

Evaluasi Desain Asrama Siswa dalam Aspek Kenyamanan Termal pada Unit Pelaksana Teknis (UPT) SMA Negeri Olahraga (SMANOR) Jawa Timur

Fenesa Fidi Kirani¹, Wulan Astrini², Wasiska iyati²

¹Jurusan Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Email: fenesafk@gmail.com

Abstrak

Unit Pelaksana Teknis (UPT) SMA Negeri Olahraga (SMANOR) Jawa Timur merupakan sekolah negeri yang memiliki fokus peminatan pada bidang olah raga. Sebelum dan setelah melakukan aktivitas sekolah dan olahraga, siswa menghabiskan waktunya untuk beristirahat di dalam asrama. Asrama siswa seharusnya nyaman secara termal agar siswa tetap sehat, baik secara fisik maupun psikologis. Permasalahan utama asrama adalah pada orientasi bangunan yang belum menyesuaikan dengan kondisi iklim tropis lembab, sehingga berdampak terhadap kenyamanan termal ruang kamar asrama. Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah pengukuran langsung terhadap temperatur, kelembaban, dan kecepatan aliran udara pada sampel kamar terpilih. Pembagian kuesioner dilakukan untuk mengetahui sensasi termal, tingkat kepuasan, aktivitas, pakaian yang digunakan, dan perlakuan siswa terhadap jendela, ventilasi, serta pembayang matahari internal. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kenyamanan termal pada asrama siswa belum tercapai. Rekomendasi desain yang diberikan yaitu dengan mengganti seluruh bukaan pada asrama sesuai dengan standar SNI, yaitu tipe bukaan yang telah digunakan pada lantai 1 asrama putri. Pembayang matahari eksternal dengan sudut 45^o sepanjang 0,8 m diterapkan untuk melindungi bukaan dan dinding dari paparan radiasi matahari langsung dari sisi timur dan barat. Desain bangunan hasil rekomendasi dibandingkan dengan bangunan eksisting melalui simulasi digital, hasilnya menunjukkan terjadi penurunan temperatur sebesar 0,2 °C hingga 2,2 °C.

Kata kunci: Kenyamanan termal, Iklim tropis lembab, Asrama siswa.

Abstract

Technical Implementation Unit (UPT) SMA Negeri Olahraga (SMANOR) in East Java is a public school which has focused and specialization in the sports field. Before and after school activities and doing sports, students spend their time to rest in the dorm. Student dormitories should be thermally comfortable keeping their students healthy both physically and psychologically. Problems at the student dormitory that is mainly on the orientation of the building which has not adjust to the humid tropical climate conditions, so the impact on thermal comfort at the dorm room. The data was collected by direct measurement of temperature, humidity, and air flows on the chosen room. Questionnaires also given to determine the thermal sensation, thermal acceptability, clothing insulation, as well as the treatment of students against the windows, vents, and internal shading device. The result of the study showed that the thermal comfort hasn't been reached on the dorm room. Design recommendations given are replace all the openings in the dorm rooms accordance with SNI standards, namely the type of opening that has been used on the 1st floor at girl's dormitory. Shading device at 45^o angle along 0,8 metre implemented to protect openings and walls from direct solar radiation exposure from the East and West side. Building design with recommendations results compared to the existing

building through digital simulation, and showed a decrease in temperature of 0,2 °c to 2,2 °c

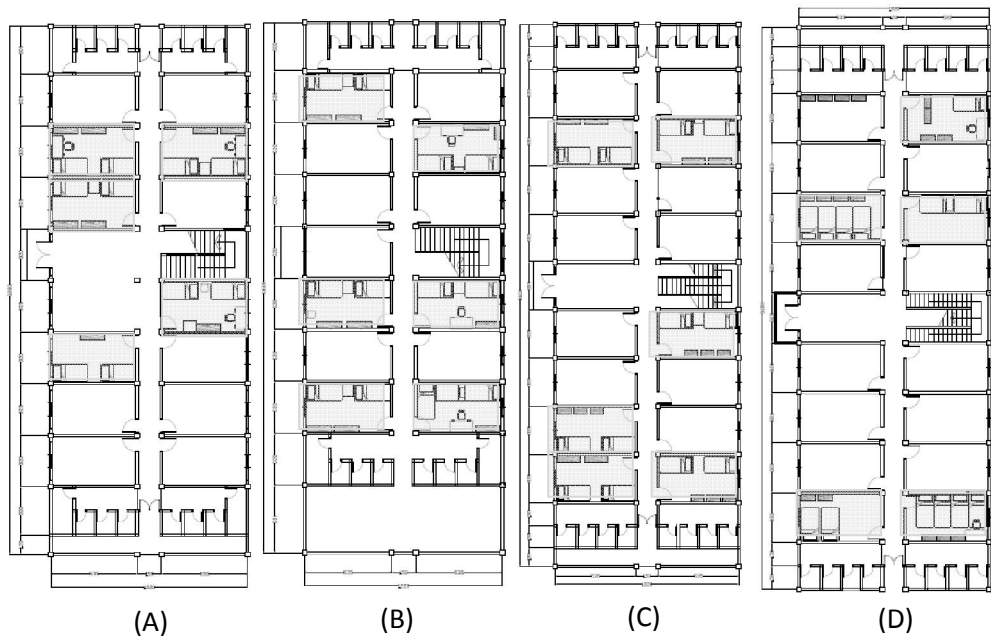
Keywords: *Thermal comfort, Humid tropical climate, Student dormitory.*

