

STUDI ORIENTASI BANGUNAN DAN ADAPTASINYA TERHADAP KENYAMANAN MANUSIA DALAM BANGUNAN

Studi kasus : Asrama Mahasiswa Universiti Sains Malaysia

Oleh:

Muhammad Iqbal

Staf Pengajar pada Program Studi Arsitektur, Universitas Malikussaleh

ABSTRAK

Dalam rancangan aktif, bangunan sebagai salah satu lingkungan binaan merupakan pengguna energi terbesar untuk mencapai kenyamanan termal manusia, terutama penggunaan pengkondisian udara (Air Conditioning). Berbeda halnya dengan rancangan bangunan pasif, dimana penekanan rancangan mengarah kepada pemanfaatan energi berkelanjutan, seperti matahari dan angin. Kondisi lingkungan sekitar dan manusia sebagai pengguna bangunan merupakan indikator penting dalam merumuskan kebijakan rancangan pasif, terutama untuk mencapai kenyamanan termal. Kondisi lingkungan sekitar tersebut berupa suhu, kelembapan, kecepatan angin dan radiasi panas matahari dan kondisi manusia berupa aktifitas (metabolic rate) dan pakaian yang digunakan (clo value). Perbedaan orientasi bangunan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kondisi termal pada setiap ruangan dalam bangunan, seperti orientasi barat daya dengan barat laut akan berbeda cahaya matahari dan aliran angin serta kelembapannya. Penilaian terhadap termal menggunakan kaedah lapangan dengan pengukuran suhu, kelembapan, kecepatan angin dan tanggapan pengguna secara kuantitatif dengan membagikan kuesioner berdasarkan orientasi yang berbeda dalam ruangan yang diuji. Hasil pengukuran dan kompilasi data kuesioner diolah dengan Thermal ASHRAE Program Comfort IV.0, menunjukkan bahwa perbedaan orientasi bangunan memberikan berbagai kesan kenyamanan pengguna dalam rancangan bangunan alami. Dari beberapa orientasi yang menjadi studi kasus, bangunan yang menghadap ke arah tenggara memberikan kenyamanan termal yang lebih baik daripada orientasi lain.

Kata kunci: *Orientasi, bangunan, kenyamanan, termal, manusia*

I. PENDAHULUAN

Populasi penduduk dunia khususnya pada daerah perkotaan mengalami peningkatan dengan proyeksi pada Tahun 2025 mencapai 5 milyar jiwa (*UNFPA, 1998*). Peningkatan populasi tersebut akan berpengaruh pada tingginya permintaan hunian baru dan bangunan komersial lainnya, sehingga memberikan dampak pada penggunaan energi bangunan yang tinggi, baik untuk pelayanan, operasional maupun untuk kenyamanan termal. Kondisi ini merupakan realita masa kini, dimana setiap bangunan yang kita jumpai senantiasa menggunakan sistem pengkondisian udara (AC) dalam operasionalnya untuk mencapai kenyamanan huni. Pengembangan bangunan baru memang tidak bisa dihindari seiring dengan pertumbuhan penduduk, tetapi masalah yang lebih penting akan muncul, seperti konsumsi sumber daya energi semakin tinggi, peningkatan suhu lingkungan sekitar hingga terjadinya pemanasan global. Untuk itu, perencana bangunan seharusnya dapat bersikap arif dan bijaksana dalam mengambil keputusan rancangannya.

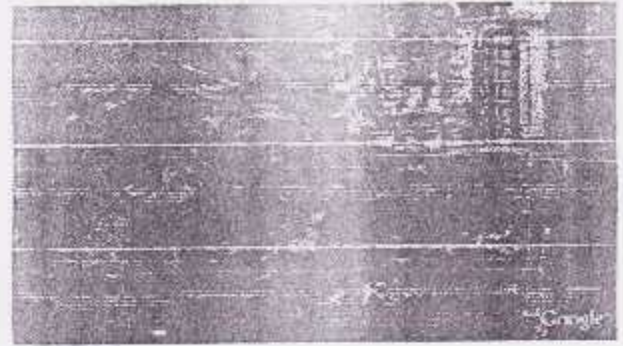
Rancangan pasif (*Passive design*) merupakan alternatif desain yang dapat diwujudkan dalam bangunan dalam rangka

