
Faktor – faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal pada Bangunan Tipe Rumah Sederhana

Studi Kasus : Perumahan Griya Paniki Indah di Manado

Roulina A. Sitanggang ⁽¹⁾, Jeffrey I. Kindangen ⁽²⁾, Linda Tondobala ⁽³⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi Manado, roulinaas@gmail.com

^(2,3) Dosen Pascasarjana Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi Manado

Intisari

Sebuah rumah harus menciptakan rasa nyaman bagi penghuninya. Salah satu aspek yang harus dipenuhi untuk menciptakan kenyamanan dalam sebuah rumah ialah aspek termal. Kenyamanan termal adalah suatu kondisi yang dinikmati oleh manusia, yaitu terciptanya keseimbangan antara suhu tubuh manusia dan suhu tubuh sekitarnya. Untuk mencapai keseimbangan tersebut, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi. Tujuan penelitian ini ialah menemukan faktor – faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal, menganalisis dampaknya lalu kemudian menemukan solusinya. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan positivisme yaitu dengan pengukuran dilapangan dan formulasi rumus / persamaan. Lokasi penelitian berada di kawasan Perumahan Griya Paniki Indah Manado, yang terletak di Kecamatan Mapanget, Kota Manado. Dalam kawasan perumahan ini terdapat dua blok yang termasuk dalam program sejuta rumah Presiden Jokowi yaitu blok Rambutan dan blok Lengkeng. Penelitian pada sampel dilaksanakan pada waktu terpanas dalam satu hari, yaitu mengukur suhu udara, kelembaban dan kecepatan angin. Setiap sampel menggunakan perhitungan indeks PMV untuk menganalisis data. Hasil penelitian diketahui bahwa indeks kenyamanan termal pada sampel penelitian adalah tidak nyaman. Persepsi termal juga dirasakan oleh responden melalui hasil wawancara yang menyatakan bahwa mereka merasa panas dan gerah.

Kata-kunci : Rumah, Kenyamanan termal, PMV (Predicted Mean Vote)

Abstract

A house must create a sense of comfort for its residents. One aspect that must be met to create comfort in a home is thermal comfort. Thermal comfort is a condition that felt by humans, which is created from the balance between the human's body temperature and the environment. To achieve this balance, there are several influencing factors. The purpose of this study is to find the factors that affect thermal comfort, analyze the impact, and then find a solution. The research uses quantitative methods with a positivism approach, by conducting a site survey/measurement and calculation using formulating formulas/equations. The research location is in the Griya Paniki Indah Housing Area, Manado, which is located in Mapanget District, Manado City. In this residential area, there are two blocks, Rambutan and Lengkeng that being part of President Jokowi's "One million houses program". Research on the sample was carried out at the hottest time of the day, then measuring the air temperature, humidity, and wind speed. Each sample uses the PMV index calculation to analyze the data. And the final result showed that the thermal comfort index in the research sample was uncomfortable. The thermal response was also felt by respondents through interviews which stated that they felt hot and stifling.

Keywords: House, Thermal Comfort, PMV (Predicted Mean Vote)

Pendahuluan

Rumah adalah bangunan gedung yang berfungsi sebagai tempat tinggal yang layak huni, cerminan harkat dan martabat penghuninya, sarana pembinaan keluarga, serta aset bagi pemiliknya. (PP Republik Indonesia nomor 12 tahun 2021, pasal 1 ayat 7). Rumah adalah sebuah bangunan untuk dijadikan sebagai tempat tinggal (Kamus Bahasa Indonesia, 1997).

Pemerintah Indonesia dan jajarannya, yang terdiri dari pemerintah pusat, pemerintah daerah, para pengembang (pengusaha) serta masyarakat telah melakukan sebuah gerakan yaitu menciptakan Program Sejuta Rumah. Program ini bertujuan untuk mewujudkan kebutuhan masyarakat dalam memiliki sebuah hunian. Terlebih khusus bagi masyarakat yang berpenghasilan sekitar 2,5 sampai dengan 4 juta rupiah, atau disebut sebagai Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR).

Dengan menyediakan sebuah hunian secara merata kepada masyarakat, merupakan sebuah upaya dalam meningkatkan taraf hidup mereka. Sehingga kelompok masyarakat yang berpenghasilan rendah dan kelompok masyarakat pekerja dari sektor – sektor kecil, dapat terbantu. Namun diperlukan upaya agar penyediaan rumah sederhana menjadi layak dan terjangkau serta memenuhi persyaratan kesehatan, keamanan, dan kenyamanan bagi para penghuninya.