1. Pendahuluan

Konsep dari bangunan tropis lembab, pada dasarnya adalah konsep bangunan yang telah beradaptasi dengan iklim setempat. Kondisi ruangan dengan temperatur yang tinggi dan kelembaban yang tinggi akan berpengaruh pada tingkat kenyamanan termal ruang. Salah satu kriteria bangunan tropis yang nyaman adalah terdapat aliran udara dalam ruangan, sehingga ruangan terasa sejuk. Kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor iklim, individu, dan desain bangunan. Kenyamanan termal dapat tercapai apabila bangunan memenuhi kriteria desain pasif bangunan, yaitu mengambil keuntungan dari alam, khususnya matahari dan aliran udara pada iklim tropis lembab. Salah satu bangunan yang mementingkan kenyamanan termal bagi penghuninya adalah hunian atau tempat tinggal. Pada hunian asrama Unit Pelaksana Teknis (UPT) SMA Negeri Olahraga Jawa Timur atau dikenal dengan SMANOR, seharusnya dapat memenuhi kenyamanan termal dalam bangunan. Permasalahan desain asrama untuk mendapatkan kenyamanan termal penghuni, adalah pada orientasi bangunan yang belum menyesuaikan kondisi iklim tropis lembab, terutama pada sisi terpanjang bangunan dan letak bukaan yang menghadap sisi timur dan barat. Selain hal tersebut, penyesuaian aktivitas siswa dan pakaian yang digunakan juga berpengaruh terhadap peningkatan temperatur ruang, sehingga dibutuhkan evaluasi untuk mencapai kenyamanan termal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil evaluasi asrama siswa terkait kenyamanan termal ruang pada kondisi eksisting bangunan asrama dan untuk mengetahui rekomendasi desain berdasarkan hasil evaluasi asrama untuk meningkatkan kenyamanan termal dalam bangunan. Hasil dari penelitian berupa tercapai atau tidaknya kenyamanan termal ruang kamar asrama siswa, kemudian didapatkan kriteria rekomendasi desain bangunan asrama berdasarkan hasil analisis faktor individu dari kuisisioner, faktor iklim dan faktor desain bangunan. Simulasi digital dilakukan untuk mengetahui selisih temperatur antara simulasi bangunan eksisting dan simulasi bangunan hasil rekomendasi desain asrama.

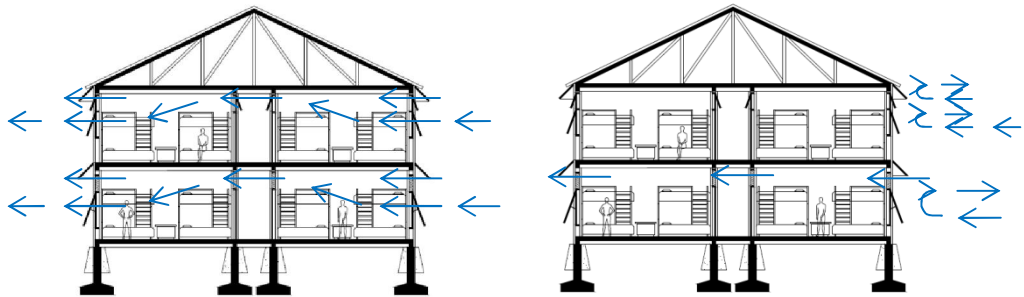
2. Bahan dan metode

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif dan evaluatif. Metode deskriptif digunakan pada saat awal melakukan penelitian, untuk mengumpulkan dan memaparkan data tentang kondisi eksisting. Metode evaluatif digunakan untuk mengevaluasi data penelitian yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan menggunakan *thermometer* dan *anemometer*, serta pembagian kuesioner pada para siswa penghuni asrama SMANOR. Data yang dihasilkan berupa angka hasil pengukuran langsung pada lapangan dan hasil pembagian kuisisioner mengenai kenyamanan termal responden dan evaluasi perlakuan responden terhadap jendela dan ventilasi pada ruang hunian kamar asrama. Setelah data terkumpul selanjutnya dilakukan analisis regresi linier sederhana dengan program scatter chart dari Microsoft Excel 2007 untuk mengetahui hubungan hasil pengukuran termal dengan sensasi kenyamanan termal penghuni dan korelasinya, kemudian didapatkan indeks kenyamanan termal dengan metode *Actual Mean Vote* (AMV). Simulasi kondisi termal ruang kamar asrama siswa putra dan putri menggunakan perangkat lunak Ecotect Analysis 2011 dengan perhitungan *spatial comfort*. Simulasi dilakukan untuk mengetahui perbedaan kondisi temperatur eksisting ruang kamar dengan kondisi temperatur ruang kamar pada bangunan asrama yang telah diubah bukaan dan pembayang matahari eksternal sesuai hasil evaluasi yang telah dilakukan. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh siswa SMANOR, dan sampel penelitian adalah kamar asrama sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 1.