penghematan energi bangunan, seperti material yang digunakan mampu mereduksi panas terutama pada kulit bangunan, detail fasade, tinggi (lantai, bukaan, atap), tipe, jenis dan ukuran bukaan serta orientasi bangunan. Kajian ini khusus membahas tentang rancangan orientasi bangunan yang merupakan salah satu konsep rancangan pasif (*passive design*) dan pengaruhnya terhadap kenyamanan termal manusia sebagai pengguna bangunan tersebut.

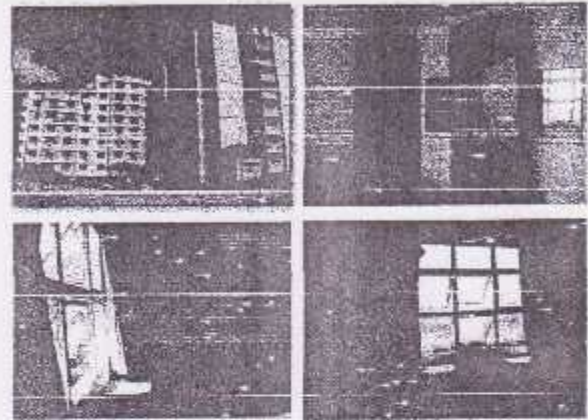
Sehubungan dengan kenyamanan termal manusia, (*Fanger*), mendefinisikan 'kenyamanan' sebagai kondisi pikiran, yang menyatakan kepuasan terhadap lingkungan termal. Ini berarti, kenyamanan manusia tergantung pada lingkungan dan sebagian pada penghuni. Demikian juga (*David Adler*), dalam karyanya tentang kenyamanan termal, menyatakan bahwa lingkungan yang nyaman akan diproduksi oleh suhu udara, suhu permukaan sekitarnya, kelembapan atmosfer dan gerakan udara yang berada dalam batas yang dapat diterima. Hal ini berarti kenyamanan dan sensasi ketidaknyamanan tergantung pada efek gabungan dari faktor-faktor tersebut di atas. Dari penjelasan pendapat ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk mencapai kenyamanan termal sangat dipengaruhi

oleh lingkungan sekitarnya, seperti suhu, kelembapan, radiasi panas matahari dan kecepatan angin serta penghuni bangunan.

Bangunan yang menjadi objek studi kasus yaitu salah satu bangunan Asrama Mahasiswa Universiti Sains Malaysia yang terletak pada posisi 5°21'21.10" Lintang Utara dan 100°17'21.08" Bujur Timur di Pulau Pinang Malaysia. Bangunan tersebut memiliki 10 (sepuluh) lantai, 456 kamar tidur dan dihuni oleh beberapa kelompok etnis, yaitu Melayu, Cina, Arab, India dan beberapa etnis lainnya. Kajian diarahkan pada ruang tidur mahasiswa yang memiliki 4 (empat) arah orientasi, yaitu Barat Laut, Barat Daya, Timur Laut Dan Tenggara. Setiap kamar tidur memiliki perabotan berupa tempat tidur, lemari, meja dan rak buku serta ditempati oleh 2 orang mahasiswa. Dimensi ruang tidur rata-rata 4,80m x 4,10m, memiliki bukaan alami berupa jendela kusen aluminium dan kaca *rayben* dengan ketebalan 5mm serta dimensinya 1,80m x 1,20m. Dinding bangunan menggunakan pasangan bata 118 mm, plasteran luar dalam 18 mm dan ditutup dengan cat berwarna biru, merah muda dan putih.



