



Kajian Kenyamanan Termal Ruang Dalam Pada Rumah Tinggal Sederhana

M.Y.Noorwahyu Budhyowati

Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, Tondano, Indonesia
Email : mynoorwahyub@yahoo.com

Abstrak

Tulisan ini menjelaskan tentang kenyamanan termal ruang dalam sebagai bagian dari prinsip-prinsip kenyamanan dalam desain arsitektur, dengan menguji tingkat kenyamanan termal ruang dalam yang dapat berpengaruh terhadap tercapainya fungsi rumah itu sendiri. Pengambilan data dilakukan di ruang keluarga, yang dianggap dapat mewakili ruang lain dan sebagai ruang yang paling sering digunakan sebagai tempat berkumpulnya seluruh anggota keluarga. Penelitian dilakukan dengan mengukur suhu udara kering (DBT), kelembaban udara (RH) ruang dalam, kecepatan angin, metabolisme tubuh, dan isolasi pakaian, untuk mengetahui kenyamanan termal ruang dalam berdasarkan perolehan temperatur efektif ruang dalam dengan menggunakan program CBE Thermal Comfort Tools. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh Standard Effective Temperature (SET) menunjukkan angka 24.1°C dengan demikian memenuhi standar kenyamanan termal di Indonesia (SNI 03-6572-2001) kategori nyaman optimal (Temperatur Efektif, TE) yaitu 22.8°C – 25.8°C. Meskipun rumah yang diteliti menggunakan material Batako Berlubang sebagai material dasar dinding dan Seng BJLS pada atap, yang sebenarnya memiliki nilai transmitan (U-Value) yang besar namun karena orientasi bangunan, pemanfaatan kontur, dan pengolahan bentuk bangunan dengan sistem pembayangan luar (exterior shading), strategi mendinginkan dan mengalirkan angin ke bangunan, bentuk, ukuran, dan posisi bukaan yang baik memungkinkan terjadinya sistem penghawaan alami yang baik, sehingga temperatur efektif ruang dalam rumah tersebut cukup nyaman dan dimungkinkan terjadinya aktivitas sehari-hari dengan baik karena memenuhi zona kenyamanan termal.

Kata kunci – kenyamanan termal, penghawaan alami, temperatur efektif

1 PENDAHULUAN

Rumah tinggal merupakan tempat yang paling indah untuk sebuah keluarga, sudah selayaknya rumah harus menjadi tempat yang nyaman, dan dapat menjadi tempat pemulihan energi, sumber inspirasi, tempat beristirahat dan bercengkrama antar anggota keluarga. Rumah yang demikian memungkinkan tumbuhnya manusia yang sehat, bahagia, dan berkualitas.

Untuk mencapai keadaan ini tentunya harus ditunjang dengan keadaan rumah itu sendiri, baik secara fisik, organisasi ruang yang baik, fasilitas, maupun psikologis dari para penghuni rumah. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kondisi kenyamanan termal ruang dalam rumah yang

didiarninya. Kondisi nyaman untuk sebuah rumah tidak lepas dari keadaan temperatur udara ruang dalam rumah itu sendiri. Karena tuntutan kenyamanan, maka penghuni yang kegerahan akan mencari tempat yang nyaman sehingga kadang-kadang malas untuk berada dalam rumah atau mengusahakan agar temperatur udara menjadi nyaman dengan menggunakan sistem penghawaan buatan sepanjang hari dengan biaya yang besar dan tidak hemat energi.

Untuk mengatasi kebutuhan tersebut maka diusahakan merancang rumah dengan sistem penghawaan alami yang memungkinkan tercapaianya kenyamanan termal dalam rumah, mengingat Indonesia yang beriklim tropis lembab, dengan perbedaan yang kurang jelas antara musim panas dan musim hujan, bahkan sering berlangsung lama antara kedua musim yang kadang bisa terjadi tumpang tindih musim. Radiasi matahari yang cukup tinggi sehingga suhu udara menjadi tinggi, kecepatan angin yang rendah (terutama pada pagi dan malam hari) sedangkan pada siang hari bertiup cukup kencang. Kelembaban udara tinggi (60-95%) menyebabkan kulit terasa lengket karena keringat yang menempel di kulit tidak leluasa menguap.

Rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah rumah yang ditempati sudah memenuhi standar kenyamanan termal?
2. Bagaimana cara mencapai kenyamanan termal ruang dalam?

Dari penelitian ini dapat diketahui:

1. Kenyamanan termal obyek yang diteliti
2. Mendapat cara yang baik untuk menjadikan rumah yang nyaman secara termal tanpa menggunakan sistem pengkondisian udara.

Manfaat penelitian:

1. Memperoleh rumah yang nyaman secara termal sebagai tempat berkumpulnya anggota keluarga
2. Penghematan biaya dan energi karena kenyamanan dapat dicapai tanpa menggunakan sistem pengkondisian udara (siang hari).

Penelitian dibatasi hanya terhadap pengkajian kenyamanan termal ruang dalam terhadap pemenuhan standar kenyamanan termal melalui sistem penghawaan alami.

2 DASAR TEORI

2.1 Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal adalah sebuah kondisi dimana secara psikologis, fisiologis, dan pola perilaku seseorang merasa nyaman untuk melakukan aktivitas dengan temperatur tertentu di sebuah lingkungan yang artinya temperatur udara tidak terlalu panas atau tidak terlalu dingin. Secara teori manusia memiliki kemampuan beradaptasi terhadap perubahan termal yang dibagi menjadi tiga kategori yaitu adaptasi pola perilaku, adaptasi fisiologis, dan adaptasi psikologis. Kenaikan temperatur disebabkan oleh beberapa sumber panas yaitu panas alam seperti panas matahari dan panas bumi, sumber panas biologis seperti manusia dan hewan, dan sumber panas mekanik elektrik seperti mesin, lampu, dan peralatan.

Kenyamanan termal tidak dapat diwakili oleh satu angka tunggal karena kenyamanan tersebut adalah perpaduan dari berbagai unsur seperti suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, pakaian yang dikenakan, dan aktivitas. Namun sebagai pedoman dasar, kenyamanan termal untuk daerah tropis lembab dapat dicapai dengan batas $24^{\circ}\text{C} < T < 26^{\circ}\text{C}$, $40\% < RH < 60\%$, $0,6\text{m/s} < V < 1,5 \text{ m/s}$, pakaian ringan dan selapis, dan kegiatan santai tenang. Pada iklim tropis

lembab yang suhu rata-ratanya cukup tinggi antara 27°C hingga 32°C, suhu 24°C sudah terasa sejuk (Satwiko, 2008:9).

Di Indonesia, Standar Kenyamanan Termal masih berdasarkan pada SNI 03-6572-2001 dengan Temperatur Efektif (TE) adalah sbb:

- Sejuk - Nyaman (TE) = 20.5°C – 22.8°C
- Nyaman Optimal (TE) = 22.8 °C – 25.8°C
- Hangat - Nyaman (TE) = 25.8 °C – 27.2°C

Temperatur efektif (*Effective Temperature*) merupakan variabel untuk menilai tingkat kenyamanan termal suatu ruang.

2.2 *Kalor dan Kenyamanan Tubuh Manusia*

Manusia secara normal berada pada kondisi seimbang berdasarkan pengaruh dari :

1. Nilai kuantitas kalor yang diproduksi didalam tubuh manusia, yang bervariasi menurut jenis atau tingkat aktivitasnya
2. Nilai kuantitas pertukaran kalor dengan lingkungannya.

Pertukaran kalor antara tubuh manusia dengan lingkungannya merupakan interaksi fisis antara tubuh dengan udara dan permukaan sekitar, terutama melalui cara-cara konveksi dan radiasi, dan konduksi.

Selain itu pakaian membentuk suatu lingkungan perantara antara manusia dengan lingkungan ambangnya. Dalam hal ini harus tercakup fenomena-fenomena berikut :

1. Pertukaran panas konvektif dan radiatif antara kulit dengan pakaian.
2. Pertukaran panas secara konduktif pada unsur bahan pakaian.