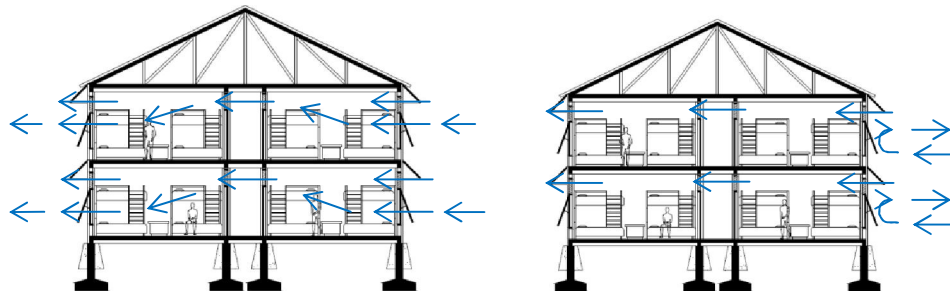


Gambar 1 (A) Denah Asrama Putri Lantai 1 (B) Denah Asrama Putri Lantai 2 (C) Denah Asrama Putra Lantai 1 (D) Denah Asrama Putra Lantai 2

Asrama siswa putra dan putri SMA Olahraga Jawa Timur terdiri dari 2 lantai dengan masing-masing lantai tipikal. Sehingga evaluasi yang akan dilakukan pada beberapa ruang kamar dengan pertimbangan arah orientasi matahari, mata angin, dan letak posisi ventilasi yang berbeda-beda pada masing-masing kamar asrama. Sampel yang dievaluasi adalah kamar yang berada di tengah, ujung sisi utara, dan ujung sisi selatan bangunan asrama dengan masing-masing kamar di sisi timur dan barat koridor, karena tipe bangunan berupa *double loaded corridor*. Aliran udara pada bangunan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2 Gambar Potongan Kamar Asrama terhadap Aliran Udara pada Jendela dan Ventilasi Awning saat Terbuka dan Tertutup



Gambar 3 Gambar Potongan Kamar Asrama terhadap Aliran Udara pada Jendela Awning dan Ventilasi Jalusi saat Terbuka dan Tertutup

Keterangan :

—→ Arah aliran udara pada tapak

Ventilasi yang digunakan pada lantai 1 dan 2 asrama putri berbeda. Pada lantai 1 ventilasi jalusi dapat mengalirkan udara hingga 90%, sedangkan pada lantai 2 ventilasi yang digunakan adalah tipe *awning* yang dapat mengalirkan udara sebesar 12-30%. Apabila ventilasi dengan tipe *awning* dalam kondisi tertutup, maka aliran udara tidak dapat masuk melalui ruangan. Semua ventilasi yang digunakan pada asrama memiliki tipe ventilasi yang sama dengan ventilasi yang digunakan pada lantai 2 asrama putri. Ventilasi udara dapat lebih maksimal apabila menggunakan tipe bukaan seperti pada lantai 1 asrama putri, karena terdapat dua jenis tipe ventilasi, yaitu *awning* dan jalusi. Apabila ventilasi dengan tipe *awning* tertutup, maka ventilasi dengan tipe jalusi tetap dapat mengalirkan udara pada ruang kamar asrama.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Data hasil pengukuran

Pengukuran temperatur, kelembaban, dan kecepatan aliran udara dilakukan pada asrama putri selama 2 hari, hari senin tanggal 11 April 2016 dan hari selasa tanggal 12 April 2016. Sedangkan asrama putra dilakukan hari senin tanggal 25 April 2016, dan selasa 26 April 2016. Pengambilan data pengukuran dilakukan pada interval waktu yang sama yaitu pukul 13.00-15.00 WIB saat cuaca cerah.

1. Hasil pengukuran temperatur pada ruang kamar asrama siswa putra dan putri menunjukkan nilai rata-rata sebesar 31,5 °C, dimana nilai ini masih berada diatas temperatur nyaman optimal yang ditentukan oleh standar SNI, yaitu sebesar 22,5°C - 25°C.
2. Hasil pengukuran rata-rata kelembaban udara di dalam kamar asrama putri menunjukkan nilai sebesar 87,5 %, dimana nilai ini berada di atas kelembaban udara efektif pada standar SNI, yaitu sebesar 40-50%. Perbedaan kelembaban antara ruang luar dan dalam berbeda sekitar 10%, perbedaan ini masih dikategorikan normal. Sebagaimana kamar asrama putri, rata-rata kelembaban udara di dalam kamar asrama putra juga lebih tinggi dari kelembaban udara efektif pada standar SNI, yaitu sebesar 87,7 % berada di atas kelembaban udara efektif pada standar SNI yaitu 40-50%. Perbedaan kelembaban antara ruang luar dan dalam berbeda sekitar 20%, perbedaan ini dikategorikan tidak normal atau sangat lembab.
3. Kecepatan aliran udara rata-rata pada kamar siswa asrama putri adalah sebesar 0,4 m/detik. Kecepatan aliran udara yang melalui kamar asrama putri berada di atas standar kenyamanan, sebesar 0,2 m/detik. Sementara itu, pada kamar siswa asrama putra kecepatan aliran udara rata-rata sebesar 0,2 m/detik, dimana telah memenuhi standar kenyamanan yang ada.