Gambar.1 Letak Objek Studi Kasus
Sumber: Peta Goggle 2009



Gambar.2 Suasana Lingkungan Bangunan dan Kondisi Ruang Uji (Ruang Tidur)
Sumber: Hasil Survei Lapangan 2010

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Geografi dan Iklim Global Malaysia

Malaysia terletak pada koordinat geografis 2° 30'N, 112° 30'E, dengan luas tanah 328.550 km² dan 1.200 km² Air, terbagi atas Malaysia Barat (Semenanjung) dan Malaysia Timur (Sabah dan Sarawak). Malaysia memiliki iklim panas lembab dengan suhu pada daerah dataran rendah berkisar antara 29 °C - 35 °C pada siang hari dan 26 °C - 29 °C pada malam hari. *Hu dan Lim* (1983), menyelidiki radiasi matahari dan durasi sinar matahari untuk total 14 stasiun di Semenanjung Malaysia, menemukan bahwa rata-rata radiasi sinar matahari 16,4-21,7 MJM², terendah di bagian Johor Selatan yaitu dibawah 16 MJM² dan tertinggi di wilayah Pulau Pinang dan sebagian Sabah Timur yaitu lebih dari 22,0 MJM². *Abdul Majid*, (2007) menyimpulkan, kelembapan relatif berkisar 74-86% dan kecepatan angin 1,5 m/dtk - 8m/dtk. Kondisi kecepatan angin dan variasi hembusan memberikan keuntungan pada perencanaan bangunan pasif.

2.2 Orientasi Bangunan

Orientasi bangunan adalah arah hadapan bangunan dalam suatu kawasan,

terbagi atas 8 (delapan) arah, yaitu: Utara, Barat, Timur, Selatan, Tenggara, Timur Laut, Barat Laut dan Barat Daya. Dalam rancangan pasif, pola hadapan bangunan memberikan dampak positif dan negatif. Hal ini disebabkan oleh bangunan pasif cenderung memanfaatkan potensi alamnya untuk mencapai kenyamanan termal. Pertimbangan yang diperlukan adalah orientasi matahari dan angin. Pada perencanaan bangunan baru, orientasi bangunan ke arah barat - timur sebaiknya dihindari untuk perlindungan dari radiasi matahari secara langsung pada siang hari. Matahari memberikan keuntungan untuk pencahayaan alami pada siang hari, namun juga memberikan efek panas jika salah dalam perancangan, sehingga hal ini dapat berpengaruh terhadap kenyamanan termal. Kondisi arah angin sangat variatif, baik kecepatan maupun arah datangnya angin, sehingga diperlukan pengukuran dan analisis angin secara mendalam dalam kurun waktu tertentu untuk dapat merumuskan kebijakan arah orientasi bangunan.

Azizah Kasim (2008), melakukan sebuah studi tentang lingkungan di bawah program Kerjasama Malaysia - Denmark, tentang peluang efisiensi energi untuk bangunan hotel di Malaysia. Kesimpulan yang dapat diambil dari kajiannya adalah

perancang bangunan harus berusaha untuk membatasi jumlah jendela dan dinding pada area sebelah timur dan barat. Bangunan yang memanjang pada sumbu barat-timur rata-rata menggunakan pengkondisian udara (AC) 60% sampai 70% untuk mencapai kenyamanan termal dan sebaliknya pada arah utara dan selatan penggunaan energi untuk kenyamanan termal lebih rendah yaitu berkisar 20% sampai 40%.

2.3 Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang melingkupinya, seperti panas, dingin, lembab basah dan lembab kering. Kesetimbangan termal perlu dijaga dalam rangka perwujudan rancangan pasif, dengan mengetahui proses terjadinya pertukaran panas dari lingkungan luar ke dalam bangunan, yaitu konduksi, konveksi, radiasi dan evaporasi. Faktor utama yang mempengaruhi kenyamanan lingkungan dalam bangunan adalah: suhu udara, suhu permukaan sekitarnya, kelembaban, radiasi matahari dan gerakan udara serta kecepatan udara.