Khususnya untuk daerah yang beriklim tropis dan lembab, faktor debit keringat dan kebasahan kulit oleh keringat dinyatakan sebagai parameter dominan dalam penentuan tingkat kenyamanan termal manusia. Dalam tubuh manusia selalu terjadi proses biologis yang menghasilkan kalor. proses ini dinamakan metabolisme termis. (Sangkertadi, 2006)

2.3 *Faktor Rancangan Yang Mempengaruhi Aliran Udara*

Perbaikan Iklim Mikro (Lippsmeier, 1994)

1. Orientasi bangunan

Tiga faktor utama yang sangat menentukan bagi perletakan bangunan yang tepat:

- 1) Radiasi matahari dan tindakan perlindungan
- 2) Arah dan kekuatan angin
- 3) Topografi

2. Ventilasi silang

Ventilasi silang merupakan faktor yang sangat penting bagi kenyamanan ruangan, karena itu untuk daerah tropis basah posisi bangunan yang melintang terhadap arah angin utama lebih penting dibandingkan dengan perlindungan terhadap radiasi matahari. Orientasi yang baik adalah posisi yang memungkinkan terjadinya ventilasi silang selama mungkin. Jenis, posisi, dan lubang jendela pada sisi atas dan bawah angin dapat meningkatkan efek ventilasi silang. Pengudaraan ruangan yang kontinu berfungsi terutama untuk memperbaiki iklim ruangan. Udara yang bergerak menghasilkan penyegaran terbaik, karena dengan penyegaran terbaik terjadi proses penguapan, yang berarti penurunan temperatur pada kulit.

3. Perlindungan Matahari

Perlindungan terhadap matahari dapat dilakukan dengan :

- 1) Vegetasi
- 2) Elemen bangunan horisontal yang tidak tembus cahaya
- 3) Elemen bangunan vertikal yang tidak tembus cahaya

- 4) Kaca pelindung matahari
- 5) Pelembaban udara, air
- 6) Penyerapan dan pengisolasian panas

3 METODE PENELITIAN

3.1 *Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian*

Penelitian dilakukan di Manado, Perumahan Buha Griya permai Blok A 20 dalam waktu 1 bulan.

3.2 *Populasi dan Sampel Penelitian*

Teknik penentuan sampel dilakukan dengan teknik *Sampling Purposive* dimana teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono,2006:61).

3.3 *Metode Pengumpulan Data*

Pengumpulan data dilakukan sebagai berikut :

- 1) Mengadakan survey dengan mengambil data terhadap suhu luar dan dalam, kelembaban relatif, kecepatan angin, bentuk denah dan bangunan, luas dan bentuk buaan. Data suhu dan kelembaban dengan menggunakan *Thermohygrometer*.
- 2) Studi literatur untuk teori-teori kenyamanan termal
- 3) Wawancara dengan penghuni rumah

3.4 *Metode Analisis Data*

Penelitian dilakukan dengan mengukur suhu udara kering (DBT), kelembaban udara ruang dalam (RH), kecepatan angin, metabolisme tubuh dan isolasi pakaian penghuni ruang, untuk mengetahui Standar Effective Temperature (SET). Pengukuran kenyamanan termal dengan menggunakan program *CBE Thermal Comfort Tools*. Standar kenyamanan termal ruang menggunakan Standar Kenyamanan Termal di Indonesia yaitu SNI 03-6572-2001.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Tinjauan Obyek*

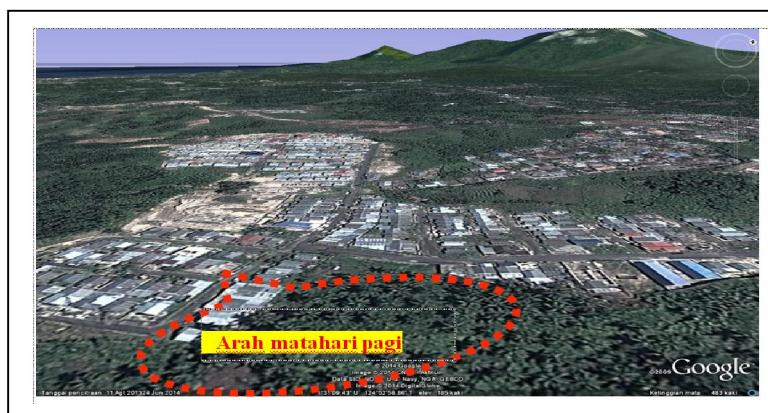
Obyek yang diteliti adalah sebuah rumah tinggal yang berada di kompleks perumahan dengan keadaan muka tanah berkontur. Vegetasi lingkungan masih cukup banyak. Dinding terbuat dari batako berlubang dengan penutup atap terbuat dari seng BJLS. Orientasi bangunan menghadap ke Timur Laut, ketinggian bangunan dari jalan masuk sekitar 2 m. Gambaran obyek pada gambar 1,2, dan 3.