3.2 Data hasil kuisisioner

Responden mengisi kuisisioner bersamaan saat peneliti melakukan pengukuran masing-masing ruang sampel kamar lantai 1 dan 2 asrama putra maupun putri.

1. Aktivitas siswa pada asrama putri dari keseluruhan jumlah responden sebanyak 25 siswa, aktivitas terbanyak yang dilakukan oleh siswa saat siang hari yaitu tidur, dengan persentase 64% dari keseluruhan jumlah responden. Selain tidur, aktivitas siswa yang sering dilakukan adalah berlatih dengan persentase 60% dari keseluruhan jumlah responden. Saat berlatih siswa dan meninggalkan kamar asrama. Saat malam hari aktivitas terbanyak adalah tidur sebesar 84 %. Aktivitas siswa pada asrama putra dari keseluruhan jumlah responden sebanyak 30 siswa saat siang hari yang terbanyak dilakukan oleh siswa yaitu berlatih, dengan persentase 63,3% dari keseluruhan jumlah responden. Saat malam hari aktivitas terbanyak yang dilakukan adalah tidur sebesar 90%. Sehingga aktivitas yang dilakukan pada ruang kamar asrama cukup ringan.

2. Sensasi kenyamanan termal yang dirasakan oleh siswa putri saat siang hari paling banyak adalah netral sebanyak 36%. Selain netral siswa juga berpendapat agak panas dengan persentase juga 36% dari keseluruhan jumlah responden. Saat malam hari sensasi termal yang dirasakan adalah netral 44% hingga dingin 32%. Sensasi kenyamanan termal yang dirasakan oleh siswa putra saat siang hari paling banyak adalah netral sebanyak 53,3% dari keseluruhan jumlah responden. Saat malam hari siswa juga berpendapat netral sebanyak 40% dari keseluruhan responden.
3. Tingkat kepuasan pada asrama putri mayoritas adalah biasa saja dengan persentase 76% dari keseluruhan jumlah responden. Tingkat kepuasan pada asrama putra pukul mayoritas adalah biasa saja dengan persentase 82% dari keseluruhan jumlah responden.
4. Perlakuan terhadap jendela, baik pada asrama putra maupun putri, siswa sering membuka jendela pada pagi, siang, sore, dan malam hari
5. Pada asrama putri dapat diketahui perlakuan siswa terhadap ventilasi kamar, saat pagi dan sore hari mayoritas siswa membiarkan ventilasi tetap terbuka. Saat malam hari mayoritas ventilasi tertutup rapat. Pada asrama Putra dapat diketahui perlakuan siswa terhadap ventilasi kamar, saat pagi, sore, dan malam hari mayoritas siswa membiarkan ventilasi tetap terbuka.
6. Pada asrama putri dapat diketahui perlakuan siswa terhadap pembayang internal pada jendela kamar, saat pagi dan sore hari mayoritas siswa membiarkan pembayang internal terbuka. Saat malam hari mayoritas pembayang internal tertutup rapat. Pada asrama putra dapat diketahui perlakuan siswa terhadap pembayang internal pada jendela kamar, saat pagi dan sore hari mayoritas siswa membiarkan pembayang internal terbuka. Saat malam hari mayoritas pembayang internal tertutup rapat.

3.3 Hubungan faktor individu dengan faktor iklim

Bedasarkan tinjauan teori diketahui kenyamanan termal dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor iklim yang meliputi temperatur udara (T_a), kelembaban udara (R_h), dan kecepatan aliran udara (V_a). Selain itu dipengaruhi pula oleh faktor individu, yaitu meliputi pakaian (C_{lo}) dan metabolisme tubuh (M_{et}). Penelitian pada asrama siswa Unit Pelaksana Teknis (UPT) SMA Negeri Olahraga Jawa Timur (SMANOR) ini bertujuan untuk mengetahui suhu nyaman dan rentang suhu nyaman yang dirasakan oleh siswa penghuni kamar asrama. Pengukuran tingkat kenyamanan termal didapatkan dari hasil analisis kuesioner dengan skala pengukuran sensasi termal yang mengacu pada skala ASHRAE yaitu :

Tabel 1 Hasil Pengukuran dengan *Actual Mean Vote* pada Asrama Putri Pukul 14.00-16.00 WIB

Sensasi termal	Panas sekali	Panas	Agak panas	Netral	Agak dingin	Dingin	Dingin sekali	Total
Skala sensasi (A)	3	2	1	0	-1	-2	-3	
Jumlah responden (B)	1	6	9	9	0	0	0	25
Hasil (AxB)	3	12	9	0	0	0	0	24
Actual Mean Vote (hasil (AxB) : jumlah responden)								0,96

Hasil rata-rata dari pengukuran, menunjukkan bahwa perhitungan memiliki nilai *Actual Mean Vote* (AMV) sebesar 0,96 yang berarti angka tersebut berada di atas kategori nyaman atau netral, karena angka tersebut berada di atas rentang -0,5 sampai 0,5.