Ada dua metode yang sering digunakan untuk penilaian kenyamanan penghuni dalam lingkungan yang dibangun, yaitu: metode laboratorium dan metode lapangan. Metode laboratorium

adalah metode yang dilakukan pada suatu ruang termal pada area laboratorium, dimana para peneliti menciptakan parameter lingkungan untuk jangka waktu tertentu dan mengendalikan subjek seperti pakaian dan kegiatan untuk mendapatkan kondisi yang sesuai untuk penelitian. Sedangkan metode lapangan dilakukan pada lingkungan yang sebenarnya di mana parameter lingkungan yang selalu berubah. Kondisi dan subjek tidak dapat diprediksi karena tidak ada pengaturan yang baik antara peneliti dan subjek, seperti: aktivitas dan pakaian yang dipakai selama penelitian. Metode ini dilakukan dengan pengukuran langsung pada bangunan yang menjadi objek kasus.

Gwilliam dan Jones (2002), Lingkungan kenyamanan termal adalah suatu kondisi yang tidak terlalu hangat atau terlalu dingin atau termal netral. Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi sensasi penghuni pada daerah yang beriklim lembab panas, yaitu suhu udara dalam ruangan, rata-rata radiasi matahari (*MRT*), kelembapan dan gerakan udara. Di sisi lain (*Meredith, 2004*) mengungkapkan bahwa ada faktor individu manusia yang berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan termal, seperti: pakaian yang digunakan (*Clo Value*) dan aktivitas (*Metabolic Rate*). Tabel berikut, menjelaskan

rekomendasi kenyamanan termal bagi daerah beriklim tropis

Temperatur bangunan	25,5°-27°C
Perbedaan temperatur	1°C
Konveksi angin	0,1 - 0,25m/s
Pakaian	0,5clo
Kelembaban	55 - 70%

Tabel 2.1 Rekomendasi kenyamanan termal bagi daerah iklim Tropis (CIBSE)
Sumber: CIBSE Guide (1986)

(Koenigsberger et al), Temperatur udara disebut juga suhu rata-rata sebuah ruangan yang dapat diukur dengan menggunakan *thermometer*. Manusia sebagai pengguna bangunan memiliki suhu tubuh/kulit normal yaitu 33,5 °C. (Ku Hassan, KA) Suhu rata-rata minimum dan maksimum di Semenanjung Malaysia adalah antara 23 °C hingga 32 °C. Berikut suhu rata-rata kenyamanan bagi etnis Malaysia, seperti tabel di bawah ini:

No	Group	Current Temperature (°C)	Comfort Range (°C)
1	Malay male	28.8	23.3 - 32.1
2	Chinese male	27.3	21.2 - 30.5
3	Malay female	28.7	21.4 - 32.1
4	Chinese female	27.9	21.8 - 30.8
5	Malay	28.4	21.8 - 31.2
6	Chinese	28.1	21.1 - 31.4
7	Malay	28.7	21.4 - 32.0
8	Chinese	27.6	21.7 - 30.7
9	Malayalee	28.2	23.0 - 31.8

Tabel 2.2 Suhu rata-rata kenyamanan untuk etnis Malaysia

Sumber: Abdul Shukor (1993)

Pancaran matahari yang menyinari bangunan secara langsung menimbulkan

radiasi panas, melalui proses konveksi, konduksi dan konveksi serta evaporasi. Penyerapan panas tersebut merupakan suhu radiasi yang diterima kulit bangunan dan disalurkan ke dalam bangunan. (Ku Hassan, KA), melakukan kajian tentang intensitas radiasi panas pada daerah yang beriklim lembab panas, dimana hasilnya menunjukkan bahwa bangunan yang terkena radiasi matahari secara terus menerus cenderung menggunakan pengkondisian udara untuk mencapai kenyamanan termal manusia.

Kelembaban udara dipengaruhi oleh penguapan, dimana udara dalam ruangan dengan suhu panas akan menimbulkan penguapan sehingga kelembapan meningkat. (Abdullah, MM), Pada suhu udara 20°C sampai 25°C tingkat kelembapan tidak mempengaruhi respon fisiologis dan sensorik. Namun pada suhu di atas 25°C terjadi respon kelembapan dengan meningkatnya kelembapan kulit manusia, suhu kulit, dan tingkat keringat. Daerah yang beriklim lembab panas memiliki kelembapan relatif yang tinggi. Kelembapan tinggi menyebabkan ruangan semakin tidak nyaman, untuk menyiasatinya dapat dilakukan dengan meningkatkan pergerakan udara dengan membuat lubang ventilasi udara keluar-masuk, sehingga proses penguapan tidak

csi,
asi.
can
ran
Ku
ng
ng
ya
ng
rus
can
pai

leh
gan
can
cat.
°C
lak
lan
i°C
gan
sia,
rah
liki
ggi.
gan
tuk
gan
gan
tar-
lak

akan terjadi. Situasi lebih buruk pada malam hari ketika kelembapan lebih tinggi dari siang hari karena kecepatan aliran udara relatif rendah (Ku Hassan, KA).