Sebuah hunian yang dapat menimbulkan kenyamanan ialah sesuatu yang penting. Hal ini merupakan sebuah tuntutan bagi setiap orang, sebab berpengaruh pada betah atau tidaknya seseorang untuk tinggal dalam hunian tersebut. Ada beberapa aspek untuk memenuhi sebuah tingkat kenyamanan pada

hunian, yaitu diantaranya aspek pencahayaan, aspek psikis, aspek termal dan aspek pengudaraan / penghawaan. Ke empat aspek tersebut dipengaruhi oleh suhu udara, kelembaban, kecepatan angin dan selain itu juga bersangkutan dengan aktifitas atau kegiatan penghuni serta kondisi lingkungan di sekitar yang terdapat pada hunian.

ASHRAE (1989) kenyamanan termal didefinisikan sebagai suatu gagasan untuk menemukan kepuasan seseorang. Oleh karena itu, kenyamanan dipertimbangkan dari sudut pandang empiris. Digunakan untuk merujuk pada reaksi fisik seseorang, kenyamanan termal ialah kepuasan yang dirasakan orang ketika mereka secara sadar atau tidak sadar menerima kondisi termal yang alami. Mempertimbangkan suatu suhu netral atau suhu tertentu yang cocok untuk seseorang dianggap tidaklah begitu akurat, karena nilai kenyamanan bukanlah nilai yang tetap dan selalu bervariasi dari orang ke orang.

Dengan menghubungkan penelitian oleh Lippsmeier (yang menunjukkan bahwa pada temperature 26 °C TE biasanya manusia mulai berkeringat dan mulai berkurangnya daya tahan dan kapasitas kerja dari manusia) dengan pembagian suhu yang nyaman untuk orang Indonesia, menurut Yayasan LPMB PU di suhu yang nyaman untuk melakukan aktivitas dengan benar dan optimal ialah (22,8 °C – 25,8 °C, kelembaban 70%). Angka ini mengasumsikan bahwa suhu Indonesia dapat mencapai 35 °C pada kelembaban 80%.

Bagaimana cara mengendalikan faktor iklim di atas untuk mendapatkan kenyamanan termal pada suatu bangunan? Cara yang paling mudah ialah dengan

menggunakan cara mekanis yang menggunakan AC, namun membutuhkan biaya operasional yang lebih banyak. Pendekatan kedua ialah dengan menyesuaikan interior bangunan secara kondisional secara alamidengan mengadopsi pendekatan arsitektur. Adaptasi lingkungan bangunan dapat dilakukan secara arsitektural dengan lokasi bangunan (arah bangunan dalam kaitannya dengan matahari dan angin), penggunaan elemen arsitektur dan elemen lansekap dan penggunaan bahan / bahan bangunan yang sesuai pada suhu tinggi dan kelembaban. Dari keempat elemen di atas dapat mengurangi suhu sekitar beberapa derajat tanpa bantuan peralatan mekanis.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil pengukuran kenyamanan termal pada sampel, sehingga masyarakat yang memiliki rumah tipe sederhana dapat menciptakan kenyamanan pada huniannya.

Metode

Metode penelitian yang digunakan ialah metode kuantitatif (pengukuran dilapangan dan formulasi rumus/persamaan) dengan pendekatan berdasarkan pengalaman dan ilmu yang pasti atau juga disebut dengan pendekatan positivisme. Metode ini berupa metode pendekatan dengan menggunakan alat ukur serta pengolahan data hasil pengukuran yang akan disampaikan kedalam bentuk grafik.

Data – data yang akan dianalisis untuk memperoleh nilai indeks kenyamanan dengan persamaan indeks PMV, peneliti akan secara langsung melakukan pengukuran data suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin.

Kemudian dari hasil perhitungan analisis diatas

akan dilakukan perbandingan dengan hasil yang didapatkan berdasarkan pendapat penghuni dari sampel rumah yang akan diteliti dari hasil wawancara dengan pertanyaan seputaran pendapat penghuni tentang kenyamanan termal dalam selang waktu paling panas selama 1 hari.