Tabel 2 Hasil Pengukuran dengan Actual Mean Vote pada Asrama Putra Pukul 14.00-16.00 WIB

Sensasi termal	Panas sekali	Panas	Agak panas	Netral	Agak dingin	Dingin	Dingin sekali	Total
Skala sensasi (A)	3	2	1	0	-1	-2	-3	
Jumlah responden (B)	2	6	5	16	0	0	0	30
Hasil (AxB)	6	12	5	0	0	0	0	23
Actual Mean Vote (hasil (AxB) : jumlah responden)								0,7

Hasil rata-rata dari pengukuran, menunjukkan bahwa perhitungan memiliki nilai *Actual Mean Vote* (AMV) sebesar 0,7 yang berarti angka tersebut berada di atas kategori nyaman atau netral, karena angka tersebut berada di atas rentang -0,5 sampai 0,5

Tabel 3 Analisis Hasil Regresi Asrama Putri

Temperatur nyaman	Rentang nyaman (-0,5)	Rentang nyaman (0,5)	Korelasi
$y = 0$	$y = -0,5$	$y = 0,5$	$R^2 = 0,009$
$y = 0,138x - 3,508$	$y = 0,138x - 3,508$	$y = 0,138x - 3,508$	$R =$
$3,508 + 0 = 0,138x$	$3,508 - 0,5 = 0,138x$	$3,508 + 0,5 = 0,138x$	$\sqrt{0,009}$
$3,508 = 0,138x$	$3,008 = 0,138x$	$4,008 = 0,138x$	$R = 0,094$
$x = 3,508/0,138$	$x = 3,008/0,138$	$x = 4,008/0,138$	
$x = 25,4$	$x = 21,79$	$x = 29,0$	

Bedasarkan hasil perhitungan sensasi termal responden terhadap temperatur ruang dalam kamar asrama, diketahui bahwa suhu nyaman dicapai pada angka 25,4 °C. Rentang suhu nyaman dimana semua responden merasa nyaman yaitu antara 21,79 °C hingga 29 °C. Regresi menunjukkan angka $R = 0,094$ yang berarti memiliki korelasi atau keterkaitan yang rendah karena menjauhi angka 1.

Tabel 4 Analisis Hasil Regresi Asrama Putra

Temperatur nyaman	Rentang nyaman (-0,5)	Rentang nyaman (0,5)	Korelasi
$y = 0$	$y = -0,5$	$y = 0,5$	$R^2 = 0,002$
$y = 0,088x - 2,057$	$y = 0,088x - 2,057$	$y = 0,088x - 2,057$	$R = \sqrt{0,002}$
$2,057 + 0 = 0,088x$	$2,057 - 0,5 = 0,088x$	$2,057 + 0,5 = 0,088x$	$R = 0,04$
$2,057 = 0,088x$	$1,557 = 0,088x$	$2,557 = 0,088x$	
$x = 2,057/0,088$	$x = 1,557/0,088$	$x = 2,557/0,088$	
$x = 23,3$	$x = 17,6$	$x = 29,0$	

Bedasarkan hasil perhitungan sensasi termal responden terhadap temperatur ruang dalam kamar asrama, diketahui bahwa suhu nyaman dicapai pada angka 23,3 °C. Rentang suhu nyaman dimana semua responden merasa nyaman yaitu antara 17,6 °C hingga 29 °C. Regresi menunjukkan angka $R = 0,04$ yang berarti memiliki korelasi atau keterkaitan yang rendah karena menjauhi angka 1. Hubungan antara temperatur udara dengan tingkat kepuasan responden, hubungan temperatur udara dengan nilai insulasi pakaian, dan hubungan temperatur udara dengan nilai metabolisme tubuh responden juga memiliki korelasi atau keterkaitan yang rendah.

3.4 Hubungan faktor individu dengan faktor desain bangunan

Hasil evaluasi asrama secara keseluruhan dapat diketahui dari analisis masing-masing faktor individu dengan desain bangunan, yaitu perilaku adaptif dari penghuni ruang kamar asrama berpengaruh terhadap kenyamanan termal ruang kamar asrama. Desain bangunan dengan posisi orientasi yang kurang tepat, yaitu sisi terpanjang menghadap Timur dan Barat, menyebabkan permasalahan kenyamanan termal ruang. Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi kondisi eksisting bangunan terhadap simulasi rekomendasi

desain bangunan menunjukkan hasil ruang kamar yang berada di sisi Barat memiliki temperatur lebih tinggi karena saat sore hari mendapatkan paparan sinar langsung dari Barat. Selain itu minimnya pembayang matahari berupa vegetasi dan pembayang eksternal di sisi Barat, juga mempengaruhi kondisi temperatur udara di dalam ruangan. Namun berdasarkan hasil kuisisioner, siswa yang cenderung sering membuka jendela dan ventilasi menyatakan bahwa kenyamanan termal ruang sudah tercapai.