Pergerakan udara dipengaruhi oleh kecepatan dan arah masuk-keluar bangunan. Peningkatan kecepatan udara akan menghasilkan kehilangan panas lebih besar dalam ruangan, sehingga suasana ruangan lebih nyaman. Pada suhu udara yang tinggi, ada nilai optimum dari gerakan udara di mana gerakan udara menghasilkan pendinginan tertinggi (Abdullah, MM). Pengurangan kecepatan udara di bawah tingkat ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan tubuh.

Pakaian adalah penutup tubuh, digunakan sebagai adaptasi manusia dari iklim, baik panas maupun dingin. Dalam uji kenyamanan termal, pakaian yang digunakan manusia ikut mempengaruhi tingkat kenyamanan seseorang. (Fanger) Nilai pakaian atau sering disebut *Clo Value* berada di kisaran 0,3 hingga 0,5 Clo. Namun, menurut (Koenigsberger et al) hubungan kegiatan manusia dan pakaian yang digunakan dapat dijelaskan seperti tabel berikut 2.3 di bawah ini;

Activity	Kecepatan (m/s)	Temperatur Efektif (°C)
Duduk	0,6	21
	1,1	24
	1,6	27
	2,1	30
	2,7	33
Berdiri	0,7	24
	1,2	27
	1,7	30
Laju-walk	0,2	25
	0,4	26
	0,6	27

Tabel 2.3 Kegiatan, Pakaian dan Air Temperatur
Sumber: Koenigsberger et al (1973)

Aktivitas tubuh menentukan tingkat metabolisme produksi panas. Tabel berikut menjelaskan tingkat metabolisme tubuh manusia untuk beberapa kegiatan umum, yaitu:

Activity	Metabolisme Dasar		
	18 W/m ²	20 W/m ²	22 W/m ²
Resting	41	0,7	71
Sitting	58	1,0	110
Laju-walk	75	1,3	140
Heavy work	230	4,1	440

Tabel 2.4 Tingkat metabolik Beberapa Kegiatan Umum
Sumber: Koenigsberger et al (1973)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Metodologi penelitian yang dilakukan dengan survey dan pengukuran kondisi temperatur, kelembapan dan kecepatan angin serta membagi kuesioner kepada penghuni bangunan studi kasus untuk mengetahui aktivitas dan pakaian yang digunakan ketika berada pada ruangan uji. Hasil dari kuesioner diolah dengan

Microsoft excel 2007 dan investigasi lapangan akan analisis dan dibahas untuk menemukan jawaban pengaruh orientasi terhadap kenyamanan termal manusia. Analisa hasil pengukuran menggunakan program kenyamanan termal, yaitu ASHRAE Thermal Comfort IV.0



Gambar 3.1 Tampilan program ASHRAE Thermal Comfort IV.0

Sumber: *Ashrae RP 781*

3.2 Peralatan yang akan digunakan

Beberapa peralatan akan digunakan untuk penelitian ini, yaitu:

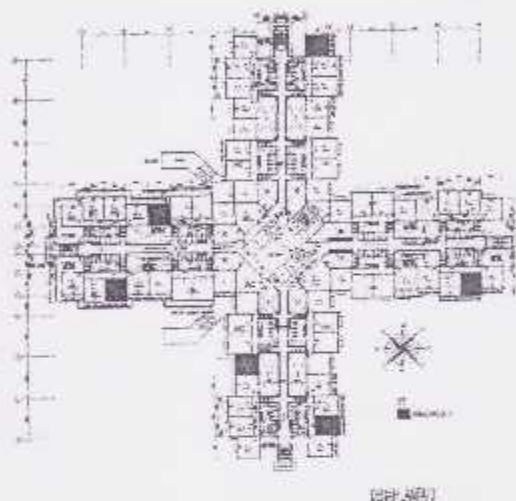
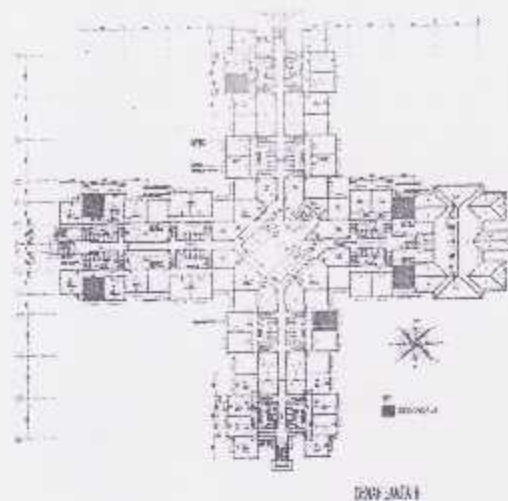
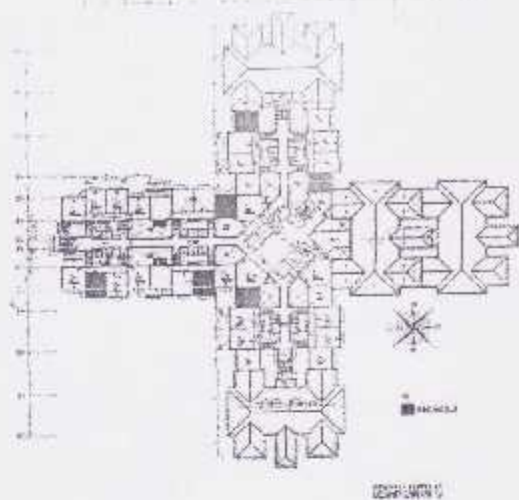
1. Pocket Hygro-Thermo-Anemometer,
Alat ini digunakan untuk mengukur suhu udara dan kecepatan udara
2. Whirling Hygrometer;
Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan.

3.3 Tahapan dan Teknis Pelaksanaan

Metodologi penelitian akan menggunakan prinsip kuantitatif dan analisis deskriptif terhadap studi kasus. Ada beberapa tahapan dan teknis penelitian yang dilaksanakan, yaitu:

1. Pengelompokan tingkatan bangunan, yaitu tingkat rendah, sedang dan tinggi, yaitu lantai 3 mewakili tingkat rendah, lantai 6 mewakili tingkat sedang dan lantai 10 mewakili tingkat tinggi
2. Pengukuran yang dilakukan pada setiap ruang uji adalah temperatur udara, kecepatan angin dan kelembapan udara.
3. Jumlah total pengukuran 18 sampel, diukur setiap hari selama 3 bulan pada 3 (tiga) waktu, yaitu: pada pagi hari, jam 08.00-08.30 Wib, siang hari, jam 12.00-12.30 Wib dan sore hari, jam 16.00-16.30 Wib
4. Setiap lantai ruang yang di uji, dipilih 6 (enam) ruang berdasarkan perbedaan orientasinya.

Gambar berikut menjelaskan posisi ruangan yang di uji berdasarkan perbedaan orientasi bangunan.



Gambar 3.2 Denah ruang yang di uji
 Sumber: HBP School, Universiti Sains Malaysia, 2010

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bangunan yang objek studi kasus adalah asrama mahasiswa putra, didominasi oleh etnis melayu dengan kategori usia 21 - 30 tahun. Kegiatan mahasiswa di dalam ruangan uji, yaitu membaca, menulis, diskusi dan tidur dalam rentang waktu domisili setiap harinya 12-18 jam. Pakaian yang mereka gunakan umumnya baju lengan pendek dan celana panjang selama di kamar tidur. Nilai *Clo value* dapat dilihat pada table di bawah ini.

