

KENYAMANAN TERMAL ADAPTIF PADA RUMAH TRADISIONAL SAO PU'U DI KAMPUNG WOGO, NUSA TENGGARA TIMUR

ADAPTIVE THERMAL COMFORT ON SAO PU'U TRADITIONAL HOUSE IN WOGO VILLAGE, EAST NUSA TENGGARA

I Ketut Suwantara, Rini Nugrahaeni, dan Iwan Suprijanto

Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Denpasar
Jln. Danau Tamblingan No. 49, Sanur, Denpasar, Bali.
Pos-el: tara_iwan@yahoo.com

ABSTRACT

Indonesia has two seasons, rainy and dry season which affects the adaptive behavior of the occupants. One of the traditional houses that still survive is a traditional house Sao Pu'u in Wogo village, East Nusa Tenggara. The research was conducted to compare of neutrality, preferences, and thermal acceptance of the occupants in the house between rainy and dry season. Thermal value was measured with Questem 34 and wind velocity measured with Anemometre Kanomax. The data were processed using regression analysis. In the rainy season, neutral temperature, 27.1°C, 23.9°C, and 23.3°C. Meanwhile, in the dry season, neutral temperature, preference temperature, and thermal acceptance were 24.9°C, 23.4°C, and 27.1°C. The conclusion was that the occupants prefer a lower temperature adaptively both in rainy and dry season.

Keywords: *Traditional housing, Sao Pu'u, Temperature, Preferences, Thermal comfort*

ABSTRAK

Indonesia memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan kemarau, memengaruhi perilaku adaptif penghuninya. Salah satu rumah tradisional yang masih bertahan adalah rumah tradisional Sao Pu'u di Kampung Wogo, Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perbandingan kenetralan, preferensi, dan keberterimaan termal penghuni pada rumah tersebut di musim hujan dan kemarau. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dan survei pengukuran termal lapangan dengan menggunakan Questem 34 (besaran termal) dan Anemometer Kanomax (kecepatan angin) dan diolah dengan analisis regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu netral di musim hujan sebesar 27,1°, suhu preferensi sebesar 23,9°C, keberterimaan termal sebesar 23,3°C, sedangkan di musim kemarau suhu netral sebesar 24,9°C, suhu preferensi sebesar 23,4°C, keberterimaan termal sebesar 27,1°C. Kesimpulannya adalah penghuni menginginkan suhu yang lebih rendah baik pada musim hujan maupun kemarau secara adaptif.

Kata Kunci: Rumah tradisional, Sao Pu'u, Suhu, Preferensi, Keberterimaan termal.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki dua musim, yaitu hujan dan kemarau, yang berpengaruh terhadap respons adaptif penghuninya pada iklim dan cuaca setempat serta pola perilaku kehidupan masyarakat. Rumah tradisional dengan konsep *green building* masih bertahan hingga sekarang

tanpa mengalami perubahan yang signifikan dan mampu mewujudkan kenyamanan termal tanpa pemakaian energi yang berlebihan. Untuk itu, konsep kenyamanan termal adaptif bangunan tradisional perlu dikaji agar dapat diterapkan pada bangunan modern terkait dengan pemakaian energi yang berlebihan pada bangunan modern.

Bangunan tradisional didefinisikan sebagai bentuk fisik bangunan dan lingkungan di sekitarnya yang berkaitan dengan tradisi atau dibangun berdasarkan tradisi. Tradisi yang dimaksudkan di sini adalah sesuatu yang dianut, baik oleh penghuni/pengguna bangunan maupun lingkungan setempat termasuk di dalamnya tata cara dan nilai budaya. Sao Pu'u merupakan rumah tradisional Ngada yang terletak di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Rumah ini berada pada kawasan tradisional dengan pola spasial linier dan saling berhadap-hadapan. Tipe rumah panggung dengan denah berbentuk segi empat. Atap utama berbentuk limas dengan sudut kemiringan antara 60°–65°, bahan penutup atap berupa alang-alang, sedangkan atap teras kemiringannya 10° dengan bahan bambu belah yang disusun saling mengapit. Dinding terbuat dari papan kayu *Ojay* dan *Fai*, lantai terbuat dari bambu pelupuh dan bambu utuh sebagai penahan lantai. Bagian atap/*raang* atas berfungsi sebagai tempat penyimpanan harta benda dan peralatan keagamaan, bagian lantai/*raang* tengah berfungsi sebagai tempat beristirahat, dan bagian kolong/*raang* bawah berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan-bahan bangunan dengan ketinggian yang bervariasi antara 80–100 cm. Bahan pembentuk rumah dari bahan organik dengan fungsi yang bersifat tradisi/asli dan belum adanya penelitian yang mengkaji kenyamanan termal pada bangunan tradisional menjadi alasan dipilihnya bangunan tersebut.