3.5 Hubungan faktor iklim dengan faktor desain bangunan

Faktor yang mempengaruhi desain bangunan terhadap kondisi iklim yaitu terkait dengan orientasi dan luas permukaan bangunan terhadap garis lintasan matahari, posisi bangunan terhadap arah angin serta juga jalan setapak yang berada di sekitar bangunan karakteristik material bangunan asrama terhadap kondisi iklim, serta kepadatan kondisi sekitar bangunan. Pada asrama siswa, posisi bukaan searah dengan arah aliran udara sehingga aliran udara dapat masuk ke dalam bangunan secara silang (*cross ventilation*). Meskipun kondisi bangunan di kawasan sekolah (UPT) SMA Negeri Olahraga Jawa Timur cukup padat, tetapi tidak ada bangunan yang menghalangi bangunan asrama dari arah datangnya aliran udara, yaitu dari arah timur dan selatan bangunan. Material bangunan sudah cukup baik dan sesuai dengan standar, yaitu dinding bangunan menggunakan warna cerah, dan atap dari bahan genteng keramik berwarna merah yang dapat menyerap kalor dengan cukup baik.

3.6 Rekomendasi desain

Bukaan berupa jendela dan ventilasi pada asrama siswa putra dan putri terdapat perbedaan tipe bukaan yang digunakan, Kondisi bukaan pada asrama siswa akan dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 5 Tipe Bukaan pada Asrama Siswa

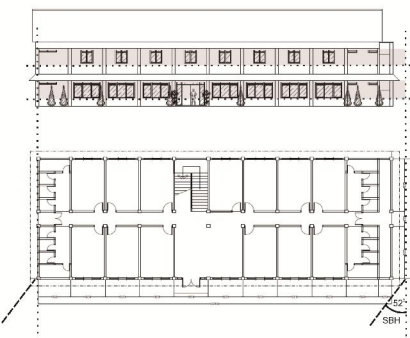
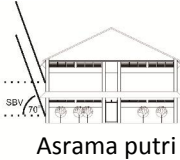
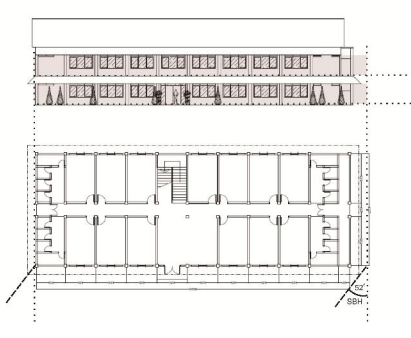
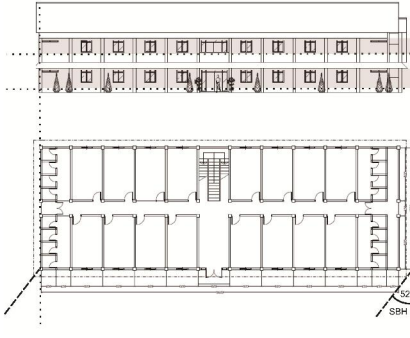

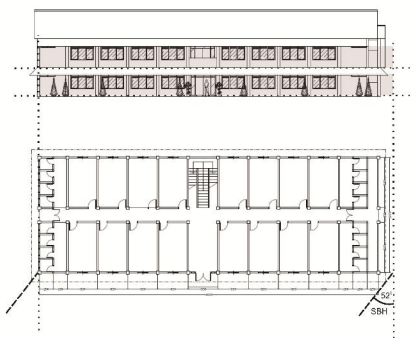
TIPE BUKAAN			
Asrama putri lantai 1	Asrama putri lantai 2	Asrama putra lantai 1	Asrama putri lantai 2
Total luas bukaan jendela yaitu 3,36 m ² . Total luas bukaan ventilasi yaitu 1,1 m ² .	Total luas bukaan jendela yaitu 3,02 m ² . Total luas bukaan ventilasi yaitu 4,4 m ² .	Total luas bukaan jendela yaitu 1,82 m ² . Total luas bukaan ventilasi yaitu 1,8 m ² .	Total luas bukaan jendela yaitu 3,02 m ² . Total luas bukaan ventilasi yaitu 4,4 m ² .
Memenuhi standar SNI	Kurang memenuhi standar SNI	Kurang memenuhi standar SNI	Kurang memenuhi standar SNI

Bukaan pada asrama siswa putra dan putri secara keseluruhan diganti dengan tipe bukaan seperti pada asrama putri lantai 1, karena tipe bukaan memenuhi standar SNI dan memudahkan aliran udara tetap bertukar secara silang. Karena, ventilasi yang digunakan adalah tipe jalusi, sehingga aliran udara dapat tetap mengalir di dalam ruangan. Tidak seperti tipe ventilasi pada lantai 2 asrama putri dan asrama putra pada lantai 1 dan 2 yang

menggunakan tipe awning, yaitu apabila ventilasi sedang dalam kondisi tertutup rapat, aliran udara tidak dapat mengalir dan bertukar secara silang didalam ruang kamar asrama.