Gender	Batas	AP	Orientasi	Clo Value	Mean Clo Value	
Male	Atasan	1	Atas's body	0,64	0,44	
			Short sleeve	0,27		
		2	Atas's body	0,64		
			Short sleeve	0,27		
		Bahan	1	Atas's body		0,64
				Short sleeve		0,27
	2		Atas's body	0,64		
			Short sleeve	0,27		
	Celana		1	Atas's body		0,64
				Short sleeve		0,27
		2	Atas's body	0,64		
			Short sleeve	0,27		

Tabel 4.1 Nilai Clo penghuni
Sumber: Hasil analisis, 2010

Berdasarkan tabel nilai pakaian yang digunakan mahasiswa di atas, dapat disimpulkan batas tertinggi dan terendah yaitu 0,65 dan 0,19 Clo. Untuk menentukan indikasi termal pengguna, diambil pertambahan nilai tertinggi dan nilai terendah, seperti penjelasan tabel di bawah ini:

	Male		Mean
	Ranges		
Clo Value	0,19	0,65	0,42

Tabel 4.2 Nilai Batas Clo Value
Sumber: Hasil analisis, 2010

Kompilasi data hasil pengukuran sampel studi kasus dapat dijelaskan pada tabel di bawah ini,

TEMPERATUR UDARA	WAKTU	ORIENTASITIMURLAUT			LANTAYANGTUMBU		
		08.00-08.30 Timur Laut	12.00-12.30 Timur Laut	04.00-04.30 Batas Daya	08.00-08.30 Lantai 1	12.00-12.30 Lantai 2	04.00-04.30 Lantai 3
Tempat Data		29,95	29,77	28,10	28,45	29,85	30,47
KESIMPULAN	WAKTU	08.00-08.30 Tenggara	12.00-12.30 Batas Daya	04.00-04.30 Tenggara	08.00-08.30 Lantai 1	12.00-12.30 Lantai 2	04.00-04.30 Lantai 3
	Tempat Data	3,25	1,00	1,48	1,10	1,07	1,17
KELEMBAPAN	WAKTU	08.00-08.30 Batas Laut	12.00-12.30 Batas Daya	04.00-04.30 Batas Laut	08.00-08.30 Lantai 1	12.00-12.30 Lantai 2	04.00-04.30 Lantai 3
	Tempat Data	61,7	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5

Tabel 4.3 Kompilasi data pengukuran
Sumber: Hasil analisis, 2010

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa,

1. Temperatur udara;
Pada pagi hari (08.00-08.30 wib) dan siang hari (12.00-12.30 wib),temperatur udara tertinggi terjadi pada orientasi Timur Laut dengan rata-rata 28,95 °C dan 29,75°C dan terendah pada orientasi Tenggara dengan rata-rata 28 dan 28,88°C. Pada sore hari hari

(16.00-16.30 wib), temperatur udara tertinggi terjadi pada orientasi Barat Daya dengan rata-rata 31,15 °C dan terendah pada orientasi Tenggara dengan rata-rata 29,50 °C.

2. Kecepatan angin:

Pada pagi hari (08.00-08.30 wib) dan sore hari (16.00-16.30 wib) kecepatan angin tertinggi terjadi pada orientasi Tenggara dengan rata-rata 1,25 m/dtk dan 1,40 m/dtk dan terendah pada orientasi Barat Laut dan Barat Daya, yaitu 0,54 m/dtk, 0,43m/dtk dan 0,45m/dtk pada sore hari.

3. Kelembapan:

Kelembapan tertinggi terjadi pada orientasi barat laut pada pagi hari, barat daya pada siang hari dan tenggara pada sore hari, berkisar antara 78,88%-70,38%. Kelembapan terendah terjadi pada orientasi timur laut pada pagi hari, yaitu 74,08%, tenggara pada siang hari, yaitu 69% dan Barat daya pada sore hari yaitu 68%

Untuk mendapatkan sensasi kenyamanan termal penghuni pada ruang uji, hasil kompilasi data pengukuran dan kuesioner diolah dengan program

ASHRAE Thermal Comfort Program IV.0. Hasilnya menunjukkan bahwa, terjadi perbedaan temperature efektif (ET), standar efektif temperature (SET), sensasi termal (TSENS), DISC, PMV dan PPD seperti Tabel di bawah ini.