Kenyamanan termal (*thermal comfort*) menurut ASHRAE Standar 55 - 2004 didefinisikan sebagai “kondisi pikiran yang mengungkapkan kepuasan tertentu terhadap lingkungan termal”.¹ Definisi ini memberikan tafsiran terbuka tentang “kondisi pikiran” atau “kepuasan”. Model kenyamanan statik didasarkan hasil pengamatan di ruang iklim dengan desain riset yang dikenal sebagai “metode suhu yang disukai (*preferred temperature method*)”. Metode ini sangat sesuai untuk pengujian umpan balik adaptif dalam lingkup laboratorium karena suhu lingkungan dalam ruang iklim dapat dikendalikan langsung oleh responden yang diamati.

Menurut Fanger,² kenyamanan termal tergantung pada beberapa parameter lingkungan, di antaranya: suhu kering (T_{db}); suhu akibat pengaruh suhu global, suhu kering, dan kecepatan angin

(T_{mrt}); kelembapan udara (RH); kecepatan angin (V_a), serta parameter yang bersifat personal, yaitu jenis pakaian dan jenis kegiatan. Jenis pakaian menunjukkan nilai insulasi pakaian (clo) pada jenis pakaian yang digunakan³ dan jenis kegiatan merupakan besar laju energi yang dilepas oleh metabolisme yang tergantung pada kegiatan otot.⁴

Dari uraian di atas, permasalahan yang dapat diangkat adalah bagaimana perbandingan respons adaptif penghuni terhadap kenetralan, preferensi, dan keberterimaan kondisi termal pada rumah tradisional *Sao Pu'u* di Kampung Wogo pada musim hujan dan kemarau. Tujuan penelitian adalah mengetahui perbandingan respons adaptif penghuni terhadap kenetralan, preferensi, dan keberterimaan kondisi termal pada rumah tradisional *Sao Pu'u* di Kampung Wogo pada musim hujan dan kemarau. Hasil penelitian ini diharapkan sebagai acuan dalam desain *green building* yang hemat energi.

METODE PENELITIAN

Ruang lingkup substansial kegiatan ini adalah pengkajian kenyamanan termal statis dan adaptif pada musim hujan (bulan Maret) dan kemarau (bulan Agustus) yang dilakukan selama 24 jam pada satu rumah tradisional *Sao Pu'u* di Kampung Wogo, NTT. Kampung Wogo terletak pada ketinggian 1.097 m. Adapun ketinggian menurut rata-rata pengukuran tekanan udara adalah sekitar 892,985 hPa = 1.053,02 m. Terletak di lahan yang relatif datar, Kampung Wogo dikelilingi permukiman lainnya, persawahan dan hutan bambu. Kondisi topografis di Kampung Wogo cenderung tidak berkontur tajam dengan kemiringan lahan kurang lebih 6%.

Data primer dikumpulkan melalui observasi dan pengukuran langsung pada objek (rumah *Sao Pu'u* yang dihuni) dan subjek penelitian (penghuni rumah *Sao Pu'u* dan penghuni lain di sekitarnya). Besaran termal yang diukur adalah suhu kering (T_{db}), suhu basah (T_{wb}), suhu global (T_{globe}), dan kelembapan udara (RH) dengan menggunakan *Questem 34*; kecepatan angin (V_a) dengan menggunakan *Anemometer Kanomax* selama 24 jam.

Data respons adaptif penghuni diperoleh secara langsung melalui wawancara kepada

responden sesuai dengan pertanyaan pada kuesioner. Pengumpulan data ini dilakukan di dalam ruangan secara periodik sebanyak tiga kali, yaitu pada pagi, siang, dan malam hari. Digunakan tiga jenis pertanyaan terhadap skala kesan termal, kondisi termal ruangan, dan kondisi termal yang diharapkan. Pada musim hujan, jumlah responden yang diwawancara sebanyak 16 responden dengan laki-laki sebanyak 10 responden dan wanita sebanyak 6 responden yang berusia antara 12–78 tahun, sedangkan pada musim kemarau sebanyak 20 responden dengan laki-laki sebanyak 10 responden dan wanita sebanyak 10 responden yang berusia antara 30–80 tahun (dipersyaratkan minimal 30 responden untuk validitas data statistik). Pada saat pengisian kuesioner kesan termal dilakukan juga pencatatan suhu dan kelembapan udara sebagai pembanding kondisi termal ruangan terhadap kesan termal. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kenetralan, preferensi, dan keberterimaan kondisi termal penghuni bangunan tradisional.

Untuk mendapatkan gambaran tentang profil iklim dan sebagai data pembanding pengukuran lapangan, digunakan data iklim lokal (*topo-climate*) yang diperoleh dari stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Ngada, NTT tahun 2009. Selain itu, digunakan pula data peta lokasi, ketinggian lokasi, dan letak koordinat objek penelitian yang diperoleh dari *google earth*.