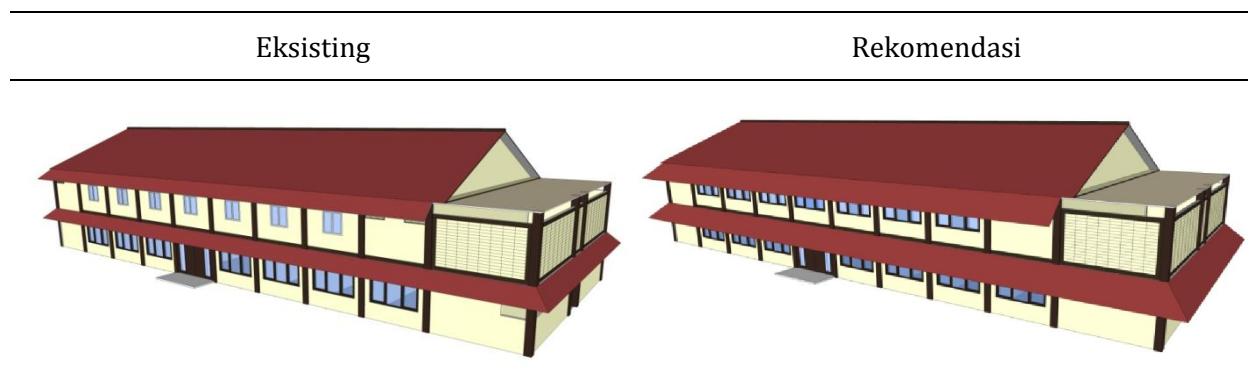
Bedasarkan hasil analisis diagram matahari (*sunpath diagram*), karena posisi asrama putra dan putri sejajar secara paralel dengan sudut antara garis utara dan azimuth sebesar 90° , didapatkan sudut bayangan vertikal (SBV) sebesar 70° , sedangkan sudut bayangan horizontal sebesar 52° .

Tabel 6 Sudut Jatuh Bayangan Eksisting dan Rekomendasi

Eksisting	Rekomendasi	
	 <p data-bbox="651 689 794 719">Asrama putri</p>	
	 <p data-bbox="651 1079 794 1108">Asrama putra</p>	

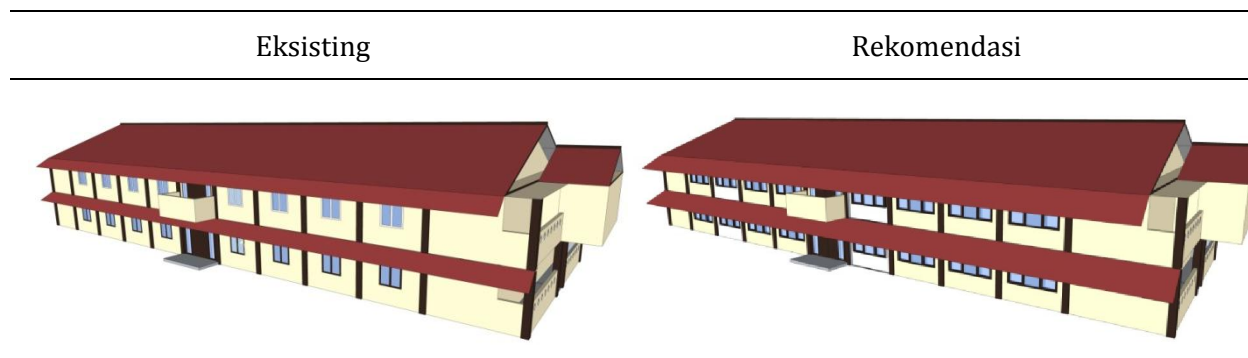
Pada kondisi eksisting, pembayang eksternal dengan kemiringan 45° selebar 0,6 m belum bekerja secara maksimal. Dinding sisi Barat dan Timur belum terbayangi secara keseluruhan sehingga dinding sisi Barat dan Timur masih terpapar radiasi sinar matahari secara langsung yang menyebabkan peningkatan temperatur di dalam ruang kamar asrama. Agar dinding terbayangi sepenuhnya, rekomendasi pembayang eksternal dengan kemiringan 45° selebar 0,8 m diterapkan pada bangunan asrama putra dan putri. Sudut kemiringan pembayang eksternal menggunakan sudut 45° karena berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hicma E. R, Nurdin R, Fahmi F, dan Ernaning S, menyimpulkan Sudut 45° dengan arah hadap Timur Barat merupakan yang paling ideal karena tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin. Dibandingkan dengan sudut kemiringan atap 35° atau 55° .

Tabel 7 Kondisi Desain Bangunan Eksisting dan Rekomendasi Asrama Putri



Bukaan pada fasad bangunan asrama memiliki tata letak tipikal. Bukaan berupa jendela dan ventilasi yang menghubungkan area luar dengan ruang dalam kamar asrama berada di sisi Barat dan Timur bangunan. Pada sisi Utara dan Selatan tidak terdapat jendela, tetapi terdapat ventilasi sebagai penghawaan ruang kamar mandi. Terdapat area jemur di sisi selatan bangunan dengan penutup dinding yang tidak masif.

Tabel 8 Kondisi Desain Bangunan Eksisting dan Rekomendasi Asrama Putra



Atap bangunan merupakan atap pelana yang digunakan untuk menaungi hampir keseluruhan ruang kamar asrama, sedangkan atap datar digunakan untuk menaungi area jemur pakaian. Pembayang matahari eksisting memiliki sudut kemiringan 45° yang sudah memiliki kriteria ideal dalam membayangi fasad bangunan asrama. Sesuai dengan analisis yang telah dilakukan rekomendasi pada bangunan asrama putri yaitu dengan mengganti seluruh bukaan yaitu jendela dan ventilasi seperti yang digunakan pada lantai 1 bangunan asrama. Kemudian pelayang eksternal eksisting sepanjang 0,6 m dirubah menjadi 0,8 m agar lebih maksimal dalam membayangi fasad bangunan asrama.