Gambar 1. Rumah yang diteliti

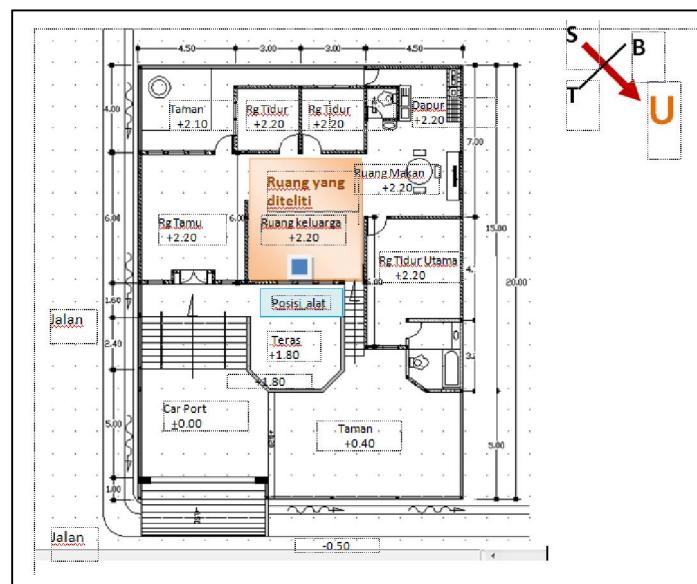


Gambar 2. Arah angin utama



Gambar 3. Arah matahari pagi

4.2. Analisa



Gambar 4. Denah rumah yang diteliti

Keadaan iklim dalam ruangan tergantung pada keadaan iklim di luar ruangan. Bila terdapat perbedaan suhu udara di luar ruangan dan suhu udara di dalam ruangan, maka suhu permukaan

bidang pun menjadi berbeda dan menyebabkan terjadinya perpindahan panas didalam komponen pembatas ruang, baik pada dinding ataupun pada atap bangunan (selubung bangunan). Apabila udara luar lebih panas dari udara dalam, maka terjadi arus perpindahan panas dari luar ke dalam ruang melalui komponen pembatas ruang. Besarnya perpindahan panas tergantung pada konduktivitas dari bahan komponen pembatas. Jika konduktivitas bahan komponen pembatas besar maka panas yang dialirkan pun menjadi besar, sebaliknya jika konduktivitas bahannya kecil maka kecil pula panas yang dialirkan.

Material bahan dasar dinding dan atap bangunan yang diteliti yaitu Batako Berlubang untuk dinding dan Seng BJLS untuk atap memiliki nilai konduktivitas yang tinggi sehingga nilai transmitannya (U-Value) juga tinggi seperti terlihat pada Gambar 5.

Dinding Batako Berlubang	KONSTRUKSI	d	k	R=d/k	U=1/R	Absorpsi
		m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K	a
	1. Permukaan luar 2. Plesteran 2 cm 3. Batako berlubang 10 cm 4. Plesteran 2 cm, 5. Permukaan dalam	0.020 0.100 0.020	0.900 1.110 0.900	0.022 0.090 0.022	0.050 0.090 0.120	0.58
	Total	0.140		0.305	3.284	

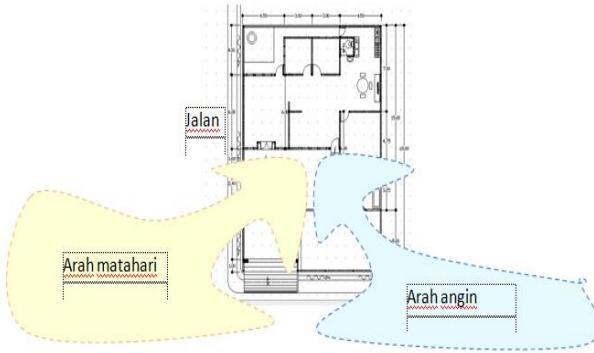
Atap Miring	KONSTRUKSI	d	k	R=d/k	U=1/R	Absorpsi
		m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K	a
	1. Permukaan luar 2. Seng gelombang BJLS 3. Udara sisi bawah atap 4. Platond tripleks 0.4 cm 5. Permukaan dalam	0.004 0.004	110.000 0.120	0.00004 0.033	0.018 0.103 0.149	0.83
	Total			0.305	3.279	

Gambar 5. Nilai transmitan dari dinding dan atap rumah yang diteliti

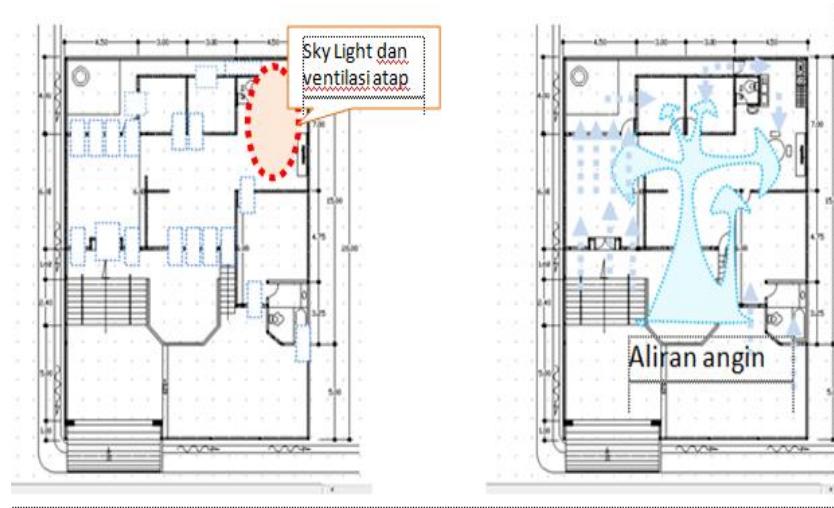
Dengan Nilai Transmision yang demikian, sudah tentu bangunan tersebut memiliki suhu ruang dalam yang tinggi. Namun pada kenyataannya, kenyamanan termal pada bangunan tersebut termasuk dalam kategori nyaman berdasar pengukuran dan yang dirasakan saat survey. Hal ini terjadi karena perencanaan yang baik pada bangunan terutama tercapainya sistem penghawaan alami.

4.2.1 Orientasi, Arah Angin, dan Ventilasi

Bangunan yang diteliti berada di sudut jalan dengan ketinggian bangunan sekitar 2m diatas permukaan jalan dan berorientasi kearah Timur Laut yang sangat memungkinkan untuk mendapat cahaya matahari pagi yang melimpah tanpa halangan, juga arah angin yang berhembus dari arah utara tanpa halangan sehingga sangat memungkinkan dimanfaatkan untuk sistem penghawaan alami bangunan dengan sistem ventilasi silang. Hal ini memungkinkan terjadinya proses pendinginan suhu secara alami seperti pada Gambar 6 dan 7.

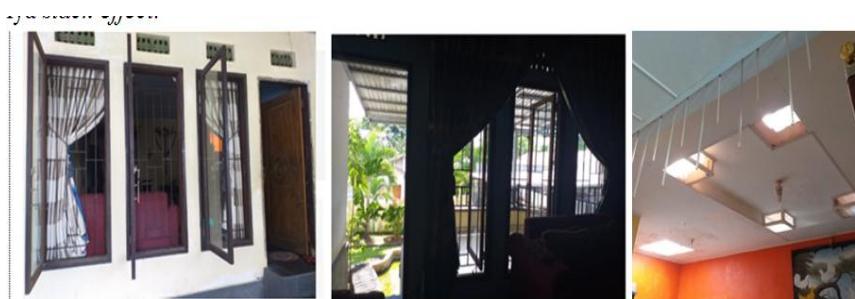


Gambar 6. Bangunan memungkinkan mendapat cahaya matahari pagi dan aliran angin yang baik



Gambar 7. Pola aliran angin ruang dalam

Luas bukaan pada ruang yang menghadap arah angin utama adalah inlet $5,46\text{m}^2$ dengan outlet $9,6\text{m}^2$ dan $7,6\text{ m}^2$ sehingga memungkinkan terjadinya aliran angin dalam ruangan yang dapat mendinginkan ruang dalam dan mengurangi kelembaban udara ruang dalam. Desain bukaan rumah yang ada memungkinkan terjadinya sistem ventilasi silang, juga dengan adanya *sky light* dengan ventilasi atas dibagian ruang lain yang terbuka dengan ruang keluarga memungkinkan terjadinya *stack effect* seperti terlihat pada Gambar 8 dan Tabel 1.



Gambar 8. Bentuk bukaan dan skylight dengan ventilasi

Tabel 1. Ukuran Dan Letak Bukaan

Ruang	Bukaan	Ukuran	Tinggi buaan (dari muka lantai)	Tipe buaan
Ruang Keluarga	1	1.19 m ²	0.3 m	A
	2	1.19 m ²	0.3 m	A
	3	1.19 m ²	0.3 m	A
	4	1.89 m ²	0 m	A
	5	9.6 m ²	0 m	B
	6	7.36 m ²	0 m	B
	7	1.89 m ²	0 m	B
	8	1.89 m ²	0 m	B
	9	0.32 m ²	2.3 m	A

Cat: Tipe A. Bukaan yang berhubungan langsung dengan ruang luar

Tipe B. Bukaan yang berada di bagian dalam ruang

Pendinginan suhu dimungkinkan dengan adanya teras beratap yang luas yang berfungsi sebagai naung atau pembayangan luar (*exterior shading*) yang dapat menghalangi sinar matahari siang hari masuk secara langsung ke dalam rumah tetapi bentuknya dapat memasukkan sinar matahari sampai jam 09.00. Bentuk teras yang terbuka, membentuk lorong angin sehingga aliran angin masuk ke dalam rumah. Atap teras lain dengan bentuk berundak memungkinkan aliran angin ke teras sehingga strategi penangkapan angin dapat dilakukan untuk pemaksimalan sistem ventilasi alami seperti tampak pada gambar 9.



Gambar 9. Bentuk teras yang terbuka dan atap berundak

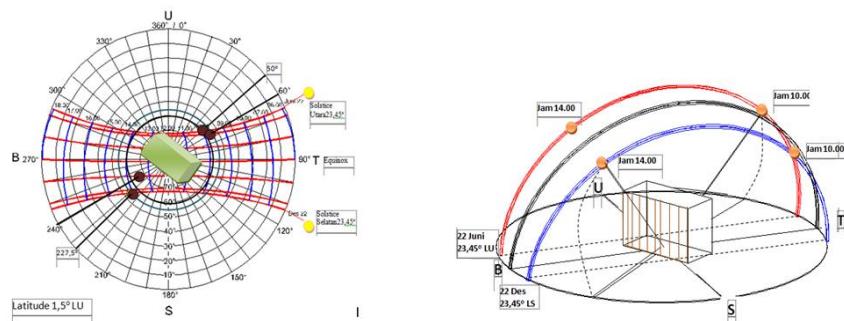
Hal ini ditambah lagi dengan adanya hamparan rumput dan kolam ikan yang cukup luas di bawah teras dengan tangga menuju pintu ruang keluarga yang memungkinkan pendinginan angin yang bersuhu panas oleh air kolam sehingga udara dingin berhembus mengalir masuk ke dalam rumah, banyaknya vegetasi juga turut mendinginkan suhu luar rumah. Terlihat pada gambar 10.



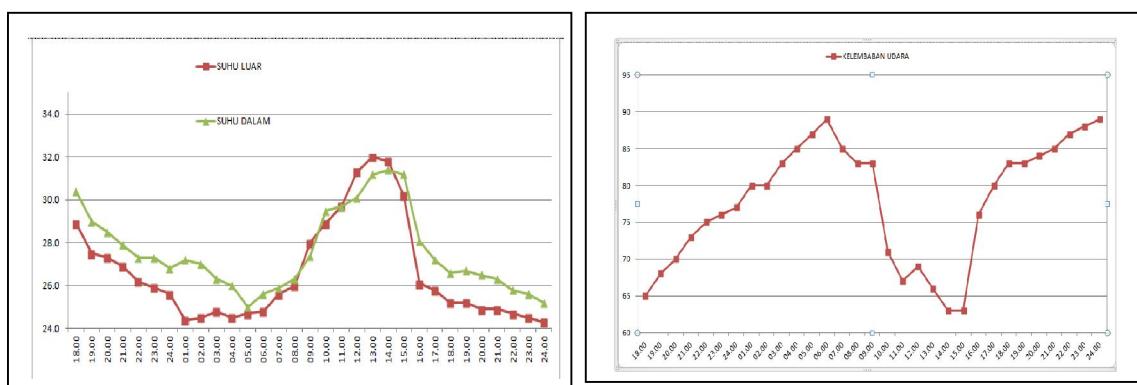
Gambar 10. Kolam ikan dan hamparan rumput

4.2.2 Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara

Letak Kota Manado berada di $1,5^{\circ}$ Lintang Utara, berdasar Diagram Lintasan Matahari kota Manado cenderung mendapat sinar matahari lebih lama pada saat posisi matahari berada di belahan bumi utara. Pengukuran dilakukan pada bulan Juni pada saat matahari berada pada posisi *solstice* utara. Data hasil pengukuran yang diambil adalah yang memiliki rata-rata suhu terpanas, terlihat pada Gambar 11, 12. dan Tabel 2.



Gambar 11. Diagram lintasan matahari kota manado latitude $1,5^{\circ}$ L



Gambar 12. Grafik suhu dan kelembaban udara

Tabel 2. Suhu Dan Kelembaban

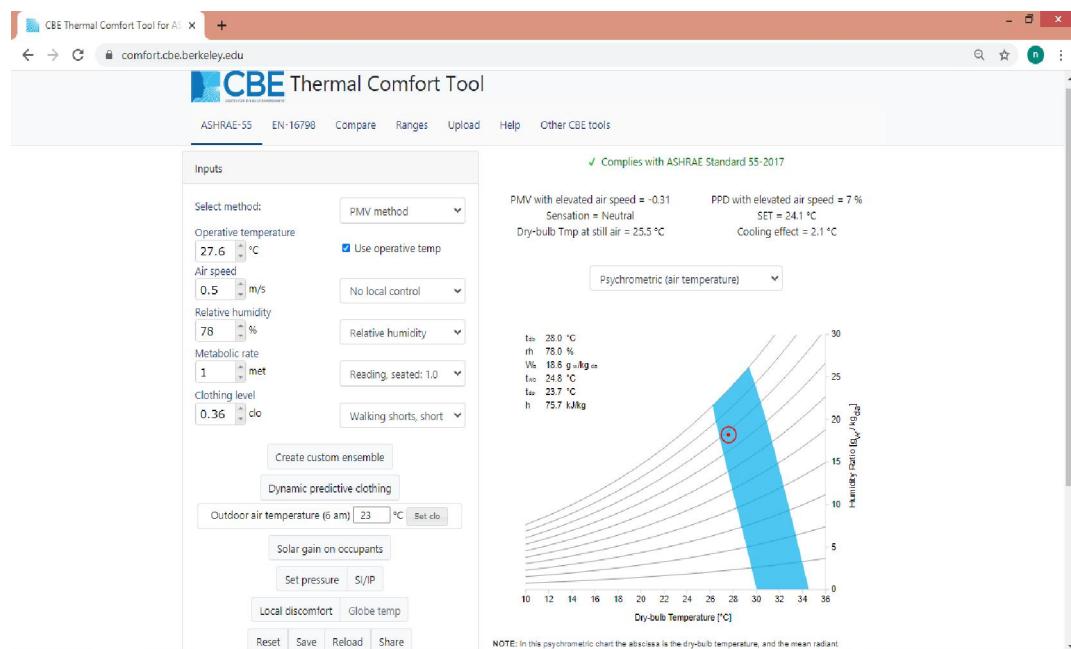
SUHU UDARA $^{\circ}$ C		KELEMBABAN UDARA	
	OUT	IN	%
MAX	32.0	31.4	89
MEDIAN	25.8	27.2	80
MIN	24.3	25.0	63
MODUS	24.5	26.3	83
AVERAGE	26.6	27.6	78

Kecepatan angin rata-rata terasa cukup nyaman berdasarkan pada respon tubuh manusia terhadap penetrasi angin sekitar 0.5 m/s.

Metabolisme tubuh 1.0 met aktivitas duduk tenang, membaca.

Pakaian celana pendek, baju lengan pendek 0.36 clo.

Berdasarkan data yang ada dimasukkan pada program *CBE Thermal Comfort Tools* dengan hasil pada gambar 13.



Gambar 13. Kenyamanan termal menggunakan program *cbe thermal comfort tools*

Hasil pengukuran kenyamanan termal berdasarkan program *CBE Thermal Comfort Tools* sbb:

Standard Effective Temperature (SET) : 24.1 $^{\circ}$ C

Sensasi yang dirasakan : Netral

Berdasarkan Standar Kenyamanan Termal di Indonesia (SNI 03-6572-2001) dengan Temperature Efektif 24.1 $^{\circ}$ C masuk dalam kategori Nyaman Optimal dengan Temperatur Efektif (TE) 22.8 $^{\circ}$ C – 25.8 $^{\circ}$ C

Dengan demikian rumah tersebut masuk dalam kategori nyaman secara termal

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa didapat kesimpulan sbb:

1. Meskipun rumah yang diteliti menggunakan material Batako Berlubang sebagai material dasar dinding bangunan dan atap yang terbuat dari Seng BJLS, yang sebenarnya memiliki nilai transmitan (U-Value) yang besar juga kelembaban udara yang cukup tinggi 78%, namun karena desain bangunan yang memungkinkan terjadinya sistem penghawaan alami yang baik, diperoleh *Standard Effective Temperature* (SET) = 24.1°C (hasil pengukuran kenyamanan termal menggunakan program *CBE Thermal Comfort Tools*). Dengan demikian memenuhi Standar Kenyamanan Termal di Indonesia (SNI 03-6572-2001) kategori Nyaman Optimal (TE) yaitu 22.8 °C – 25.8°C.
2. Kenyamanan termal dapat dicapai dengan menurunkan temperatur yang ada dengan cara :
 - 1) Menempatkan orientasi bangunan yang memungkinkan mendapat sinar matahari yang baik dan menghindari sinar matahari sore, serta menghadap arah angin utama
 - 2) Bentuk bangunan yang memungkinkan perlindungan terhadap matahari sore
 - 3) Desain Pembayangan Luar (*Exterior Shading*) yang baik.
 - 4) Penggunaan vegetasi dan air (kolam) untuk menurunkan suhu udara luar
 - 5) Adanya bukaan yang memungkinkan terjadinya ventilasi silang di dalam ruang sehingga dapat mempercepat proses penguapan, mengurangi kelembaban ruang dalam.
 - 6) Sistem *stack effect* untuk mengalirkan angin ruang dalam.
 - 7) Ukuran dan bentuk jendela yang memungkinkan jumlah angin yang cukup masuk ke dalam ruang

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional, (2000). *Konservasi Energi Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung*, SNI 6390:2000, Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung*, SNI 03 – 6572 - 2001, Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, (2011). *Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung*, SNI 6398:2011, Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- [4] Brown G. Z., (1987), *Matahari, Angin, dan Cahaya*. Intermatra. Bandung.
- [5] Frick H., Ardiyanto A., dan Darmawan, (2008), *Ilmu Fisika Bangunan*, Kanisius, Universitas Soegiaprana, Yogyakarta.
- [6] Gallo C., Sala M., (1998), *Architecture: Comfort and Energy*, Elsevier, Amsterdam.
- [7] Lippsmeier G., (1994), *Bangunan Tropis*, Erlangga, Jakarta.
- [8] Lovell J., (2010), *Building Envelope an Integrated Approach*, Princeton Architectural Press, New York.
- [9] Sangkertadi, (2006) *Fisika Bangunan Untuk Mahasiswa Teknik, Arsitektur, dan Praktisi*, Pustaka Wira Usaha Muda, Bogor.
- [10] Sangkertadi, (2012), *Perhitungan Ventilasi dan Kenyamanan Termis pada Bangunan Tropis*, Waja Utama, Manado.
- [11] Sangkertadi, (2013), *Kenyamanan Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab*, Alfabeta, Bandung.
- [12] Satwiko P., (2009), *Fisika Bangunan*, Andi, Yogyakarta.