Kesan termal statik (*DISC*, *TSENS*, *PMV*) dianalisis menggunakan *software* *STDOUT* yang diakses langsung melalui internet dengan memasukkan data parameter lingkungan (T_{db} , T_{globe} , ketinggian tempat, RH , dan V_a) dan parameter personal (berat badan, koefisien jenis pakaian, dan *metabolic rate*/laju metabolisme kegiatan manusia yang dinyatakan dalam satuan *met*, setara dengan 58,15 W/m² dengan asumsi luas tubuh manusia dewasa sebesar 1,7 m²). Hasil ini kemudian dibandingkan dengan kesan termal adaptif pada skala +4 (sangat panas) hingga -4 (sangat dingin). Kenetralan dianalisis menggunakan regresi linier dengan bantuan program SPSS 18 terhadap skala kesan termal sebagai variabel bebas (*independent*) dan besaran termal statik (T_{op} , *ET*, *DISC*, *PMV*) sebagai variabel terikat (*dependent*). Preferensi dianalisis menggunakan regresi biner dengan

bantuan program SPSS 18 terhadap kondisi termal yang diharapkan sebagai variabel *dependent* dan besaran yang ingin dikaji (misal, suhu operatif T_{op} atau lainnya, di mana suhu operatif merupakan kombinasi dari suhu kering (T_{db}) dengan (T_{mrt}) yang memberikan cakupan yang lebih baik terhadap kenyamanan termal seseorang di dalam suatu ruangan) sebagai *covariate* sehingga diperoleh harga kemiringan b dan konstanta a dari persamaan regresi:^{5,6}

$$\text{Logit (PS)} = a + b.T_{op} \quad (1)$$

Berarti :

$$T_{op} = [\text{Logit (PS)} - a]/b \quad (2)$$

dengan :

$$\text{Logit (PS)} = L_n (PS/1-PS) \quad (3)$$

Analisis keberterimaan kondisi termal dilakukan dengan memplot persentase rata-rata jawaban responden pada rentang tertentu suhu operatif (T_{op}) terhadap kondisi termal ruang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas rumah tradisional Sao Pu'u yang diteliti adalah 103,08 m² dan dihuni oleh tujuh orang dengan kapasitas 14,725 m² per orang. Hal ini menunjukkan kapasitas ruang lebih besar dari standar kapasitas ruang (9 m²). Luas masing-masing ruang terlihat pada Tabel 1.

Pada musim hujan, secara umum suhu rata-rata di dalam ruangan (23,1°C) lebih stabil dibandingkan di luar ruangan (23,5°C). Pada siang hari rata-rata suhu di dalam ruangan (24,6°C) lebih rendah dibandingkan rata-rata suhu di luar ruangan (26,7°C), perbedaannya mencapai 2,1°C. Adapun pada malam hari, rata-rata suhu di dalam ruangan lebih tinggi (22,3°C) dibandingkan rata-rata suhu di luar ruangan (21,4°C), perbedaannya mencapai 0,9°C. Suhu tertinggi di dalam ruangan terjadi pada siang hari, pukul 12:00 WIT sebesar 25,5°C dan suhu terendah terjadi pada pagi hari pukul 05:00 WIT sebesar 19,4°C. Suhu tertinggi di luar ruangan terjadi pada siang hari, pukul 12:00 WIT sebesar 28,9°C dan suhu terendah terjadi pada pagi hari pukul 06:00 WIT sebesar 18,7°C. Kelembapan rata-rata harian pada musim hujan di

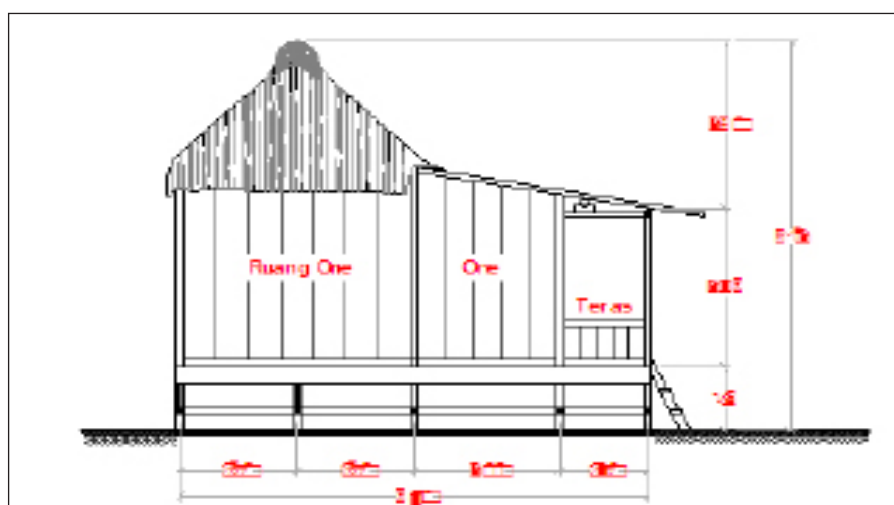
Tabel 1. Luas Masing-masing Ruang pada Rumah Tradisional Sao Pu'u

No.	Nama Ruang	Luas Ruang (m ²)	Keterangan
1.	Teras depan	15,86	tinggi atap 1,8 m
2.	Kamar tidur 1	9,10	tinggi atap 1,8 m
3.	Kamar tidur 2	11,2	tinggi atap 2,3 m
4.	<i>Teda One</i>	19,52	tinggi atap 2,3 m
5.	<i>One</i>	21,5	tinggi atap 2,3 m
6.	Dapur	19,5	tinggi atap 2,5 m
7.	Gudang	6,40	tinggi atap 2,5 m