Rekomendasi desain berupa jenis jendela dan ventilasi yang digunakan, serta pembayang eksternal yang ditambahkan lebar pembayang menjadi 80 cm disimulasikan dengan software Ecotect analysis 2011 untuk mengetahui perubahan temperatur di dalam ruang kamar asrama. Simulasi yang dilakukan pada masing-masing kamar sampel dilakukan sesuai dengan waktu pengukuran yaitu pukul 13.00-15.00 WIB bulan April. Iklim diatur sesuai dengan iklim indonesia dan posisi tapak yaitu *latitude* $-7,0^{\circ}$ dan *longitude* $112,0^{\circ}$ disesuaikan dengan lokasi tapak asrama di kota Sidoarjo. Pengukuran simulasi pada tiap ruang menggunakan *spatial comfort calculation*. Simulasi juga dilakukan dari bulan Januari hingga Desember untuk mengetahui kondisi temperatur tiap bulannya.

4. Kesimpulan

Desain bangunan asrama (UPT) SMA Negeri Olahraga Jawa Timur, secara garis besar mengalami kesulitan untuk memenuhi standar kenyamanan yang disyaratkan sesuai dengan standar kenyamanan termal SNI. Kondisi tersebut terutama karena desain bangunan yang

masih belum menyesuaikan dengan kondisi iklim tropis lembab, terutama arah orientasi bangunan yang kurang tepat. Sisi terpanjang bangunan dan letak bukaan menghadap arah Timur dan Barat, sehingga mempengaruhi kondisi temperatur ruang kamar asrama. Hasil kuisioner menunjukkan hasil sensasi kenyamanan termal, tingkat kepuasan (*thermal acceptability*), nilai insulasi pakaian, dan aktivitas yang tidak memiliki keterkaitan dengan kondisi temperatur udara hasil pengukuran. Untuk mencapai kenyamanan termal dibutuhkan tindakan adaptif dari penghuni kamar asrama yaitu, mengatur bukaan ventilasi agar sirkulasi dapat bertukar secara silang dengan maksimal, memberikan tirai atau stiker jendela pada sisi bangunan yang terpapar oleh radiasi panas sinar matahari langsung, serta menambah elemen vegetasi pada sisi barat asrama. Selain tindakan adaptif dari penghuni, pengaruh jenis bukaan yang digunakan dan adanya pembayang matahari eksternal juga mempengaruhi temperatur udara di dalam ruang kamar asrama. Perbaikan desain, yaitu dengan pemilihan jenis jendela yang sesuai standar SNI, serta pembayang matahari dengan panjang sesuai analisis sudut jatuh bayangan, agar pembayang eksternal mampu bekerja secara maksimal membayangi bukaan dan dinding luar ruang kamar asrama siswa. Kemudian hasil pengukuran lapangan pada pukul 13.00 WIB dibandingkan dengan hasil simulasi eksisting dengan perbedaan hasil pengukuran lapangan dan simulasi digital rata-rata sebesar 5,4 %. Simulasi dilakukan pada kondisi eksisting asrama siswa, kemudian dibandingkan dengan simulasi kondisi rekomendasi asrama siswa dengan hasil rekomendasi menunjukkan penurunan temperatur dari 0,5 °c hingga 0,9 °c. Simulasi juga dilakukan dari bulan Januari hingga Desember dan didapatkan rata-rata selisih penurunan temperatur dari 0,2 °c hingga 2,2 °c.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. 2009. *Handbook of Fundamental*. USA: ASHRAE.
- Egan, M. David. 1975. *Concept in thermal comfort*, London : Prentice-Hall International.
- Fanger. 1982. *Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering*, Malabar: Robert E. Krieger Publishing Company
- Hardiman, Gagoek. 2012. *Pertimbangan Iklim Tropis Lembab dalam Konsep Arsitektur Bangunan Modern*. Jurnal Arsitektur Universitas Bandar Lampung.
- Hicma, E.R., Nurdin, R., Fahmi, F., dan Ernaning, S. 2012. *Pengaruh sudut kemiringan atap bangunan dan orientasinya terhadap kualitas termal*. Artikel ilmiah.
- ISO 7730. 2005. *Ergonomics of the thermal environment, Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Standart catalogue
- Lechner, Norbert. 2007. *Heating, cooling, lighting Metode Desain untuk Arsitektur*. Jakarta : Rajawali pers.
- Lippsmeier, G. 1997. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.
- Li Thi Hong Na dan Jin Ho Park. 2009. *Emphasis on Passive Design for Tropical High-rise Housing in Vietnam*. Jurnal Ilmiah.
- Mangunwijaya, Y.B. 1988. *Pengantar Fisika Bangunan*, Jakarta : Djambatan
- SNI 03-6572-2001. 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta.