak terdapat aliran angin sama sekali. Kecepatan aliran angin didalam kamar rusunawa berada dibawah standar kenyamanan, yaitu 0,2 m/detik.

3.2 Data Kuesioner

Pengisian kuesioner dilakukan bersamaan saat pengukuran temperature, kelembaban, dan kecepatan angin pada kamar rusunawa.

1. Aktivitas yang dilakukan oleh mahasiswa pada saat siang hari yaitu sebanyak 45% duduk tenang dan 27,5% mahasiswa tidur. Sehingga aktivitas yang dilakukan mahasiswa pada kamar rusunawa cukup ringan.
2. Sensasi termal yang dirasakan oleh mahasiswa pada saat siang hari sebanyak 37,5% merasakan panas, 32,5% agak panas, dan 20% merasa sangat panas. Sehingga mayoritas mahasiswa merasakan panas berada di kamar rusunawa.
3. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap kondisi termal kamar rusunawa sebanyak 35% dari 40 responden mengatakan tidak puas, 23% sangat tidak puas, dan 22% cukup tidak puas.
4. Perlakuan penghuni terhadap jendela pada saat siang hari mayoritas mahasiswa sering membuka jendela dengan presentase 40%, selain itu sebanyak 27,5% mahasiswa sangat sering membuka jendela.
5. Pada saat siang hari dapat diketahui bahwa mahasiswa membuka setengah pembayangan internal berupa korden dengan presentase 27,5%. Sementara sisanya membuka lebar dan membuka sedikit.

3.3 Hubungan faktor individu dengan faktor iklim

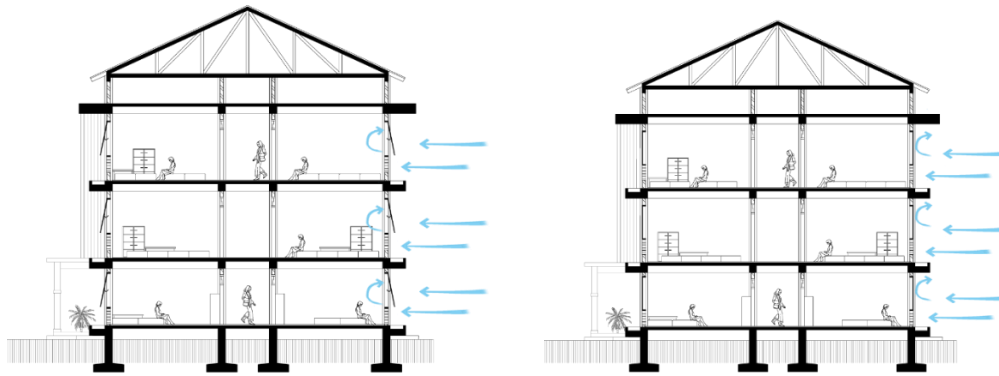
Menurut ISO 7730 kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor iklim yang meliputi temperatur udara (T_a), kelembaban udara (R_h), dan kecepatan angin (V_a). Selain itu faktor individu yang meliputi pakaian yang digunakan (C_{lo}) serta aktivitas individu (Met). Berdasarkan analisis yang dilakukan antar variabel diketahui bahwa temperatur udara dan tingkat kepuasan penghuni terhadap kenyamanan termal mempunyai hubungan yang kuat.

3.4 Hubungan faktor individu dengan faktor desain bangunan

Dari hasil analisis, perilaku penghuni terhadap buka tutup jendela dan pembayang matahari eksternal tidak terlalu berpengaruh terhadap kenyamanan termal penghuni kamar. Karena jika jendela di buka maupun ditutup aliran angin tidak dapat masuk ke dalam kamar. Orientasi bangunan yang kurang tepat yaitu menghadap ke Timur dan barat membuat temperatur udara kamar yang tinggi. Berdasarkan kondisi eksisting rusunawa, kamar yang mempunyai orientasi ke Barat mempunyai temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan kamar yang mempunyai orientasi ke Timur. Hal tersebut karena pada saat sore hari sisi Barat bangunan mendapatkan paparan sinar matahari secara langsung. Selain itu, minimnya vegetasi dan pembayang eksternal bangunan juga mempengaruhi kondisi temperatur udara di dalam kamar.

3.5 Hubungan faktor iklim dengan faktor desain bangunan

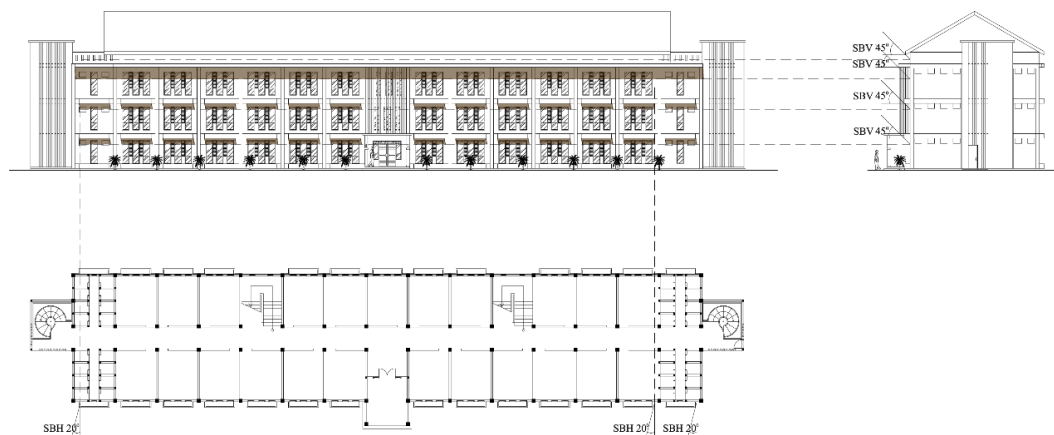
Faktor yang mempengaruhi desain bangunan terhadap kondisi iklim sekitar yaitu orientasi bangunan, posisi bangunan terhadap arah liran angin, karakteristik material bangunan terhadap iklim serta kepadatan kondisi sekitar bangunan. Pada bangunan rusunawa dikelilingi oleh perumahan warga sehingga aliran angin disekitar tapak dihalangi oleh bangunan rumah yang mempunyai ketinggian satu lantai. Untuk karakteristik material bangunan sudah cukup baik karena sudah sesuai dengan standar, yaitu dinding dengan warna cerah dan atap berwarna merah yang dapat menyerap kalor.



Gambar 2. Gambar potongan bangunan rusunawa terhadap aliran angin pada saat jendela dibuka dan ditutup

Pada kedua sisi dinding bangunan terdapat bukaan berupa jendela yang seharusnya dapat memungkinkan terjadinya pertukaran udara secara silang (*cross ventilation*). Namun, pertukaran udara tersebut tidak terjadi disebabkan oleh tidak adanya ventilasi untuk membuang udara panas. Perlakuan mahasiswa yang membuka dan menutup jendela tidak mempengaruhi tingkat temperatur dalam kamar karena antara jendela dibuka dan jendela ditutup maka di dalam ruang sama-sama tidak terdapat aliran angin.

Sinar matahari tidak boleh masuk secara langsung ke dalam ruangan mulai pukul 09.00 hingga pukul 15.00. Pada pukul 09.00-15.00 diketahui sudut bayangan vertikal (SBV) terkecil untuk fasad yang berorientasi ke timur yaitu 45° pada pukul 09.00. Sedangkan untuk fasad yang berorientasi ke Barat, sudut bayang vertikal (SBV) terkecil yaitu 45° pada pukul 15.00. Untuk sudut bayang horizontal (SBH) terkecil yaitu 20° .

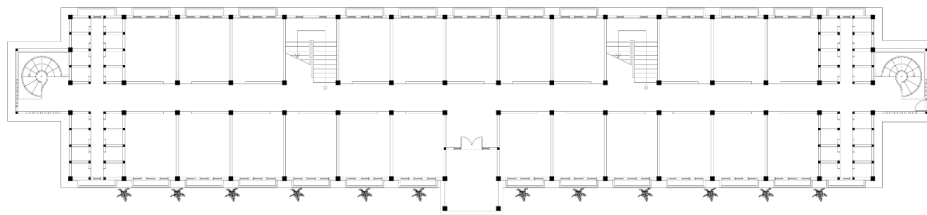


Gambar 3. Sudut jatuh bayang matahari kondisi eksisting

Pada kondisi eksisting bangunan, pembayangan eksternal pada lantai 1 dan 2 mempunyai kemiringan 90° dengan lebar 60 cm belum bekerja secara maksimal. Bukaan berupa jendela dan dinding pada sisi Barat dan Timur belum terbayangi secara keseluruhan sehingga jendela terpapar sinar matahari secara langsung. Sedangkan pada pembayangan eksternal pada lantai 3 mempunyai kemiringan 90° dengan lebar 1 meter sama-sama belum bekerja secara maksimal.

Disekitar bangunan hanya terdapat vegetasi berupa pohon palm yang mempunyai dimensi kecil. Perletakan vegetasi secara linier di sisi Timur bangunan. Adanya vegetasi tersebut tidak terlalu berpengaruh pada kondisi temperatur udara ruang kamar karena

selain dimensinya yang kecil dan mempunyai tajuk yang kecil pula, permukaan halaman perkerasan paving yang membuat temperatur udara semakin tinggi.



Gambar 4. Tata lansekap rusunawa eksisting

Perbandingan area penghijauan dan area perkerasan di sekitar bangunan juga dapat mempengaruhi temperatur udara sekitar. Pada rusunawa, perkerasan berupa paving lebih banyak dari pada area penghijauan dengan vegetasi. Kondisi lingkungan sekitar bangunan rusunawa cukup padat. Pada sisi barat bangunan rusunawa berbatasan dengan rumah penduduk dengan dinding pembatas setinggi 3 m yang berjarak hanya 1,5 m dari sisi terluar bangunan rusunawa. Kondisi elemen lanskap berupa pohon sangat sedikit. Pada timur hanya terdapat pohon palm yang dimensinya kecil, sedangkan pada sisi barat terdapat pohon manga yang tingginya hanya 3 m sehingga tidak dapat digunakan sebagai pelindung dari radiasi matahari. Padahal penanaman pohon dapat menurunkan temperatur udara sekitar, karena radiasi matahari akan diserap untuk proses fotosintesis dan penguapan. Arah aliran angin dari utara dapat melalui bangunan rusunawa karena pada sisi utara tidak terdapat penghalang.

3.6 Rekomendasi desain

Terdapat beberapa rekomendasi desain untuk meningkatkan kenyamanan termal penghuni rusunawa yaitu:

1. Pelebaran bukaan dan ventilasi

Bukaan pada rusunawa keseluruhan diganti dengan tipe bukaan *awning* dengan dimensi yang lebih lebar. Jendela tipe *awning* dapat memasukkan udara hingga 75%. Untuk memaksimalkan pertukaran udara silang, ditambahkan ventilasi jenis jalusi yang mampu memasukkan angin 90%. Ventilasi tipe *awning* tidak diubah, ventilasi yang berada di atas pintu diubah menjadi tipe jalusi agar dapat memaksimalkan kinerja ventilasi silang walaupun ventilasi *awning* ditutup rapat.

Jendela yang berbatasan langsung dengan luar bangunan terletak 75 cm di atas permukaan lantai. Hal tersebut mempertimbangkan sudut bayang vertikal (SBV) bangunan agar jendela pada kamar tidak terkena sinar radiasi matahari secara langsung.

Untuk memaksimalkan kinerja jendela dengan sistem pertukaran silang (*cross ventilation*) maka udara panas yang ada didalam ruangan harus dibuang melalui ventilasi (*outlet*). Ventilasi dengan tipe jalusi dapat memasukkan dan mengeluarkan udara sampai 90% tergantung dari arah datangnya udara. Dan apabila ventilasi *awning* ditutup maka ventilasi tipe jalusi tetap dapat mengalirkan angin.

2. Perubahan elemen pembayang eksternal

Karena sudut bayang vertikal (SBV) bangunan rusunawa yang mempunyai orientasi fasad Timur terkecil pada jam 09.00 WIB sebesar 45° . Sedangkan fasad dengan orientasi Barat SBV terkecil pada pukul 15.00 WIB sebesar 45° . Maka agar bukaan terbayangi sepenuhnya, rekomendasi pembayangan eksternal diganti dengan kemiringan 45° , sesuai dengan standar kemiringan untuk *shading device* dengan lebar 90 cm.

Pembayang eksternal terletak di ketinggian 3 m dari permukaan lantai. Mempunyai lebar 90 cm dari permukaan dinding terluar bangunan. Mempunyai kemiringan dengan sudut 45°. Hal tersebut sesuai dengan kemiringan *shading device* yang ditentukan oleh standar. Karena bangunan mempunyai sudut bayang vertikal (SBV) yang kecil, maka *shading device* tersebut dapat membayangi bukaan sepenuhnya.

Setelah tipe dan dimensi pembayangan eksternal dirubah sesuai dengan analisis maka bukaan jendela dapat terbayangi sepenuhnya. Sehingga sinar radiasi matahari tidak langsung masuk kedalam kamar. Hal tersebut dapat menurunkan temperatur udara dalam kamar rusunawa. Sesuai dengan analisis yang telah dilakukan rekomendasi pada bangunan rusunawa yaitu dengan mengganti seluruh bukaan jendela dan menambahkan ventilasi tipe jalusi. Kemudian pembayang eksternal eksisting yang semula pada lantai 1,2 dan 3 mempunyai lebar 60 cm diubah dengan sudut 45° dengan lebar 90 cm agar maksimal dalam membayangi fasad bangunan rusunawa.

Rekomendasi desain berupa jenis jendela dan ventilasi yang digunakan, serta pembayang eksternal yang telah dirubah dapat diketahui bahwa temperatur udara pada kamar yang mempunyai orientasi bukaan ke Timur dapat turun sebesar 0,02°C hingga 0,5°C. Sedangkan pada kamar yang mempunyai orientasi bukaan kearah Barat, temperatur udara turun sebesar 0,03°C hingga 0,8°C. Pada kondisi eksisting kamar mempunyai temperatur udara rata-rata 29,7°C dapat turun menjadi 29,4°C.

Nilai kenyamanan termal penghuni rusunawa dapat diketahui dengan menggunakan korelasi antara temperatur udara dan sensasi kenyamanan termal yang dirasakan mahasiswa sebagai berikut:

Tabel 1. Analisis hasil regresi rusunawa

Temperatur nyaman	Rentang nyaman (-0,5)	Rentang nyaman (0,5)	Korelasi
$y = 0$	$y = -0,5$	$y = 0,5$	$R^2 = 0,5831$
$y = 1,5962x - 47,958$	$y = 1,5962x - 47,958$	$y = 1,5962x - 47,958$	$R = \sqrt{0,5831}$
$47,958 + 0 = 1,5962x$	$47,958 - 0,5 = 1,5962x$	$47,958 + 0,5 = 1,5962x$	$R = 0,763$
$47,958 = 1,5962x$	$47,458 = 1,5962x$	$48,458 = 1,5962x$	
$x = 47,958/1,5962$	$x = 47,458/1,5962$	$x = 48,458/1,5962$	
$x = 30,04$	$x = 29,7$	$= 30,35$	

Hasil perhitungan tingkat sensasi termal yang dirasakan responden dengan temperatur kamar rusunawa, temperatur udara yang nyaman dicapai pada angka 30,04°C. Untuk rentang nilai dimana semua responden merasa nyaman adalah antara 30,35°C sampai 29,7°C. Nilai regresi mendekati 1 dengan $R = 0,763$ yang berarti memiliki korelasi keterkaitan yang kuat.

Sehingga rekomendasi 1 yang dapat menurunkan temperatur 0,02°C hingga 0,8°C dan temperature rata-rata kamar menjadi 29,4 sudah sesuai dengan standar kenyamanan yang diinginkan oleh penghuni.

3. Penambahan vegetasi sisi timur bangunan

Jenis pohon di ganti menjadi pohon yang mempunyai tajuk yang lebar seperti pohon bungur. Dengan tinggi pohon 5 m dan mempunyai diameter 2 m. Pohon disusun linier dengan jarak antar pohon 3 m bertujuan supaya bangunan terlindungi oleh bayangan pohon. Sedangkan jarak antara pohon dengan bangunan yaitu 3 m agar aliran angin masuk ke dalam ruangan dengan baik.

Perkerasan yang semula paving jenis *straight* yang berbentuk seperti bata, diganti dengan paving jenis *grass block*. Karena permukaan tanah biasa bersifat menyerap panas yang berasal dari sinar matahari sehingga tidak mempengaruhi temperatur udara di atasnya. Paving jenis *grass block* ini tidak terlalu menghilangkan permukaan tanah yang

ada karena rumput masih dapat tumbuh di sela-sela permukaan paving yang terbuka. Area penghijauan diperlebar, dengan perkerasan hanya pada area sirkulasi dan parkir.

Jika temperatur luar dan dalam bangunan mempunyai selisih rata-rata $0,5^{\circ}\text{C}$ maka apabila temperatur diluar ruangan turun hingga 4°C - 5°C , hal tersebut berarti temperatur dalam ruangan akan turun juga. Dari rekomendasi bukaan, ventilasi, dan pembayangan eksternal yang dapat menurunkan temperatur udara dalam kamar rata-rata sebesar $29,4^{\circ}\text{C}$. Maka dengan adanya penambahan vegetasi pada Timur bangunan maka temperatur udara kamar yang mempunyai bukaan ke Timur akan turun menjadi $25,4^{\circ}\text{C}$. Temperatur tersebut sudah memenuhi standar pada temperatur udara yang nyaman optimal.

4. Kesimpulan

Kenyamanan termal pada bangunan rusunawa belum dapat tercapai karena temperatur udara rata-rata CET sebesar $28,4^{\circ}\text{C}$. Dimana 37,5% mahasiswa sudah merasa panas, 32,5% merasakan agak panas dan 20% merasakan sangat panas. Hal tersebut berarti mahasiswa mengatakan tidak merasa nyaman secara termal. Rekomendasi desain untuk meningkatkan kenyamanan termal pada rusunawa mahasiswa Universitas Muhammadiyah Ponorogo yaitu:

1. Memperlebar jendela tipe *awning* yang mendekati standar SNI (Jendela seluas 3 m^2 dan ventilasi seluas $1,3\text{ m}^2$).
2. Pembayangan eksternal dengan sudut 45° sepanjang 0,9 m diterapkan pada fasad bangunan agar semua jendela dapat terbayangi sepenuhnya.
3. Penambahan vegetasi di sisi timur bangunan dan pengantian perkerasan halaman rusunawa dengan paving jenis *grass block* agar rumput bisa tumbuh di sela-sela paving. Serta pelebaran area penghijauan, sehingga perkerasan hanya pada area sirkulasi dan parkir.

Daftar Pustaka

- ASHRAE. 2009. *Handbook of Fundamental*. USA: ASHRAE.
- Franger. 1982. *Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering*, Malabar: Robert E. Krieger Publishing Company.
- ISO. 2005. Ergonomics of the thermal environment, analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PDD indices and local thermal comfort criteria. Standard catalogue
- Lechner, N. 2015. *Heating, cooling, lightning Sustainable methods for architects*, Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Mangunwijaya, Y.B. 1988. Pengantar Fisika Bangunan, Jakarta: Djambatan.
- SNI 03-6572-200. 2001. Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung. Jakarta.
- Tyas, I.W., Nabilah, F., Puspita, N.A., dan Syafitri, S.I. 2015. Orientasi Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal pada Rumah Susun Leuwigajah Cimahi, *Jurnal Reka Karsa Jurusan Teknik Arsitektur Itenas, Volume 3 no.1, 2015*.