

KENYAMANAN TERMAL ADAPTIF HUNIAN KAWASAN MANGROVE CENTRE-BATU AMPAR-BALIKPAPAN Adaptive Thermal Comfort of Mangrove Residential Area, Batu Ampar Balikpapan

¹Wahyu Sujatmiko, ²Fanny Kusumawati, ³Aan Sugiarto

Pusat Litbang Permukiman

Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan-Kabupaten Bandung 40393

¹Email: wsujatmiko@yahoo.com

²Email: fanny_luthu@yahoo.com

³Email: aansugiarto@telkom.net

Diterima : 07 Juli 2011; Disetujui : 01 Agustus 2011

Abstrak

Pada karya tulis ini disampaikan kajian kenyamanan termal adaptif responden perumahan Graha Indah Kawasan Mangrove Center Batu Ampar Balikpapan. Metoda penelitian adalah eksperimen lapangan. Diperoleh 49 data kesan termal dari penghuni 20 rumah, 10 rumah merupakan asli T36 dan sisanya modifikasi. Kondisi netralitas termal dirasakan responden pada $T_{db} = 29,4^{\circ}\text{C}$, $ET^* = 31,3^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 31,7^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 1,01$, $DISC = 1,94$, dan $PMV = 1,72$, kondisi rata-rata termal $T_{db} = 29,2^{\circ}\text{C}$, $ET^* = 31,1^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 31,5^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 0,97$, $DISC = 1,86$, dan $PMV = 1,67$, yang berarti responden menginginkan kondisi netral sedikit di atas kondisi rata-rata. Adapun kondisi preferensi termal adalah $T_{db} = 28,1^{\circ}\text{C}$, $ET^* = 30^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 30,2^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 0,74$, $DISC = 1,47$, dan $PMV = 1,37$. Hasil analisis kinerja termal unit bangunan memperlihatkan bahwa konstruksi selubung bangunan memiliki waktu tunda termal yang rendah, tercipta kondisi ruangan siang hari yang tidak nyaman (temperatur antara $27,8^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban rata-rata 78%). Hasil analisis data iklim memperlihatkan kondisi ekstrim minimum dan maksimum sepanjang tahun yang selalu di luar zona nyaman 80% ASHRAE. Konstruksi bangunan asli T36 yang masih memungkinkan terjadinya ventilasi silang untuk kenyamanan termal menjadi hilang oleh pemenuhan lahan dalam renovasi bangunan.

Kata kunci: Kenyamanan termal adaptif, responden rumah tinggal, konstruksi ringan, waktu tunda rendah

Abstract

This paper presents an adaptive thermal comfort study of respondents from Graha Indah residential area in Mangrove Center, Batu Ampar, Balikpapan. The research method employed is field experiment. There are 49 thermal data obtained from residents of 20 houses, which comprise 10 original T36 houses and the rest is modified. Respondents perceived the condition of thermal neutrality in dry bulb temperature $T_{db} = 29,4^{\circ}\text{C}$, thermal indices of $ET^* = 31,3^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 31,7^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 1,01$, $DISC = 1,94$, and $PMV = 1,72$, average thermal conditions in $T_{db} = 29,2^{\circ}\text{C}$, $ET^* = 31,1^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 31,5^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 0,97$, $DISC = 1,86$, and $PMV = 1,67$, which means that the respondents want a neutral condition slightly above average condition. The condition of thermal preference is $T_{db} = 28,1^{\circ}\text{C}$, $ET^* = 30^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 30,2^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 0,74$, $DISC = 1,47$, and $PMV = 1,37$. The results of the analysis of thermal performance of building units show that the construction of the building envelope has a low thermal time lag, resulting in uncomfortable day room temperatures (temperature range is $27.8^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$ and humidity 78% on average). Results of the analysis of climate data show the minimum and maximum extreme conditions throughout the year are always outside the comfort zone of 80% ASHRAE. T36 construction of the original building that still allows for cross ventilation for thermal comfort is lost due to the usage of the whole land for the renovation of the house building.

Keywords: Adaptive thermal comfort, residential building, lightweight construction, low time lag

PENDAHULUAN

Penelitian ini bertujuan mengkaji kenyamanan termal hunian adaptif pada kompleks permukiman di kawasan Mangrove Centre Batu Ampar Kecamatan Balikpapan Utara, Kota Balikpapan. Kajian kenyamanan termal adaptif pada dasarnya adalah upaya untuk mengetahui kenetralan kondisi termal (*thermal neutrality*), keterterimaan kondisi

termal (*thermal acceptability*), dan preferensi kondisi termal (*thermal preference*) responden suatu hunian, serta perilaku adaptif penghuni tersebut guna memperoleh kenyamanan termal dengan didukung sarana yang ada pada bangunan tersebut.

Terkait dengan riset kenyamanan adaptif hunian rumah tinggal di Indonesia ini, terdapat dua

permasalahan yang membutuhkan pengkajian lanjutan : 1. bagaimana model matematis kenyamanan termal adaptif penghuni bangunan hunian tidak bersusun dan bersusun. Pada penelitian sebelumnya (Sujatmiko, 2007) telah dilakukan penelitian kenyamanan termal adaptif untuk hunian rumah tinggal bukan rumah susun (rusun), yang terletak di Surabaya, Bandung, Semarang, dan Bekasi. Model yang diperoleh diperbandingkan dengan model kenyamanan termal adaptif dan statik dari ASHRAE 55 / ISO 7790. Perlu dilakukan pengkajian pada penghuni rusun dan juga penambahan pengkajian responden non rusun pada kota lain. 2. Bagaimana karakteristik termal hunian kawasan yang disurvei.

Tujuan penulisannya adalah menyampaikan sebagian dari upaya pemecahan kedua permasalahan di atas, yakni : 1. mendapatkan basis data baru berupa persamaan model adaptif kenyamanan termal penghuni bangunan hunian tidak bersusun di kawasan Mangrove Center Batu Ampar Kota Balikpapan. 2. mengetahui karakteristik termal hunian responden di kawasan Mangrove Center Batu Ampar Kota Balikpapan.