Sumber: Laporan akhir, penelitian dan pengkajian kenyamanan termal bangunan tradisional, tahun 2010⁷

Gambar 1. Denah dan orientasi rumah Sao Pu'u di Kampung Wogo



Sumber: Laporan akhir, penelitian dan pengkajian kenyamanan termal bangunan tradisional, tahun 2010⁷

Gambar 2. Potongan bangunan uji di Kampung Wogo

dalam ruangan sebesar 86,1% dengan kelembapan maksimum sebesar 96% dan minimum sebesar 85%, sedangkan kelembapan rata-rata harian pada musim hujan di luar ruangan sebesar 89,7% dengan kelembapan maksimum sebesar 99% dan minimum sebesar 68% (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa pada musim hujan, bentuk rumah seperti pada Gambar 1 mampu memberi efek suhu dalam ruangan lebih rendah di dalam ruangan pada siang hari dan lebih tinggi di malam hari dengan kelembapan yang relatif rendah dibandingkan luar ruangan.

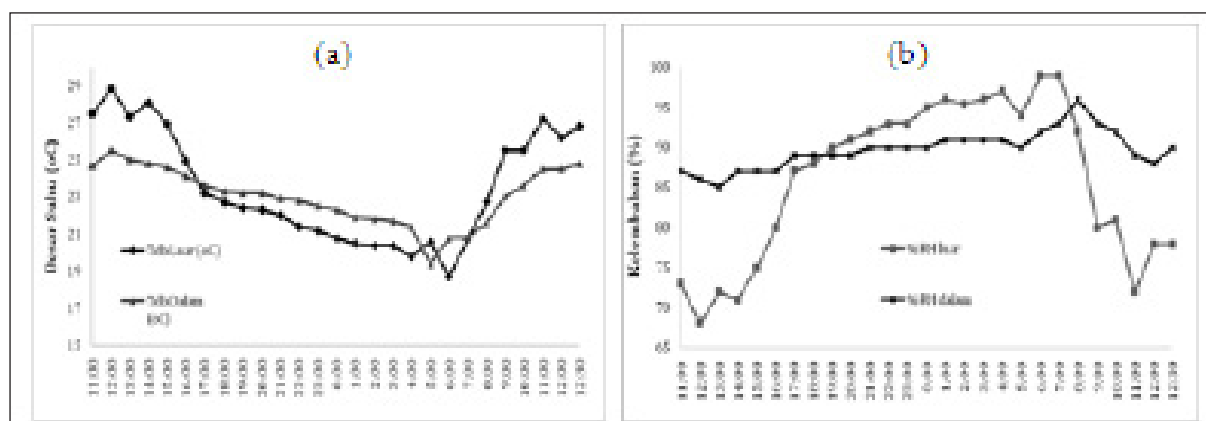
Pada musim kemarau, secara umum suhu rata-rata di dalam ruangan ($20,7^{\circ}\text{C}$) hampir sama dengan suhu di luar ruangan ($20,5^{\circ}\text{C}$) dengan perbedaan yang sangat kecil mencapai $0,2^{\circ}\text{C}$. Pada siang hari rata-rata suhu di dalam ruangan ($20,7^{\circ}\text{C}$) lebih tinggi dibandingkan rata-rata suhu di luar ruangan ($20,5^{\circ}\text{C}$), dengan perbedaan yang sangat kecil mencapai $0,2^{\circ}\text{C}$. Pada malam hari rata-rata suhu di dalam ruangan ($19,8^{\circ}\text{C}$) lebih tinggi $0,1^{\circ}\text{C}$ dibandingkan suhu di luar ruangan ($19,7^{\circ}\text{C}$). Suhu tertinggi di dalam ruangan terjadi pada siang hari, pukul 14:00 WIT sebesar $22,3^{\circ}\text{C}$, akibat dari pengaruh iklim makro yang menghembuskan angin kering sehingga mempercepat penguapan di udara yang mampu menurunkan suhu udara luar. Suhu terendah terjadi pada dini hari pukul 04:00 WIT sebesar $19,4^{\circ}\text{C}$. Adapun suhu tertinggi di luar ruangan terjadi pada siang hari, pukul 12:00 WIT sebesar $22,1^{\circ}\text{C}$ dan suhu terendah terjadi pada pagi hari pukul 06:00 WIT sebesar $19,2^{\circ}\text{C}$. Kelembapan rata-rata harian pada musim kemarau di dalam ruangan sebesar

93,5% dengan kelembapan maksimum sebesar 100% dan minimum sebesar 80%, sedangkan kelembapan rata-rata harian pada musim kemarau di luar ruangan sebesar 94% dengan kelembapan maksimum sebesar 100% dan minimum sebesar 87% (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa pada musim kemarau suhu dalam dan luar ruangan cenderung sama dengan tingkat kelembapan yang tinggi baik dalam maupun luar ruangan.