Lokasi dan Waktu penelitian

Objek/sampel penelitian berlokasi di Perumahan Griya paniki Indah Manado yang terletak di Kecamatan Mapanget. Kegiatan penelitian untuk meneliti objek/sampel dilaksanakan selama 1 hari pada waktu terpanas mulai dari pukul 11.00 wita sampai denganpukul 15.00 wita dengan kondisi cuaca cerah pada bulanMei.

Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

Merupakan data hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan seperti data suhu udara/temperatur, kelembaban dan kecepatan angin yang dilakukan secara observasi serta wawancara.

2. Data Sekunder

Merupakan data penunjang untuk data primer antara lain literatur, data Badan Meterologi dan Geofisika serta data pendukung dari perumahan.

3. Wawancara

Merupakan proses pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberikan pertanyaan secara lisan dan tulisan kepada responden atau penghuni terkait aktivitas, data diri dan pendapat

yang dirasakan responden tentang kenyamanan termal didalam lingkungan hunian responden yang kemudian dijawab sesuai dengan keadaan yang dirasakan oleh responden itu sendiri. Proses wawancara ini dilakukan dengan ijin dari responden sehingga wawancara berlangsung dengan bebas dan santai, dan responden juga merasa tenang dan nyaman dalam menjawab setiap pertanyaan yang diajukan oleh peneliti. Proses wawancara dan proses observasi ialah dua proses yang saling berkaitan atau saling mendukung dalam menenghasilkan informasi tentang objek penelitian.

Analisis Data

Dari pengambilan data berupa pengukuran langsung di lapangan tersebut maka diperoleh data kuantitatif yang berupa data suhu udara/temperatur, kelembaban, dan kecepatan angin, yang kemudian data – data tersebut disusun dan diklasifikasikan agar lebih mudah dipelajari dan dimengerti. Data – data ini disampaikan dalam bentuk tabel, grafik dan uraian – uraian dari hasil pengkajian perhitungan indeks kenyamanan termal PMV yang dilakukan secara manual dengan menggunakan bantuan spreadsheet excel. Untuk hasil data perekaman dan wawancara dikaji dan disampaikan secara statistik. Data dari hasil wawancara berupa pendapat responden atau penghuni terkait lingkungan termal dalam lingkup wilayah huniannya dibandingkan dengan hasilperhitungan ndeks kenyamanan termal PMV. Hasil dari pengkajian data – data tersebut kemudian diarahkan kepada sebuah kesimpulan yang akan menjawab tujuan

dari penelitian dengan teori – teori kenyamanan yang diperoleh.

Hasil dan Pembahasan

Pada tabel dibawah ini merupakan nilai rata – rata hasil pengukuran pada sampel :

Tabel 1. Data Pengukuran Temperatur

Nilai Temperatur (°C)	SAMPEL (RUMAH)									
	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ
Rata - rata	32,6	32,5	32,2	32,5	32,6	32,2	32,3	32,3	32,5	32,5
Maksimum	33,7	33,8	33,9	33,7	33,7	33,5	33,7	33,5	31,0	33,7
Minimum	30,2	30,1	30,3	31,0	31,1	31,0	31,0	30,1	33,1	31,1

Tabel 2. Data Pengukuran Kelembaban

Nilai Kelembaban (%)	SAMPEL (RUMAH)									
	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ
Rata - rata	66,6	66,5	66,2	66,4	66,9	66,8	65,5	66,1	65,8	66,5
Maksimum	64,6	64,5	68,8	69,7	70,0	70,0	67,3	69,8	68,7	70,0
Minimum	70,0	69,0	64,2	64,6	64,6	64,7	64,6	64,7	64,6	64,4

Tabel 3. Data Pengukuran Kecepatan Angin

Nilai Kecepatan Angin (m/s)	SAMPEL (RUMAH)									
	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ
Rata - rata	0,53	0,47	0,47	0,46	0,51	0,53	0,51	0,40	0,49	0,50
Maksimum	0,81	0,83	0,85	0,75	0,81	0,91	0,85	0,75	0,91	0,90
Minimum	0,12	0,10	0,20	0,18	0,23	0,18	0,11	0,15	0,26	0,16

Setelah mengumpulkan semua data yang diukur seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin untuk setiap sampel rumah, gunakan perhitungan indeks PMV untuk menganalisis data. Dan nantinya akan diketahui indeks kenyamanan termal pada sampel penelitian. Namun, ada variabel iklim yang harus dicari sebelum melakukan analisis PMV ini. Ini ialah suhu radiasi rata – rata (Tmrt). Mendapatkan nilai Tmrt sangat penting.