TINJAUAN TEORITIS

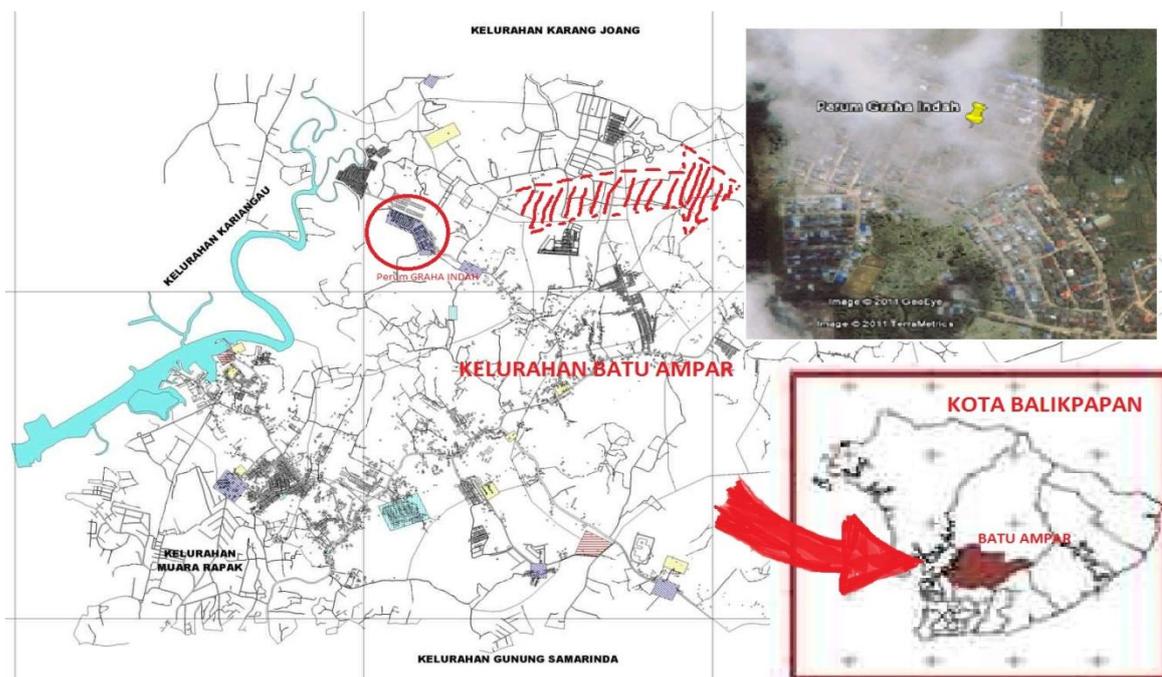
Penelitian Sebelumnya

Penelitian kenyamanan termal dengan metoda adaptif ASHRAE awalnya dilakukan untuk penghuni bangunan perkantoran atau hunian dengan banyak orang seperti ruang kelas, agar dapat dilakukan setting temperatur ruangan secara kolektif. Penerapan metoda adaptif tersebut untuk hunian rumah tinggal di Indonesia dimulai oleh riset Sujatmiko (2007) untuk hunian rumah tinggal. Ide ini dilanjutkan dengan survei rumah-rumah tradisional di Sumba, Flores, Timor, Lombok, dan Sumbawa (a.l. Sujatmiko dan M. Aryati, 2010), rusun Cigugur Cimahi (Sujatmiko, 2010), dan rusun Pasar Jumat (Sujatmiko, 2010). Penerapan metoda ASHRAE ini pada hunian rumah tinggal relatif lebih sulit dalam upaya perolehan data kesan termal, karena harus mendatangi responden dari rumah ke rumah, berbeda dengan perkantoran yang dengan sekali datang pada suatu ruangan kantor, dapat terdapat banyak orang sekaligus.

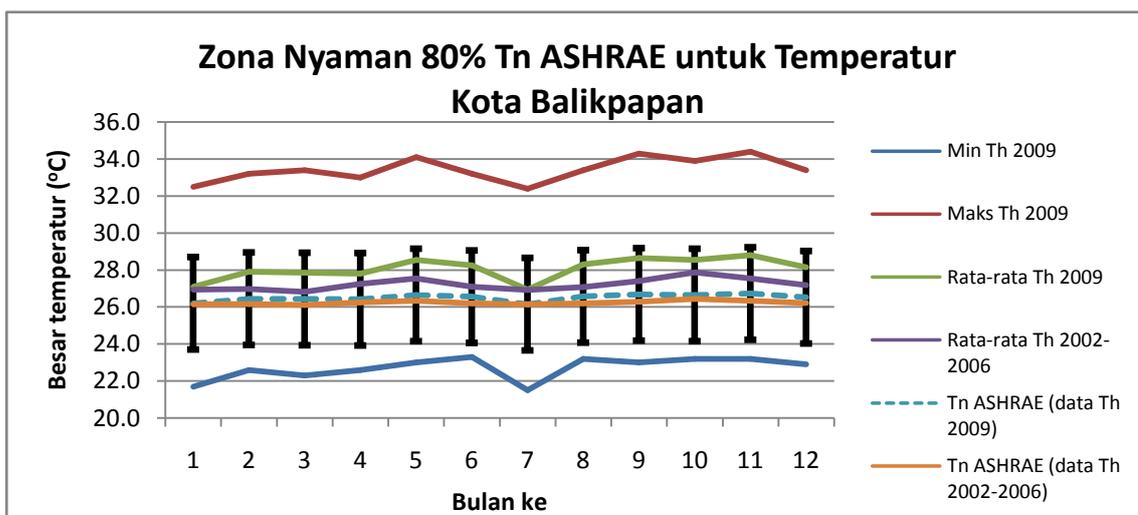
Berdasarkan data temperatur bola kering T_{db} , temperatur radian rata-rata T_{mrt} , kelembaban udara RH, kecepatan angin V_a , tingkat aktifitas responden met, dan tingkat insulasi pakaian responden clo, dapat dihitung besaran indeks termal temperatur efektif ET^* , SET^* , TSENS, DISC, dan PMV. Penjelasan mengenai indeks termal ini dapat dilihat pada Sujatmiko (2007). Sebagai pembandingan terhadap hasil survei lokasi Balikpapan yang akan disampaikan pada makalah ini, hasil Sujatmiko (2007) untuk responden rumah tinggal dan kantor berventilasi alami (387 data) di kota Bandung, Bekasi, dan Semarang, kondisi netral dirasakan responden pada $T_{db} = 27,3^{\circ}C$, $ET^* = 29,4^{\circ}C$, $SET^* = 30,1^{\circ}C$, DISC = 1,7, TSENS 1,1, dan PMV = 1,1. Kondisi preferensi dirasakan pada $T_{db} = 25,3^{\circ}C$, $ET^* = 27,3^{\circ}C$, $SET^* = 27,2^{\circ}C$, DISC = 0,8, TSENS 0,7, dan PMV = 0,5. Apabila kondisi kenetralan diperbandingkan kondisi preferensi, terlihat responden menginginkan kondisi preferensi yang lebih rendah dari kondisi netral, kondisi ini merupakan tipikal kondisi daerah tropis dan pengukuran musim kemarau (Sujatmiko 2007 dan Kwok 1998).

Kondisi Iklim

Data iklim terdekat diperoleh berdasarkan data iklim Bandara Sepinggan Balikpapan. Jarak antara bandara dengan lokasi apabila ditarik garis lurus pada peta adalah 9,6 km. Kedua lokasi sama-sama berada pada dataran rendah, dengan beda iklim mikro kalau bandara dekat pantai sedangkan lokasi survei Batu Ampar di tepi hutan mangrove. Ekosistem mangrove atau hutan bakau termasuk ekosistem pantai atau komunitas bahari dangkal yang terdapat pada perairan tropik dan subtropik, dengan jenis pohon yang relatif seragam dan selalu hijau. Mangrove menghendaki lingkungan tumbuh yang membutuhkan air asin, berlumpur, dan selalu tergenang karena sifat pohon mangrove yang halofit, artinya tahan akan tanah yang mengandung garam dan genangan air laut (Irwan, hal 135). Dengan demikian dari segi kenyamanan termal hutan mangrove selain dapat menurunkan temperatur karena dedaunan hijaunya juga menyumbangkan kelembaban yang tinggi karena kondisi lingkungan yang selalu tergenang.



Gambar 1 Lokasi survei, Perumahan Graha Indah Kelurahan Batu Ampar, Balikpapan Utara, Kota Balikpapan. (Gambar diolah dari http://www.balikpapan.go.id/components/com_peta/batu%20ampar.jpg dan Google Earth)



Gambar 2 Zona 80% Temperatur Kenetralan (Tn) (Temperatur Nyaman) Menurut ASHRAE 55-2004 Berdasarkan Data Iklim Balikpapan (Hasil Analisis)

METODE PENELITIAN

Pertama-tama dilakukan survei kesan termal terhadap responden penghuni bangunan rumah tinggal di kawasan Mangrove Centre Perum Graha Indah Batu Ampar Kota Balikpapan. Pengukuran mencakup pengukuran kesan termal dan besaran fisik lingkungan responden.

Responden

Pengukuran kesan termal dilakukan terhadap responden penghuni bangunan yang telah teraklimatisasi (yakni merupakan penghuni hunian yang disurvei dan telah ada di ruangan minimal 15 menit sebelum disurvei), dengan aktifitas santai

mantap 1 -1,2 met. Keseluruhan diperoleh 49 data kesan termal dari 49 responden (masing-masing mengisi 1 kali) yang tersebar di 20 unit rumah yang ada di Kompleks Perumahan Graha Indah daerah Mangrove Center Batu Ampar. Detil responden beserta indeks termal tertera pada tabel L1. Responden laki-laki dan perempuan hampir sama, yakni laki-laki 44,9% dan perempuan 55,1%. Kota Balikpapan merupakan kota multi etnis, demikian juga kondisi lokasi survei, suku bangsa responden beragam, yakni Jawa 38,8%, Banjar 24,5%, dan lainnya 36,7% terdiri atas beragam suku yakni Bugis, Toraja, Sunda, Madura, Manado, Palembang, dan Kutai. Umur responden beragam,

terbesar 31-40 tahun (38,8%), lalu 41-50 tahun (18,2%), 51-57 tahun (16,3%), 21-30 tahun (14,2%), dan 13-20 tahun (12,1%). Pendidikan mayoritas jenjang SMA-D3 (67,3%), diikuti SMP (16,3%), D4-S1 (8,2%) dan SD (8,2%).

Kuesioner

Terhadap responden tersebut diberikan kuesioner (disampaikan pada bagian lampiran makalah ini) terkait kenetralan kondisi termal, keterterimaan kondisi termal, preferensi kondisi termal, kondisi angin, kondisi keringat, dan kondisi kenyamanan umum. Diperoleh 49 data kesan termal sebagaimana tertera pada tabel L1.

Pengukuran Lingkungan Fisik

Pengukuran besaran fisik sekitar responden dilakukan mengikuti metoda kelas II menurut de Dear sebagaimana disampaikan dalam Sujatmiko (2007), di mana seluruh variabel fisik lingkungan dalam ruangan (baik yang ditaksir yakni nilai clo pakaian dan besar kegiatan (met) responden), maupun yang diukur, yakni temperatur bola kering T_{db} , temperatur globe T_{globe} , kecepatan angin V_a , dan kelembaban RH yang diperlukan untuk menghitung indeks kenyamanan ET*, SET*, TSENS, DISC, dan PMV dikumpulkan pada waktu dan tempat bersamaan pengumpulan kuesioner. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 0,6 m di atas lantai untuk mengukur ketinggian responden duduk. Alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah: Corona untuk mengukur temperatur udara bola kering T_{db} dan kelembaban udara (RH), Questemp 34 untuk mengukur temperatur globe T_{globe} guna menghitung temperatur radian rata-rata T_{mrt} (formulasi dapat dilihat pada Sujatmiko, 2007) dan Kanomax Anemomaster untuk mengukur kecepatan angin V_a .

Prosedur Analisis Data

Kedua, berdasarkan data yang diperoleh pada langkah pertama di atas, dilakukan perhitungan indeks termal menggunakan perangkat lunak ASHRAE Thermal Comfort untuk menghitung besaran indeks termal ET*, SET*, DISC, TSENS, dan PMV. Masukan yang dibutuhkan adalah T_{db} , T_{mrt} , V_a , dan RH, clo, dan met.

Ketiga, dilakukan analisis kenetralan kondisi termal, keterterimaan kondisi termal, dan preferensi kondisi termal. Analisis kenetralan kondisi termal dilakukan dengan melakukan analisis regresi terhadap hasil jawaban kuesioner kenetralan kondisi termal. Analisis regresi dilakukan terhadap hasil besaran fisik dan indeks termal yang telah diperoleh dari hasil pengukuran dan perhitungan, mencakup besaran utama T_{db} , ET*, SET*, DISC, TSENS, dan PMV. Dengan analisis regresi ini akan diperoleh harga kenetralan kondisi termal responden. Analisis keterterimaan kondisi

termal dilakukan terhadap hasil jawaban kuesioner keterterimaan kondisi termal. Analisis keterterimaan kondisi termal dilakukan dengan memplot prosentase rata-rata jawaban responden pada bin tertentu temperatur bola kering. Analisis preferensi kondisi termal dilakukan dengan menganalisis hasil kesan termal terkait kuesioner preferensi kondisi termal. Persamaan preferensi termal dihitung dengan menggunakan regresi biner. Dengan jawaban biner ini dilakukan analisis regresi biner menggunakan perangkat lunak SPSS, dengan kesan termal preferensi (dalam kuesioner disebut KusA3) sebagai variabel *dependent* dan besaran yang ingin dikaji (yakni temperatur bola kering T_{db} , indeks termal ET*, SET*, TSENS, DISC, dan PMV) sebagai *covariate*, sehingga menurut Darlington dalam Sujatmiko (2007) diperoleh harga kemiringan b dan konstanta a dari persamaan regresi biner Logit (PS) = $a + b.K$, di mana K adalah besaran yang ingin dikaji. Sehingga $K = [\text{Logit (PS)} - a]/b$, dengan $\text{Logit (PS)} = \ln(PS/1-PS)$. Perhitungan Logit (PS) dilakukan dengan perangkat lunak *spreadsheet* MS Excel.

Iklim

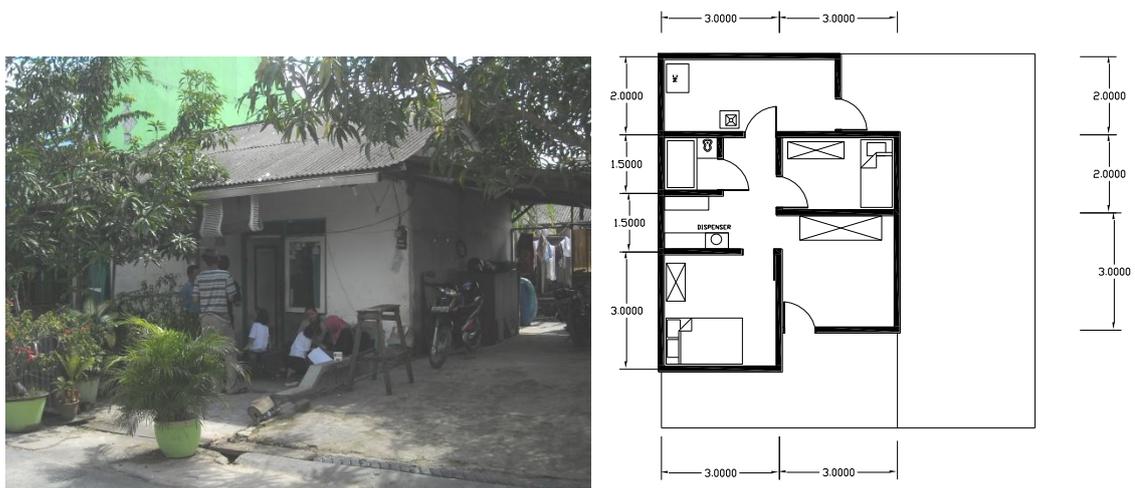
Keempat, analisis kondisi iklim. Hasil analisis temperatur kenetralan ASHRAE untuk data iklim Balikpapan disampaikan pada gambar 2. Dari gambar 2 terlihat bahwa besar temperatur sepanjang tahun 2009 sebagai perwakilan data berada pada zona nyaman 80% ASHRAE, namun temperatur maksimum dan minimum berada di luar zona nyaman. Berarti meskipun secara rata-rata dapat dikatakan berada pada zona nyaman, kota Balikpapan mengalami kondisi ekstrim maksimum sepanjang tahun yang selalu di atas zona nyaman 80% ASHRAE maupun kondisi minimum di bawah zona nyaman 80% ASHRAE.

Bangunan

Kelima, pada lokasi pengukuran Komplek Perum Graha Indah ini diambil sampel 20 unit bangunan rumah tinggal T36, dengan kode unit tertera pada tabel L1 (lampiran). Dari 20 unit tersebut, 10 unit merupakan bangunan yang masih asli, sisanya sudah dimodifikasi. Dari daftar pada tabel L1, unit yang masih asli (bahan dan bentuk utama bangunan masih tetap sesuai rancangan awal tipe rumah sederhana sehat, beberapa dengan modifikasi sedikit penambahan dapur dan atap penehuh) adalah AB8, AA8, Z35, AB9, AA19, AA21, AB85, X2, Z7, dan AC6. Adapun bangunan lainnya merupakan bangunan renovasi. Sedangkan untuk unit hunian yang dilakukan pengukuran temperatur siang malam sebagaimana tertera pada gambar 4 adalah merupakan unit T36 dengan bahan dan bentuk yang asli dengan sedikit modifikasi pada penambahan penehuh di samping kiri bangunan.



Gambar 3 Lokasi survei pada RT 85 Perum Graha Indah Batu Ampar Balikpapan Utara. Gambar Google Earth diambil dari pencitraan tahun 2003 sisi kanan dan 2007 sisi kiri. Tampak lokasi survei dikelilingi hutan mangrove (Hasil Analisis).



Gambar 4 Rumah responden yang diukur temperatur siang-malam di RT 85 Perum Graha Indah Batu Ampar Balikpapan Utara (Hasil Analisis).



Gambar 5 Profil pengukuran siang malam di salah satu rumah penduduk di RT 85 Perum Graha Indah Batu Ampar Balikpapan Utara (Hasil Analisis).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kenetralan, Keterterimaan, dan Preferensi Kondisi Termal

Pada tabel 1 dan 2 disampaikan mengenai besaran fisik, pakaian, aktifitas termal responden, indeks termal dan pilihan aktual responden terkait kesan termal, meliputi nilai minimum, maksimum, dan rata-rata. Terlihat rata-rata temperatur ruangan cukup tinggi 29,2°C. Kondisi temperatur rata-rata yang cukup tinggi ini karena pengukuran dilakukan siang hari, antara jam 10,00 – 17.30, dengan prosentase terbesar antara 11.00 – 14.00. Hal ini sesuai dengan profil pengukuran temperatur siang malam pada gambar 5, di mana pada gambar 5 terlihat bahwa pada rentang pukul 11.00 – 14.00 temperatur berada pada rata-rata sekitar 30°C dengan puncak mencapai 32°C.

Selanjutnya, pada tabel 3 disampaikan hasil persamaan kenetralan termal. Dari tabel 3 terlihat bahwa kondisi netral dirasakan responden pada $T_{db} = 29,4^{\circ}\text{C}$, $ET^* = 31,3^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 31,7^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 1,01$, $DISC = 1,94$, dan $PMV = 1,72$, yang berarti responden menginginkan kondisi netral sedikit di atas kondisi rata-rata ($T_{db} = 29,2^{\circ}\text{C}$, $ET^* = 31,1^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 31,5^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 0,97$, $DISC = 1,86$, dan $PMV = 1,67$). Hasil ini berkebalikan dengan kasus yang umum (Sujatmiko, 2007) di mana umumnya kondisi netral lebih rendah dari kondisi rata-rata. Harga PMV netral diatas 0, berarti kondisi netral menurut responden berada jauh di atas prediksi netral menurut pendekatan statik.

Hasil analisis rentang keterterimaan termal tertera pada tabel 4. Pada tabel 4 terlihat bahwa penerimaan 100% keterterimaan kondisi termal hampir terjadi pada semua rentang temperatur dari terbawah 27,0°C hingga teratas 31,2,9°C. Penting untuk dicatat di sini responden menerima kondisi termal pada temperatur sisi atas rentang keterterimaan termal dan kondisi netral dirasakan lebih tinggi dari kondisi rata-rata. Besar kemungkinan responden telah beradaptasi dengan lingkungan sekitar dan kondisi lingkungan yang masih dikelilingi hutan bakau membuat ekspektasi responden terhadap kenyamanan menjadi lebih lebar dan tinggi.

Hasil analisis preferensi termal yang disampaikan pada tabel 5 memperlihatkan bahwa kondisi preferensi adalah $T_{db} = 28,1^{\circ}\text{C}$, $ET^* = 30^{\circ}\text{C}$, $SET^* = 30,2^{\circ}\text{C}$, $TSENS = 0,74$, $DISC = 1,47$, dan $PMV = 1,37$. Apabila dibandingkan antara hasil rata-rata termal, hasil kenetralan termal, dan hasil preferensi termal maka terlihat bahwa kenetralan termal berada sedikit lebih tinggi dari kondisi rata-rata termal dan kondisi rata-rata termal lebih tinggi dari kondisi preferensi termal. Kondisi responden yang menginginkan preferensi termal lebih rendah dari

kenetralan termal serupa dengan hasil sebelumnya dan keadaan ini merupakan tipikal daerah tropis dan pengukuran musim kemarau (Sujatmiko, 2007). Hanya untuk hasil kondisi kenetralan termal yang lebih tinggi dari rata-rata termal dan respon menghuni yang menerima kondisi termal hingga batas atas rentang pengukuran merupakan temuan yang perlu dikaji lebih lanjut.

Dengan demikian hasil di atas menunjukkan bahwa kenetralan termal dan preferensi termal merupakan kondisi termal yang berbeda. Hasil ini sesuai dengan yang dilaporkan Sujatmiko (2007). Dengan demikian, untuk menyatakan kenyamanan termal, perlu dibedakan antara kedua kondisi tersebut. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kondisi kenetralan selalu lebih tinggi dari kondisi preferensi, berarti terdapat harga selisih yang positif, yang berarti responden menginginkan kondisi yang lebih dingin dari kondisi kenetralan. Untuk kondisi Indonesia, dengan memperbandingkan hasil studi peneliti lain (Sujatmiko, 2007, juga penelitian Hawaii oleh Kwok, 1998), kondisi yang lebih sesuai untuk menyatakan kenyamanan termal adalah kondisi preferensi termal.

Hasil kuesioner terkait masalah angin, keringat, dan kenyamanan umum disampaikan pada tabel 6. Tertera pada tabel 6, terkait kondisi angin, diperoleh harga rata-rata pilihan responden adalah 4,45, artinya cenderung mendekati cukup sesuai atau cukup dapat diterima dan responden juga mengatakan bahwa aliran angin yang ada adalah 2,47, artinya responden menginginkan kondisi angin antara kondisi tetap dan di bawah kondisi ingin lebih banyak angin. Dengan demikian ada responden yang menyatakan tetap dan ada yang menginginkan lebih banyak angin. Untuk kondisi keringat di ruangan dirasakan responden 2,59 atau keringat keluar sedang dan sedikit.. Keringat yang keluar dirasakan responden rata-rata 1,9 atau mendekati cepat menguap dan tidak lengket. Tingkat kenyamanan umum responden 5,06 atau menurut responden hunian mereka cukup nyaman.

Profil Temperatur Siang Malam

Hasil pengukuran temperatur siang malam disampaikan pada gambar 5. Berdasarkan hasil tersebut, terlihat bahwa konstruksi selubung bangunan (yakni perimeter bangunan yang terpapar radiasi matahari atau bersentuhan dengan udara luar) merupakan konstruksi ringan, yakni memiliki waktu tunda (*time lag*) termal yang rendah, terlihat besar temperatur udara dalam bangunan berfluktuasi mengikuti temperatur udara luar dengan berjalan hampir beriringan, dalam arti hampir tanpa pengurangan pada besar puncak gelombang atau besar temperatur, bahkan

terlihat jauh lebih besar di siang hari yang menciptakan kondisi tidak nyaman. Terukur rentang temperatur dalam ruangan antara 27,8°C – 34°C. Barangkali mengacu data tersebut mendorong responden beradaptasi pada kondisi temperatur netral dan preferensi yang cukup tinggi dibandingkan daerah lain berdasarkan data Sujatmiko (2007).

Apabila dicermati hasil analisis temperatur kenetralan ASHRAE untuk data iklim Balikpapan sebagaimana disampaikan pada gambar 2, terlihat bahwa besar temperatur sepanjang tahun 2009 sebagai perwakilan data berada pada zona nyaman 80% ASHRAE, namun temperatur maksimum dan minimum berada di luar zona nyaman. Berarti meskipun secara rata-rata dapat dikatakan berada pada zona nyaman, kota Balikpapan mengalami kondisi ekstrim maksimum sepanjang tahun yang selalu di atas zona nyaman 80% ASHRAE maupun kondisi minimum di bawah zona nyaman 80% ASHRAE. Dari hasil pengukuran siang malam ini teramati bahwa pada jam siang terlihat pada rentang pukul 11.00 – 14.00 temperatur berada pada rata-rata sekitar 30°C dengan puncak mencapai 32°C.

Salah satu solusi untuk karakteristik konstruksi termal yang ringan ini adalah selubung bangunan harus banyak menciptakan aliran angin ventilasi silang di dalam bangunan. Meski harus di jaga di

malam hari karena siang hari kelembaban sudah cukup tinggi (pada tabel 1 terbaca rata-rata 78%, apalagi kondisi malam hari, mengingat sekeliling lingkungan permukiman merupakan kawasan mangrove centre. Terkait penciptaan ventilasi silang ini, konstruksi asli bangunan memungkinkan untuk itu, terlihat dari adanya bukaan atau celah antara atap asbes dengan dinding batako, untuk mengurangi panasnya ruangan akibat beratapkan asbes tanpa adanya plafon, jendela yang terbuka, dan pintu masuk di depan dan pintu dapur belakang umumnya selalu terbuka jika penghuni di rumah. Halaman bangunan di kiri dan kanan bangunan asli T36 masih menyisakan ruang yang cukup untuk memungkinkan terjadinya ventilasi silang, dan adanya tanaman di halaman bangunan memungkinkan penurunan temperatur lingkungan yang sangat membantu mengurangi panasnya udara di dalam bangunan. Adapun rumah-rumah yang telah dimodifikasi tampak ada yang berhasil dengan pembangunan ventilasi silang memanfaatkan menara atap, namun ada yang gagal karena telah menutup habis seluruh balaman, sedangkan tetangga pun juga demikian, sehingga terhalanglah kemungkinan terjadinya aliran angin untuk ventilasi silang, sebagai akibatnya hunian menjadi panas kurang angin, dan mesin pengkondisian udara (AC) yang dipasang terasa tidak mencukupi.

Tabel 1 Besaran Fisik, Pakaian, dan Aktifitas Termal Responden Batu Ampar-Balikpapan

Besaran	Jumlah Data (N)	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
T _{db} dalam ruangan	49	27,0	32,1	29,2	1,50
V _a dalam ruangan	49	0,1	0,1	0,1	0,00
RH dalam ruangan	49	65,0	92,0	78,3	8,27
Clo	49	0,60	0,80	0,66	0,08
Met	49	1,00	1,00	1,00	0,00

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 2 Indeks Termal dan Kesan Termal Responden Batu Ampar-Balikpapan

Indeks Termal	Jumlah Data (N)	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
ET*	49	28,8	33,9	31,1	1,41
SET*	49	28,7	35,1	31,5	1,64
TSSENS	49	0,5	1,6	0,97	0,30
DISC	49	1,0	3,1	1,86	0,52
PMV	49	0,91	2,63	1,67	0,47
Kenetralan	49	-3,00	3,00	-0,12	1,9
Keterterimaan	49	1,00	2,00	1,02	0,14
Preferensi	49	1,00	3,00	1,71	0,71

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 3 Persamaan Kenetralan Termal Responden Batu Ampar-Balikpapan

No	Jumlah Data	Persamaan Kenetralan Termal (KT)	Koef. R	Kenetralan (N)
1	49	KT = 0,599.T _{db} - 17,637	0,468	T _{db} = 29,4°C
2	49	KT = 0,599.ET* - 18,739	0,441	ET* = 31,3 °C
3	49	KT = 0,490.SET* - 15,546	0,419	SET* = 31,7 °C
4	49	KT = 2,943.TSENS - 2,976	0,419	TSSENS = 1,01
5	49	KT = 1,496.DISC - 2,906	0,406	DISC = 1,94
6	49	KT = 1,894.PMV - 3,270	0,468	PMV = 1,72

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4 Keterterimaan Termal Responden Batu Ampar-Balikpapan

Pilihan	Keterterimaan Termal (%)					
	27,0-27,9°C	28,0-28,9°C	29,0-29,9°C	30,0-30,9°C	31,0-31,9°C	32,0-32,9°C
Ya	91,67	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Tidak	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah	100	100	100	100	100	100

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 5 Preferensi Termal Responden Batu Ampar-Balikpapan

No	Besaran Termal	Jumlah Data (N)	Preferensi (P)	Selisih (N ^o)-P)
1	T _{db}	49	28,1 °C	1,3
2	ET*	49	30 °C	1,3
3	SET*	49	30,2 °C	1,5
4	TSENS	49	0,74	0,27
5	DISC	49	1,47	0,47
6	PMV	49	1,37	0,35

^oN = kenetralan termal (Tabel 4)

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 6 Hasil Kuesioner Kondisi Angin, Keringat dan Kenyamanan Umum

Kuesioner	Jumlah Data (N)	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
Kondisi angin 4.A	49	2	6	4,45	1,022
Kondisi angin 4.B	49	2	4	2,47	0,544
Kondisi keringat 5.A	49	1	4	2,59	1,079
Kondisi keringat 5.B	49	1	2	1,90	0,306
Kenyamanan umum (6)	49	4	6	5,06	0,317

Sumber : Hasil Analisis

KESIMPULAN

Diperoleh 49 data kesan termal dari penghuni 20 rumah, 10 rumah merupakan asli T36 dan sisanya modifikasi. Kondisi netralitas termal dirasakan responden pada T_{db} = 29,4°C, ET* = 31,3 °C, SET* = 31,7 °C, TSENS = 1,01, DISC 1,94, dan PMV = 1,72, kondisi rata-rata termal T_{db} = 29,2°C, ET* = 31,1 °C, SET* = 31,5 °C, TSENS = 0,97, DISC 1,86, dan PMV = 1,67, yang berarti responden menginginkan kondisi netral sedikit di atas kondisi rata-rata. Kondisi kenetralan yang lebih tinggi dari rata-rata dan respon menghuni yang menerima kondisi termal hingga batas atas rentang pengukuran merupakan temuan yang perlu dikaji lebih lanjut.

Adapun kondisi preferensi termal adalah T_{db} = 28,1°C, ET* = 30 °C, SET* = 30,2 °C, TSENS = 0,74, DISC 1,47, dan PMV = 1,37. Apabila dibandingkan antara kondisi termal rata-rata, kenetralan, dan preferensi maka terlihat bahwa kenetralan termal berada sedikit lebih tinggi dari rata-rata dan rata-rata lebih tinggi dari preferensi termal. Kondisi responden yang menginginkan preferensi lebih rendah dari kenetralan serupa dengan hasil sebelumnya dan keadaan ini merupakan tipikal daerah tropis dan pengukuran musim kemarau. Hasil ini menunjukkan bahwa kenetralan termal dan preferensi termal merupakan kondisi termal yang berbeda. Hasil ini sesuai dengan yang dilaporkan Sujatmiko (2007). Dengan demikian, untuk menyatakan kenyamanan termal, perlu

dibedakan antara kedua kondisi tersebut. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kondisi kenetralan selalu lebih tinggi dari kondisi preferensi, berarti terdapat harga selisih yang positif, yang berarti responden menginginkan kondisi yang lebih dingin dari kondisi kenetralan. Untuk kondisi Indonesia, dengan memperbandingkan hasil studi peneliti lain (juga Kwok), kondisi yang lebih sesuai untuk menyatakan kenyamanan termal adalah kondisi preferensi termal.

Hasil analisis kinerja termal unit bangunan memperlihatkan bahwa konstruksi selubung bangunan (yakni perimeter bangunan yang terpapar radiasi matahari atau bersentuhan dengan udara luar) merupakan konstruksi ringan, yakni memiliki waktu tunda (*time lag*) termal yang rendah, terlihat besar temperatur udara dalam bangunan berfluktuasi mengikuti temperatur udara luar dengan berjalan hampir beriringan, dalam arti hampir tanpa pengurangan pada besar puncak gelombang atau besar temperatur, bahkan terlihat jauh lebih besar di siang hari yang menciptakan kondisi tidak nyaman. Terukur rentang temperatur dalam ruangan antara 27,8°C – 34°C. Hasil analisis data iklim memperlihatkan kondisi ekstrim minimum dan maksimum sepanjang tahun yang selalu di atas zona nyaman 80% ASHRAE maupun kondisi minimum di bawah zona nyaman 80% ASHRAE.

Salah satu solusi untuk karakteristik konstruksi termal yang ringan ini adalah selubung bangunan harus banyak menciptakan aliran angin ventilasi silang di dalam bangunan. Meski harus di jaga di malam hari karena siang hari kelembaban sudah cukup tinggi (78%, apalagi kondisi malam hari, mengingat sekeliling lingkungan permukiman merupakan kawasan hutan bakau. Terkait penciptaan ventilasi silang ini, konstruksi asli bangunan yang masih menyisakan tanah kosong memungkinkan untuk itu. Bangunan-bangunan baru renovasi justru menghilangkan peluang tersebut.

SARAN

Data penelitian perlu digabungkan dengan data dari lokasi lain untuk menjadi basis data penelitian kenyamanan termal adaptif responden Indonesia, sehingga dihasilkan persamaan yang mewakili Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Pusat Litbang Permukiman atas terlaksanakannya kegiatan penelitian ini sebagai bagian dari kegiatan APBN 2010 Sub Kegiatan Kajian Kenyamanan Termal Hunian pada Kegiatan Penelitian dan Pengembangan Kriteria Perencanaan Arsitektur, Struktur, dan Utilitas.

DAFTAR PUSTAKA

http://www.balikipapan.go.id/index.php?option=com_balikipapan&task=iklim, diunduh 15 Oktober 2010.

- Irwan, Z. D., 2003. Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi Ekosistem Komunitas dan Lingkungan. Bumi Aksara.
- Kwok, A.G., 1998. *Thermal comfort in tropical classrooms*. ASHRAE Transactions Symposia SF-98-7-5.
- Sujatmiko, W, M. N. Alfata, F. Kusumawati, dan A. Sugiharto, 2011. Respon Termal Penghuni dan Rancangan Model Selubung untuk Kenyamanan Termal Hunian: Studi Kasus Rumah Tinggal di Malang, Ambon, dan Balikpapan, serta Rusun Pasar Jumat dan Kemayoran Jakarta. *Prosiding Kolokium Hasil Litbang Permukiman 2011*. Pusat Litbang Permukiman-PU.
- Sujatmiko, W, W. Hendradjit, dan Soegijanto, 2008. Menuju Penyusunan Standar Kenyamanan Adaptif di Indonesia. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Standardisasi (PPIS) 2008*. BSN.
- Sujatmiko, W., 2010. Kajian Tingkat Kenyamanan Termal Rusunawa Cigugur Cimahi Berdasarkan Hasil Pengukuran Lapangan. *Jurnal Teknik Sipil UPH Vol. 7 No. 1 Maret 2010*.
- Sujatmiko, W., 2010. *Studies on Thermal Comfort Level and Occupants Thermal Adaptive Behaviours in the Pasar Jumat Multi-Stories Building*. *Proceeding 2nd International Seminar on Eco-Settlements*. Sanur. 2-5 November 2010, RIHS.
- Sujatmiko, W., Made Aryati, 2010. Studi Kenyamanan Termal Bangunan Tradisional Sumbang. *Prosiding Seminar Nasional Jelajah Arsitektur Negeri 2010*. Balai PTPT Denpasar-Pusat Litbang Permukiman PU.