Respons Adaptif Penghuni Rumah Tradisional Sao Pu'u

Dari gambaran kondisi suhu dan kelembapan pada Gambar 3 dan 4, respons adaptif penghuni lebih banyak melakukan aktivitas di luar ruangan (halaman dan kebun) mulai dari pagi hingga sore hari. Adapun aktivitas di dalam ruangan dilakukan pada sore hingga malam hari. Pada suhu maksimum diadaptasi dengan mengenakan pakaian yang lebih tipis, sedangkan pada suhu minimum diadaptasi dengan mengenakan pakaian yang lebih tebal dengan penutup kepala.

Perilaku membuka jendela dilakukan pada pagi hingga sore hari untuk mengurangi kelembapan dalam ruangan dan menutup jendela pada malam hari untuk mengurangi pengaliran udara luar yang jenuh dengan uap air.



Gambar 3. Pengukuran suhu dan kelembapan dalam ruangan (a) dan luar ruangan (b) selama 24 jam pada musim hujan

Besaran Termal Responden pada Musim Hujan

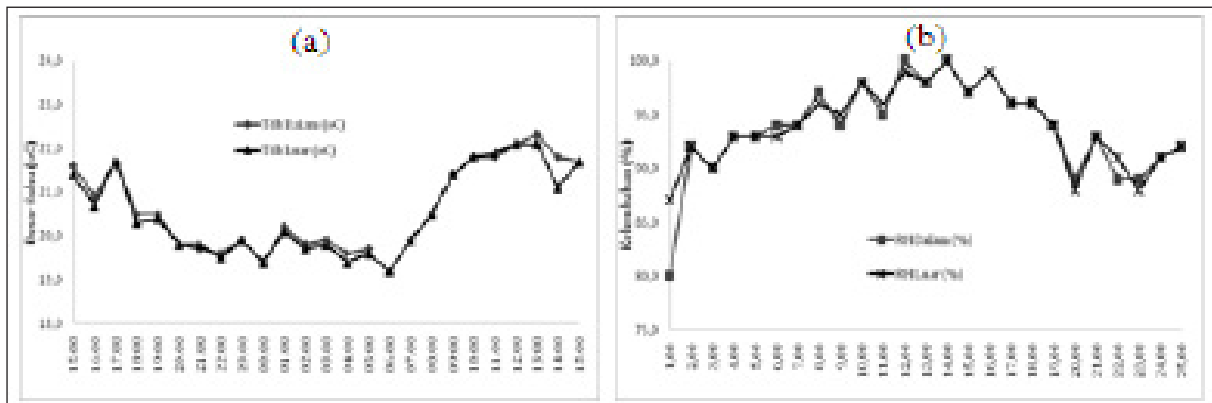
Kenetralan Kondisi Termal pada Musim Hujan

Perbandingan besaran kenyamanan termal statik dan adaptif pada musim hujan ditunjukkan pada Tabel 2. Kesan termal dari responden berada pada skala kesan termal dari suatu kelompok orang dalam lingkungan (*PMV*) sebesar 0,49–(-2,22). Hal ini menunjukkan kesan termal responden dari skala di atas adalah agak dingin hingga netral. Adapun skala termal adaptif berada pada skala (3)–(-3), yaitu pada skala dingin hingga panas. Skala termal adaptif berada pada rentang skala yang lebih besar daripada skala termal statik.

Tabel 3 menunjukkan persamaan kenetralan kondisi termal terhadap beberapa besaran termal. Dengan menjadikan nilai kenetralan termal ($KT = 0$), yaitu ketika kondisi netral (0) maka diperoleh kenetralan termal pada suhu operatif sebesar $27,1^{\circ}\text{C}$.

Preferensi Kondisi Termal pada Musim Hujan

Signifikansi antara suhu operatif (T_{op}) terhadap kondisi termal yang diharapkan pada musim hujan ternyata tidak signifikan (Tabel 4). Hal ini menunjukkan variabel-variabel yang memengaruhi termal (kecepatan angin dan suhu kering) tidak signifikan memengaruhi suhu operatif yang diharapkan.



Gambar 4. Pergerakan suhu dan kelembapan dalam ruangan (a) dan luar ruangan (b) selama 24 jam pada musim kemarau.

Tabel 2. Besaran Termal Hasil Analisis *Software STDOUT*⁸ Musim Hujan di Wogo

SKALA DISC (<i>Discomfort</i>): 0,89 - 0								
+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
Toleransi terbatas	Sangat tidak nyaman	Tidak nyaman	Agak tidak nyaman	Nyaman	Agak sejuk	Sejuk	Dingin	
SKALA TSENS (<i>Thermal Sensation</i>): 0,65–(-0,51)								
+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
Sangat Panas	Panas	Hangat	Agak Hangat	Netral	Agak Sejuk	Sejuk	Dingin	Sangat Dingin
SKALA PMV (<i>Predicted Mean Vote</i>): 0,49–(-2,22)								
+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
	Panas	Hangat	Agak hangat	Netral	Agak sejuk	Sejuk	Dingin	
SKALA Termal Adaptif : 3–(-3)								
+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
	Panas	Hangat	Agak hangat	Netral	Agak sejuk	Sejuk	Dingin	

Hasil analisis menunjukkan variabel $a = 543,65$ dan $b = -22,788$ sehingga persamaan preferensi termal adalah: $\text{Logit (PS)} = 543,65 - 22,788 T_{op}$. Diperoleh harga solusi pilihan 50% (0,5) dari T_{op} , yang berarti merupakan kondisi tidak ingin lebih dingin dan lebih panas sebesar $23,9^{\circ}\text{C}$ (Tabel 5).

Keberterimaan Kondisi Termal pada Musim Hujan

Keberterimaan terhadap kondisi termal diacu pada suhu operasional dengan memasukkan rentang suhu yang diterima oleh responden sehingga diperoleh rentang persentase keberterimaan kondisi termal 80% konsisten dari $18,1^{\circ}\text{C}$ sampai 32°C . Tabel 6 menunjukkan semua responden dapat menerima rentang suhu operatif (T_{op}) $18-28^{\circ}\text{C}$. Keberterimaan termal tertinggi pada rentang suhu $24,1-26,0^{\circ}\text{C}$ dan terendah pada rentang suhu $22,1-24,0^{\circ}\text{C}$ sehingga rata-rata keberterimaan termal pada musim hujan di Wogo sebesar $23,3^{\circ}\text{C}$.

Gambar 5 menunjukkan bahwa respons penghuni perumahan tradisional Wogo pada musim hujan terhadap kondisi iklim mikro lingkungan di sekitarnya sebagian besar masih berada pada rentang 80% zona nyaman adaptif ASHRAE 55 - 2004. Hanya terdapat sedikit yang berada di luar zona tersebut, yaitu ketika suhu operatif sekitar $19^{\circ}\text{C}-21^{\circ}\text{C}$.

Besaran Termal Responden pada Musim Kemarau

Kenetralan Kondisi Termal pada Musim Kemarau

Besaran kenyamanan termal ditunjukkan pada Tabel 7. Kesan termal dari responden berada pada skala PMV sebesar $(-0,49)-(-2,72)$. Hal ini menunjukkan kesan termal responden dari skala dingin hingga netral, sedangkan kesan termal adaptif berada pada skala $(+2)-(-3)$ yaitu dari skala dingin hingga netral. Skala termal adaptif berada pada rentang skala yang lebih besar daripada skala termal statik.

Tabel 8 menunjukkan persamaan netralitas termal terhadap beberapa besaran termal, di mana suhu operatif (T_{op}) memiliki realibilitas sebesar 80% terhadap kesan termal penghuni dengan menjadikan nilai $KT = 0$, yaitu ketika kondisi netral (0) maka diperoleh kenetralan termal pada suhu operatif sebesar $24,9^{\circ}\text{C}$.

Preferensi Kondisi Termal pada Musim Kemarau

Signifikansi antara suhu operatif (T_{op}) terhadap kondisi termal yang diharapkan pada musim kemarau ternyata tidak signifikan (Tabel 9). Hal ini menunjukkan variabel-variabel yang memengaruhi termal (kecepatan angin dan suhu kering) tidak signifikan memengaruhi suhu operatif yang diharapkan.

Tabel 3. Persamaan Kenetralan Kondisi Termal pada Musim Hujan di Wogo

Hubungan Besaran yang Dicari terhadap Skala Kesan termal	Persamaan Regresi Linier Kesan Termal (KT) ($KT = mx + b$)	Harga R^2	Kenetralan ($KT = 0$)
T_{op}	$KT = 0,257 T_{op} - 6,972$	0,47	27,1
DISC	$KT = 2,272 DISC - 0,795$	0,39	0,4
PMV	$KT = 0,942 PMV - 0,004$	0,45	0

Keterangan: Jumlah responden sebanyak 16 orang

Tabel 4. Hasil Analisis Preferensi Kondisi Termal SPSS 18 Musim Hujan di Wogo

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	T_{op}	-22,79	4.876,58	0,000	1	0,99	0,000
	Constant	543,65	116900,21	0,000	1	0,99	1.272E236

a. Variable(s) entered on step 1: T_{op} .

Diperoleh nilai a sebagai konstanta sebesar 544,373, dan nilai b sebagai variabel sebesar -23,227, sehingga persamaannya menjadi: Logit (PS) = 544,373 - 23,227T_{op}.

Tabel 10 menunjukkan bahwa suhu preferensi yang diharapkan dari responden adalah pada harga solusi pilihan 50% (0,50) yang berarti merupakan kondisi tidak ingin lebih dingin dan lebih panas dari 23,4°C.

Keberterimaan Kondisi Termal pada Musim Kemarau

Keberterimaan terhadap kondisi termal diacu pada suhu operasional (T_{op}) dengan memasukkan rentang suhu yang diterima oleh responden sehingga diperoleh rentang persentase keberterimaan kondisi termal 80% konsisten dari 18,1°C sampai 24°C. Tabel 11 menunjukkan semua responden dapat menerima rentang suhu operatif (T_{op}) 18–24°C. Keberterimaan termal tertinggi pada rentang suhu 22,1–24,0°C dan terendah pada rentang suhu 18,1–24,0°C sehingga rata-rata keberterimaan termal pada musim kemarau di Wogo sebesar 22,1°C.

Gambar 6 menunjukkan bahwa respons penghuni perumahan tradisional Wogo pada musim kemarau terhadap kondisi iklim mikro lingkungan di sekitarnya sebagian besar berada pada rentang 80% zona nyaman adaptif ASHRAE

55–2004. Hanya sebagian kecil yang berada di bawah zona nyaman adaptif ASHRAE, yaitu pada rentang suhu 22–23°C.

Tabel 12 menunjukkan selisih positif pada musim hujan dan kemarau antara kondisi netral dengan preferensi sehingga responden menginginkan kondisi yang lebih dingin. Dengan demikian, kondisi yang lebih sesuai untuk menyatakan kenyamanan termal responden adalah kondisi preferensi kondisi termal. Rentang suhu yang dapat diterima pada musim hujan di Kampung Wogo adalah T_{op} = 23,3–27,1°C. Adapun di musim kemarau pada rentang suhu T_{op} = 22,1–24,9°C.

KESIMPULAN

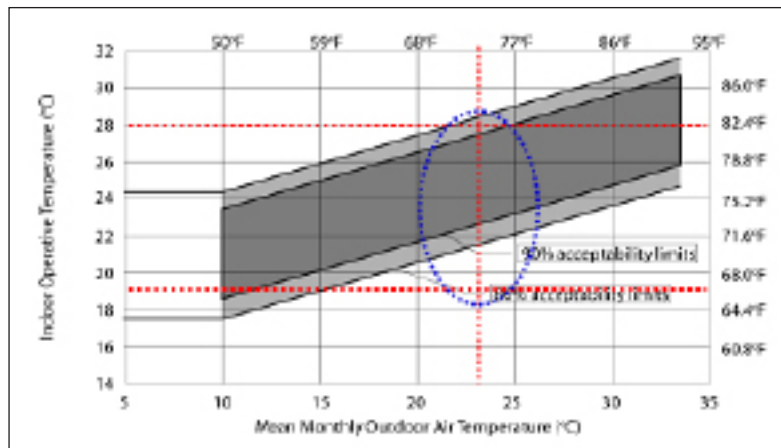
Respons adaptif penghuni rumah Sao Pu'u di Kampung Wogo, NTT terhadap kenetralan di musim hujan lebih tinggi sebesar 27,1 °C dibandingkan musim kemarau sebesar 24,9°C; suhu prefensi di musim hujan lebih tinggi sebesar 23,9°C dibandingkan musim kemarau sebesar 23,4°C; rata-rata keberterimaan pada musim hujan lebih tinggi sebesar 23,3 °C dibandingkan musim kemarau sebesar 21,1°C terhadap suhu operatif. Perbandingan suhu ini menunjukkan respons adaptif penghuni menginginkan suhu yang lebih rendah baik pada musim hujan maupun kemarau.

Tabel 5. Harga Preferensi Kondisi Termal Musim Hujan di Wogo

PS	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99
Logit (PS)	-2,20	-1,39	-0,85	-0,41	0,00	0,41	0,85	1,39	2,20	2,94	4,60
T _{op}	23,95	23,92	23,89	23,87	23,86	23,84	23,82	23,80	23,76	23,73	23,66

Tabel 6. Persentase Keberterimaan Kondisi Termal Musim Hujan di Wogo

No.	Rentang Suhu terhadap T _{op} (°C)	Jumlah Responden yang Menerima	Jumlah Responden yang Tidak Menerima	% Keberterimaan	% Ketidak-berterimaan
1	18,1–20,0	5	0	100	0
2	20,0–22,0	0	0	0	0
3	22,1–24,0	1	0	100	0
4	24,1–26,0	8	0	100	0
5	26,1–28,0	2	0	100	0
6	28,1–30,0	0	0	0	0
7	30,1–32,0	0	0	0	0



Gambar 5. Zona nyaman adaptif Desa Wogo musim hujan menurut ASHRAE 55–2004

Tabel 7. Besaran Termal Hasil Analisis *Software STDOUT*⁸ Musim Hujan di Wogo

SKALA DISC (<i>Discomfort</i>) : 0								
+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
Toleransi terbatas	Sangat tidak nyaman	Tidak nyaman	Agak tidak nyaman	Nyaman	Agak sejuk	Sejuk	Dingin	
SKALA TSENS (<i>Thermal Sensation</i>) : 0–(-0,33)								
+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
Sangat Panas	Panas	Hangat	Agak Hangat	Netral	Agak Sejuk	Sejuk	Dingin	Sangat Dingin
SKALA PMV (<i>Predicted Mean Vote</i>) : -0,49–(-2,72)								
+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
	Panas	Hangat	Agak hangat	Netral	Agak sejuk	Sejuk	Dingin	
SKALA Termal Adaptif : 2–(-3)								
+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
	Panas	Hangat	Agak hangat	Netral	Agak sejuk	Sejuk	Dingin	

Tabel 8. Persamaan Kenetralan Kondisi Termal pada Musim Kemarau di Wogo

Hubungan Besaran yang Dicari terhadap Skala Kesan Termal	Persamaan Regresi Linier Kesan Termal (KT) (KT = mx + b)	Harga R ²	Kenetralan (KT = 0)
T _{op}	KT = 0,393 T _{op} - 9,767	0,80	24,9
PMV	KT = 1,115 PMV - 0,265	0,58	0,2
PPD	KT = 0,025 PPD - 0,079	0,58	3,2

Keterangan: Jumlah responden sebanyak 20 orang

Tabel 9. Hasil Analisis Regresi Biner pada Musim Kemarau di Wogo

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	T _{op}	-23,23	4508,25	0,00	1	0,99	0,000
	Constant	544,37	106531,99	0,00	1	0,99	2,619E236

a. Variable(s) entered on step 1: T_{op}.

Tabel 10. Harga Preferensi Kondisi Termal Musim Kemarau di Wogo

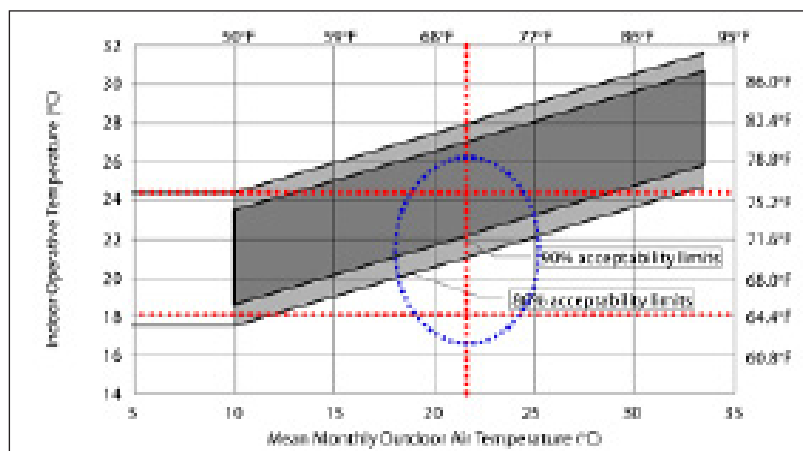
PS	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99
Logit (PS)	-2,20	-1,39	-0,85	-0,41	0,00	0,41	0,85	1,39	2,20	2,94	4,60
T _{op}	23,53	23,50	23,47	23,45	23,44	23,42	23,40	23,38	23,34	23,31	23,24

Tabel 11. Persentase Keberterimaan Kondisi Termal Musim Kemarau di Wogo

No.	Rentang Suhu terhadap T _{op} (°C)	Jumlah Responden yang Menerima	Jumlah Responden yang Tidak Menerima	% Keberterimaan	% Ketidakberterimaan
1	18,1–20,0	2	0	100	0
2	20,0–22,0	6	0	100	0
3	22,1–24,0	12	0	100	0

Tabel 12. Selisih Kenetralan dengan Preferensi Kondisi Termal Musim Hujan dan Kemarau

Kenetralan Kondisi Termal (°C)	Preferensi Kondisi Termal (°C)	Keberterimaan Termal (°C)	Selisih (°C)	Kenetralan Kondisi Termal (°C)	Preferensi Kondisi Termal (°C)	Keberterimaan Termal (°C)	Selisih (°C)
Musim Hujan				Musim Kemarau			
T _{op}	T _{op}	T _{op}		T _{op}	T _{op}	T _{op}	
27.1	23.9	23.3	3.2	24.9	23.4	22.1	1.5



Gambar 6. Zona nyaman adaptif Desa Wogo musim kemarau menurut ASHRAE 55–2004.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai PTPT Denpasar - Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman - Kementerian Pekerjaan Umum, Balai Sains Bangunan - Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman - Kementerian Pekerjaan Umum yang telah bersedia meminjamkan alat-alat pengukuran kenyamanan termal, dan kepada pembimbing yang memberikan masukan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹ASHRAE 55-2004 Thermal Comfort. 2005. Class Notes for Eenergy and Environtment 1 at the University of Strathclyde. (<http://www.esru.strath.ac.uk>, diakses 1 Maret 2010).
- ²Fanger, P.O. 1970. *Thermal Comfort, analysis and applications in environmental engineering*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- ³Satwiko, Prasasto. 2004. *Fisika Bangunan 1*. Yogyakarta: Andi.
- ⁴ISO 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*. ISO.
- ⁵Sujatmiko. 2007. *Studi Kenyamanan Termal Adaptif pada Hunian Berventilasi Alami di Indonesia*. Tesis, Program Studi Magister Teknik Fisika. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- ⁶Darlington, R.B. 1990. *Regression and Linier Models*. Mc. Graw-Hill.
- ⁷Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Denpasar. 2009. *Penelitian dan Pengkajian Kehandalan Rumah Tradisional di Propinsi Bali, NTB dan NTT*. Denpasar: Laporan Akhir, Balai PTPT Denpasar.
- ⁸de Dear, R. Brager, dan D. Cooper. 1997. *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. Final Report ASHRAE RP-884.