Hasil Perhitungan Suhu Radian Temperatur (Tmrt)

Untuk mendapatkan Tmrt, penulis melakukan pengukuran pada setiap permukaan dinding ruangan. Yaitu dinding sebelah kiri, kanan, depan, belakang, atas (lantai) dan bawah (plafond). Dengan melakukan perhitungan menggunakan metode angle factor, dan dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$T_{mrt}^4 = T_1^4 \cdot F_{p-1} + T_2^4 \cdot F_{p-2} + \dots + T_n^4 \cdot F_{p-n}$$

Dimana :

Tmrt : Suhu radiasi rata – rata (K)

T_n : Suhu permukaan (K) dari permukaan n (n = 1,2,...dst)

F_{p-n} : Faktor sudut (angle factor) antara orang (p) dan permukaan n

Dan jikalau terjadi perbedaan suhu permukaan kecil yaitu berkisar 5 °F (28 °C), maka persamaan di atas dapat diubah ke dalam bentuk yang sederhana, yaitu seperti di bawah ini :

$$T_{mrt} = T_1 \cdot F_{p-1} + T_2 \cdot F_{p-2} + \dots + T_n \cdot F_{p-n}$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tmrt pada Sampel

Waktu	Nilai Tmrt terhadap Sampel (Rumah)									
	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ
11.00	30,7	30,6	30,8	31,2	31,3	31,2	31,3	30,6	31,2	31,3
12.00	33,6	33,4	32,9	33,5	33,1	33,7	33,3	33,3	33,7	33,3
13.00	33,7	33,8	33,8	33,7	33,7	33,6	33,7	33,6	33,3	33,6
14.00	33,2	33,2	33,2	33,0	33,2	32,4	33,3	33,2	32,9	33,3
15.00	31,7	32,3	31,7	32,1	32,3	31,6	31,1	32,0	32,2	31,9
Rata-rata	32,6	32,7	32,5	32,7	32,7	32,5	32,5	32,5	32,7	32,7
Maks	33,7	33,8	33,8	33,7	33,7	33,6	33,7	33,6	33,3	33,6
Min	30,7	30,6	30,8	31,2	31,3	31,2	31,1	30,6	31,2	31,3

Setelah mendapatkan nilai Tmrt, dilakukan analisis PMV dan data yang diperoleh dari perhitungan indeks persetujuan PMV dibandingkan dengan wawancara dan observasi peneliti mengenai hubungannya dengan

persepsi kenyamanan termal penghuni yang bermukim di Perumahan Griya Paniki Indah, Manado. Dengan membandingkan PMV yang dihitung dengan hasil wawancara, dimungkinkan untuk menemukan hasil penyimpangan atau besaran penyimpangan dan respons kenyamanan termal terhadap sampel.

Hasil Analisis PMV

Analisis PMV kenyamanan termal yang dirasakan oleh seseorang dalam suatu ruangan dengan cara mengamati perbedaan variabel iklim yaitu (Ta, RH, V, Tmrt) dan variabel fisiologis yaitu (M, clo) yangkemudian disusun dengan formulasi di bawah ini :

$$PMV = ((0.303 e^{-2.1 Act} + 0.028) Q_{cp}) / Adu$$

Dimana :

$$Q_{cp} = Evap (W)$$

$$Evap = M - R - C - E_{resl} - E_{res} - E_{dif}$$

$$Adu = 0.203 p^{0.425} h^{0.725}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan PMV pada Sampel

Waktu	Nilai PMV terhadap Sampel (Rumah)										Ket.
	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	
11.00	1,5	1,5	1,3	1,6	1,5	1,6	1,7	1,4	1,5	1,6	Agak Panas
12.00	2,0	2,1	1,9	2,2	1,9	2,1	1,9	2,1	2,1	2,0	Panas
13.00	2,2	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1	2,2	2,3	2,1	2,2	Panas
14.00	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	1,6	2,0	2,0	1,9	2,0	Panas
15.00	1,3	1,7	1,3	1,6	1,7	1,2	1,0	1,5	1,6	1,4	Agak Panas
Rata-rata	1,8	1,9	1,8	1,9	1,9	1,7	1,8	1,9	1,8	1,8	
Maks	2,2	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1	2,2	2,3	2,1	2,2	
Min	1,3	1,5	1,3	1,6	1,5	1,2	1,0	1,4	1,5	1,4	

Hasil perhitungan PMV ini dibandingkan dengan persepsi rasa nyaman yang dirasakan oleh responden. Dari hasil wawancara dengan responden didapatkan bahwa responden merasakan rasa agak panas pada pukul 11.00 wita lalu merasakan tidak nyaman (panas dan gerah) pada pukul 12.00 wita sampai dengan pukul 14.00 wita. Persepsi termal yang dirasakan oleh

responden berlaku untuk seluruh sampel – sampel rumah yang diteliti.