	Tenggara		Barat Daya		Timur Laut		Barat Laut			
	Clo Value	Min a/c	Clo Value	Min a/c	Clo Value	Min a/c	Clo Value	Min a/c		
ET*	0,33	0,65	0,46	0,7	0,65	0,46	0,7	0,65	0,46	
SET*	22,5	22,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	
TSENS	22,5	22,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	
DISC	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
PMV	0,17	0,16	0,76	1,5	1,19	0,7	1,06	1,17	1,36	1,57
PPD (%)	97	97	81	35	38	49	34	9	44	29
PD (%)	97	97	81	35	38	49	34	9	44	29
TS	22,5	22,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5

Table 4.4 Kompilasi Temperatur netral, clo value, PMV and PPD berdasarkan perbedaan orientasi
Sumber: Hasil analisis, 2010

Hasilnya mengindikasikan bahwa arah orientasi tenggara memiliki tingkat kenyamanan lebih baik dari pada orientasi Timur Laut, Barat Laut dan Barat Daya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Orientasi bangunan memberikan pengaruh terhadap kenyamanan termal

2. Orientasi bangunan harus dipertimbangkan dalam rancangan pasif dengan melakukan identifikasi arah dan kecepatan angin hingga masuk ke dalam bangunan.
3. Berdasarkan beberapa arah orientasi yang di uji, arah tenggara memiliki kenyamanan yang lebih baik dari orientasi lainnya
4. Perbedaan orientasi dan tingkatan bangunan memberikan pengaruh kepada kenyamanan termal dan nilai pakaian serta aktivitas pengguna.
5. Kondisi lingkungan luar bangunan memberikan pengaruh terhadap temperatur, kelembapan, sirkulasi angin dan radiasi matahari dalam bangunan.

Berpedoman pada hasil penelitian ini, dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian lain yang dapat dilakukan dalam topik ini adalah dampak dari fasade, material, rasio jendela terhadap dinding dan landskap untuk kenyamanan termal manusia dalam rancangan pasif.
2. Penelitian ini dapat dilakukan dalam jangka waktu yang lebih lama dan juga di identifikasi kondisi temperatur, kelembapan dan kecepatan angin pada waktu malam hari untuk menemukan

kenyamanan penuh waktu untuk bangunan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M.M., *Thermal Performance and Design of Building in the Sub-Tropical Dry Climate with particular reference to Damascus*, Ph D Thesis, UWIST, 1985

Abdulshukor, A.M., *Human Thermal Comfort in Tropical Climates*, Ph D Thesis UCL, 1993, Institute of Malaysia Service Engineers

Abdulshukor, A.M., *Human Thermal Comfort in Tropical Climates*, PhD thesis UCL, 1993

Abdul Malik Abdul Rahman et al., "Toward A Low-Energy Building Design for Tropical Malaysia" Penerbit USM 2009

Adler, D., *Thermal Comfort, New Metric Handbook*, The Architectural Press London, 1981, pp 381-401

ASHRAE Standard 55: thermal environmental conditions for human occupancy, America society of heating,

refrigerating and air conditioning engineers, 1992.

Azizah Kasim, 2008, "Energy efficiency Opportunities for hotels", available through: <http://eib.ptm.org.my/>

CIBSE Guides, Chartered Institute of Building Services Engineers Guides (CIBSE), Vol A Design Data, London, 1986

Fanger, P.O., *What makes Peoples Accept a Thermal Environment as Comfortable?*, Solar energy Application in the design of Building, Applied Sc Pub Ltd, London, 1980, pp 13-31

Koeningsberger et al., *Manual of Tropical Housing and Building Part 1 Climatic Design*, Longman, London 1973

N.H. Wong, S. Li, 2007, "A Study of the effectiveness of passive climate control in naturally ventilated residential buildings in Singapore", *Building and Environment* 42, pp. 1395-1405.