Tabel 6. Perbandingan Data PMV dan Persepsi Responden

Waktu	PMV terhadap Sampel (Rumah)		Persepsi Responden	
	Nilai	Ket.	Nilai	Ket.
11.00	1,3 – 1,7	Agak Panas	1,7 – 2,0	Panas
12.00	1,9 – 2,2	Panas	2,0 – 2,3	Panas
13.00	2,1 – 2,3	Panas	2,2 – 2,3	Panas
14.00	1,6 – 2,0	Panas	1,8 – 2,1	Panas
15.00	1,0 – 1,7	Agak Panas	1,2 – 1,8	Agak Panas

Dari hasil perbandingan di atas antara hasil perhitungan PMV dengan persepsi kenyamanan termal yang dirasakan oleh responden terlihat adanya perbedaan / bias yang signifikan. Perhitungan bias ini diambil dari rata – rata nilai PMV pada sampel – sampel rumah dengan mengacu pada waktu, yaitu pukul 11.00 wita sampai dengan pukul 15.00 wita. Kemudian membandingkan dengan persepsi termal yang dirasakan oleh responden dengan mengasumsi nilai netral responden sebesar 0 – 0,5 agak panas sebesar 1 dan panas sebesar 2.

Dari hasil perbandingan terlihat bahwa pada pukul 11.00 wita terjadi bias sebesar 0,35 lebih besar dari yang dirasakan oleh responden. Pada pukul 12.00 wita terjadi bias sebesar 0,10 lebih besar dari yang dirasakan oleh responden. Pada pukul 13.00 wita terjadi bias sebesar 0,05 lebih besar dari yang dirasakan oleh responden. Pada pukul 14.00 wita terjadi bias sebesar 0,15 lebih besar dari yang dirasakan oleh responden. Pada pukul 15.00 wita terjadi bias sebesar 0,15 lebih besar dari yang dirasakan oleh responden lebih tinggi dibandingkan dari hasil perhitungan PMV.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti dan membandingkannya dengan persepsi yang dirasakan responden maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian, ada beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal pada sampel – sampel tersebut. Pertama dari segi rekayasa bangunan, dapat dilihat bahwa sampel – sampel rumah tersebut tidak memilikikanopi pada teras rumah. Kedua, bukaan seperti ventilasi / roster (dinding berongga) sangat kurang. Ketiga, vegetasi yang tumbuh di sekitar halaman sangat kurang. Dan keempat pemilihan warna cat untuk bangunan.
2. Berdasarkan hasil pengukuran kenyamanan termal pada sampel – sampel rumah di Perumahan Griya Paniki Indah Manado, didapatkan nilai Predicted Mean Vote (PMV) pada pukul 11.00 wita adalah 1,3 – 1,7, pukul 12.00 wita adalah 1,9 – 2,2, pukul 13.00 wita adalah 2,1 – 2,3, pukul 14.00 wita adalah 1,6 – 2,0 dan pukul 15.00 wita adalah 1,0 – 1,7. Menurut ASHRAE nilai standar kenyamanan termal tersebut masuk ke dalam kategori slighty warm dan warm dengan nilai Predicted Percentage of Dissafied (PPD) 46,68%. Dapat disimpulkan dengan kondisi tersebut, yaitu kondisi kenyamanan termal di Perumahan Griya Paniki Indah Manado terbilang tidak nyaman.
3. Berdasarkan hasil wawancara terhadap responden, didapatkan tanggapan terhadap faktor – faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal tersebut,

yaitu pertama, karena tidak memiliki kanopi sehingga tidak ada yang menghalangi konduksi dari panasnya sinar matahari. Kedua, bukaan seperti ventilasi / roster (dinding berongga) sangat kurang, sehingga sirkulasi udara menjadi tidak lancar. Ketiga, vegetasi yang tumbuh di sekitar halaman sangat kurang, sehingga efek pembayang sangat kecil. Keempat, meskipun ini termasuk faktor yang sangat kecil untuk meningkatkan kenyamanan termal pada suatu rumah, namun pemilihan warna cat dinding, cat kusen, dan cat atap dapat mempengaruhi.

Daftar Pustaka

- ASHRAE. 1989. Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, American Society of Heating, Handbook of Fundamental Chapter 8. Physiological Principles, Comfort, and Health. USA
- ASHRAE. 2005. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, USA. ASHRAE Standard 55
- Auliciems A, and V Szokolay. 2007. Thermal Comfort, Plea Notes Association with University of Queensland Dept of Architecture, Brisbane.
- Bantes N. 2012. Metode Penelitian. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta. (2000). Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. SNI 03-6389-2000.
- Egan, M. D. 1975. Concept in Thermal Comfort. London. Prentice-Hall International.
- Fanger P.O. 1970. Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company. United States.
- Frick H dan A. Arditanto, 2008. Ilmu Fisika Bangunan (Pengantar pemahaman cahaya, kalor, kelembapan, iklim, gempa bumi, dan kebakaran). Kanisius. Yogyakarta
- Hariman Lewis. G. 2009. The ASHRAE Guide For Buildings In hot & Humid Climate. Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, inc. American.
- International Standard Organization. 2003. Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. ISO Standard 7730 : Moderate Thermal Environments
- Karyono Tri Harso. 1999. Arsitektur : Kemampuan Pendidikan Kenyamanan dan Penghematan Energi. Catur Libra Optima.
- Karyono Tri Harso. 2001. Kenyamanan Termal Dan Studi Energi Pada Bangunan Kantor Di Jakarta. Dimensi Teknik Arsitektur Jakarta.
- Keputusan Menteri Permukiman Dan Prasarana Wilayah Republik Indonesia. Nomor : 403/KPTS/M/2002. Tanggal : 02 Desember 2002. Pedoman Teknik Pembangunan Rumah Sederhana Sehat (RS SEHAT).
- Kindangen. J.I, 2013, May We Obtain Thermal Comfort With Passive And Low Energy Building? Study Of Thermal Comfort In Humid Tropical Classroom. Procceding CLIMA 2013, Czech Republic.
- Kindangen, Jeffrey I. 2017. Pendinginan Pasif untuk Arsitektur Tropis Lembab. Deepublish. Yogyakarta.
- Lippsmeier, G. 1994. Bangunan Tropis. Jakarta. Erlangga.
- Lippsmeier, G. 1997. Tropenbau: Building in the Tropics. Munchen. Callwey.
- Mangunwijaya, Y.B. 1998. Pengantar Fisika Bangunan. Jakarta. Djambatan.
- McIntyre, D.A. 1980. Indoor Climate. Applied Science Publishers LTD. London.
- Muhadjir N. 2002. Metode Penelitian Kualitatif. Rake Sarasin. Yogyakarta.
- Pudjiastuti L. 1998. Kualitas Udara Dalam Ruang. Direktorat jenderal pendidikan tinggi-Dept Pendidikan & Kebudayaan, Jakarta.

- Purnomo, H., dan Rizal, 2000. Pengaruh Kelembaban Temperatur Udara dan Beban Kerja terhadap Kondisi Faal Tubuh Manusia. LOGIKA, Vol. 4. No. 5. 2000. ISSN: 1410-2315: 35-47.
- Sangkertadi. 2006. Fisika Bangunan Untuk Mahasiswa Teknik, Arsitektur Dan Praktisi. Pustaka Wira Usaha Muda. Bogor.
- Sangkertadi. 2013, Kenyamanan Termis Di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab. Alfabeta. Bandung.
- Satwiko P. 2009. Fisika Bangunan. ANDI. Yogyakarta.
- Sugihastuti, 2012, Bahasa Laporan Penelitian, Pustaka pelajar: Yogyakarta
- Sugini. 2014. Kenyamanan Termal Ruang "Konsep dan Penerapan Pada Desain". Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Szokolay. 1973. Manual of Tropical Housing and Building. India: Orient Longman.
- Szokolay, Steven V. 2007. Thermal Comfort. Department of Architecture, The University of Queensland. TAU International Conference. Proceedings 2015. 30-31 March 2015. Jakarta. Mitigating and Adapting Built Environments for Climate Change In the Tropics.