LAMPIRAN

Tabel L1 Data responden Batu Ampar-Balikpapan

No	Hari & Tgl	Jam	Unit	Responden	clo	met	Besaran Fisik Ruangan			Indeks Termal					Kesan Termal			
							T _{db} (°C)	RH (%)	V _a (m/s)	ET*	SET*	TSENS	DISC	PMV	Kenetralan	Keter-terimaan	Preferensi	
1	Sabtu, 31-7-10	10:00	AB 8	Er	0,7	1	27,7	83	0,1	29,5	30,1	0,7	1,4	1,2	-3	1	3	
2				Es	0,6	1	27,7	83	0,1	29,3	29,2	0,6	1,1	1,1	-3	2	3	
3			11:00	AC 8	Ju	0,8	1	28,7	81	0,1	31,0	32,2	1,0	2,1	1,7	1	1	1
4					Ab	0,7	1	28,7	81	0,1	30,8	31,4	0,9	1,8	1,6	0	1	2
5			11:30	AC 4	Ha	0,6	1	28,7	81	0,1	30,6	30,6	0,8	1,6	1,4	-3	1	3
6					Si	0,6	1	28,7	81	0,1	30,6	30,6	0,8	1,6	1,4	-1	1	3
7			12:15	AC 2	St	0,6	1	29,2	80	0,1	31,2	31,3	0,9	1,8	1,6	-2	1	1
8					Am	0,7	1	29,2	80	0,1	31,4	32,1	1,0	2,0	1,7	-3	1	2
9			13:30	X 45	Yu	0,6	1	29,2	80	0,1	31,2	31,3	0,9	1,8	1,6	3	1	1
10					Sa	0,7	1	29,2	80	0,1	31,4	32,1	1,0	2,0	1,7	3	1	1
11	Minggu, 1 Agustus	10:00	AA 5	Id	0,8	1	27,7	83	0,1	29,7	30,9	0,8	1,7	1,4	-2	1	2	
12				Ch	0,7	1	27,7	83	0,1	29,5	30,1	0,7	1,4	1,2	0	1	2	
13					Nu	0,8	1	27,7	83	0,1	29,7	30,9	0,8	1,7	1,4	3	1	3
14			10:55	AA 29	Su	0,6	1	28,4	82	0,1	30,2	30,3	0,8	1,5	1,3	0	1	1
15					Ma	0,6	1	28,4	82	0,1	30,2	30,3	0,8	1,5	1,3	0	1	1
16					Mh	0,6	1	28,4	82	0,1	30,2	30,3	0,8	1,5	1,3	0	1	1
17			11:30	AA 8	Fr	0,6	1	28,7	81	0,1	30,6	30,6	0,8	1,6	1,4	0	1	2
18					Ti	0,6	1	28,7	81	0,1	30,6	30,6	0,8	1,6	1,4	0	1	2
19					Sf	0,6	1	28,7	81	0,1	30,6	30,6	0,8	1,6	1,4	0	1	2
20			12:05	Z 35	Ha	0,7	1	29,2	80	0,1	31,4	32,1	1,0	2,0	1,7	0	1	2
21	Senin, 2-8-2010			Ye	0,6	1	29,2	80	0,1	31,2	31,3	0,9	1,8	1,6	0	1	2	
22				Hd	0,7	1	29,2	80	0,1	31,4	32,1	1,0	2,0	1,7	0	1	2	
23			14:00	X 9	Yt	0,8	1	32,1	66	0,1	33,9	35,1	1,6	3,1	2,6	3	1	1
24					Fa	0,8	1	32,1	66	0,1	33,9	35,1	1,6	3,1	2,6	-2	1	1
25					De	0,6	1	32,1	66	0,1	33,7	33,9	1,5	2,6	2,5	3	1	1
26					Ah	0,8	1	32,1	66	0,1	33,9	35,1	1,6	3,1	2,6	0	1	1
27			15:06	AB 9	Gd	0,6	1	31,1	65	0,1	32,3	32,5	1,3	2,1	2,2	0	1	1
28					Si	0,7	1	31,1	65	0,1	32,4	33,1	1,3	2,3	2,2	0	1	1
29			15:46	AA 19	Nu	0,6	1	31,5	65	0,1	32,8	33,0	1,4	2,3	2,3	3	1	1
30					Im	0,6	1	31,5	65	0,1	32,8	33,0	1,4	2,3	2,3	3	1	1
31		16:00	AA 21	Mu	0,6	1	31,1	67	0,1	32,5	32,7	1,3	2,2	2,2	3	1	1	
32				Wa	0,6	1	31,1	67	0,1	32,5	32,7	1,3	2,2	2,2	3	1	1	
33		17:00	AB 85	El	0,8	1	30,2	69	0,1	31,8	33,0	1,2	2,3	2,0	3	1	1	
34				Hi	0,6	1	30,2	69	0,1	31,6	31,7	1,1	1,9	1,9	1	1	1	
35				Ah	0,7	1	30,2	69	0,1	31,7	32,4	1,2	2,1	2,0	-2	1	2	
36		17:30	AA 14	Ha	0,6	1	30,1	71	0,1	31,6	31,8	1,1	1,9	1,9	0	1	2	
37				Mu	0,7	1	30,1	71	0,1	31,8	32,5	1,2	2,1	1,9	-2	1	2	
38		11:05	Y 2	As	0,6	1	27,2	89	0,1	28,9	28,9	0,5	1,1	1,0	-2	1	2	
39				Sf	0,7	1	27,2	89	0,1	29,2	29,8	0,7	1,3	1,1	0	1	2	
40		11:40	Z 5	Rs	0,6	1	27	92	0,1	28,8	28,7	0,5	1,0	0,9	-1	1	3	
41				To	0,6	1	27	92	0,1	28,8	28,7	0,5	1,0	0,9	-2	1	2	
42			12:00	Z 36	Su	0,6	1	27,2	91	0,1	29,0	29,0	0,5	1,1	1,0	-2	1	2
43					Ha	0,6	1	27,2	91	0,1	29,0	29,0	0,5	1,1	1,0	-2	1	2
44					Mu	0,6	1	27,2	91	0,1	29,0	29,0	0,5	1,1	1,0	0	1	2
45			12:15	Z 7	In	0,7	1	29,2	81	0,1	31,5	32,2	1,0	2,1	1,7	-2	1	3
46					Yu	0,7	1	29,2	81	0,1	31,5	32,2	1,0	2,1	1,7	-2	1	2
47					An	0,6	1	29,2	81	0,1	31,3	31,4	0,9	1,8	1,6	-2	1	2
48			13:00	AC 6	Re	0,8	1	29,6	81	0,1	32,3	33,5	1,2	2,6	2,0	0	1	1
49					Nu	0,6	1	29,6	81	0,1	31,9	32,1	1,0	2,0	1,8	0	1	1

Sumber : Hasil Analisis

KUESIONER

1. *Kenetralan Termal*. Mohon Saudara beri tanda (V) pada skala di bawah ini yang menggambarkan kesan termal Saudara terhadap ruangan tempat Saudara berada saat ini: (jika diinginkan boleh memberi tanda diantara dua skala): -3 dingin -2 sejuk -1 agak sejuk 0 netral 1 agak hangat 2 hangat 3 panas.
2. *Keterterimaan Termal*. Menurut Saudara, apakah kondisi termal ruangan ini sudah sesuai/cocok dengan kondisi tubuh Saudara? 0 Ya (dapat diterima/sudah sesuai) 0 Tidak (tidak dapat diterima/tidak sesuai)
3. *Preferensi Termal*. Silakan pilih lingkaran dibawah ini sesuai dengan yang Saudara harapkan saat ini: Saya ingin ruangan ini menjadi: 30 lebih hangat 20 tidak berubah/tetap 10 lebih sejuk
4. *Kondisi Angin*. A. Silakan pilih lingkaran di bawah ini sesuai dengan yang saudara rasakan saat ini berkaitan dengan kondisi aliran udara (angin) di ruangan ini: 60 sangat sesuai/sangat dapat diterima 50 cukup sesuai/cukup dapat diterima 40 agak sesuai/agak dapat diterima 30 agak tidak sesuai/agak tidak dapat diterima 20 cukup tidak sesuai/cukup tidak dapat diterima 10 sangat tidak sesuai/sangat tidak dapat diterima
B. Saya ingin di ruangan ini: 30 lebih banyak aliran udara (angin) 20 tetap seperti ini (tidak berubah) 10 lebih sedikit aliran udara (angin)
5. *Kondisi Keringat*. A. Di ruangan ini kondisi keringat Saudara? 40 tidak keluar 30 keluar sedikit 20 keluar sedang 10 keluar banyak.
B. Keringat yang keluar: 20 cepat menguap dan tidak terasa lengket 10 tidak cepat menguap dan terasa lengket di kulit
6. *Kenyamanan Umum*. Seberapa nyaman ruangan ini menurut Saudara? 60 sangat nyaman 50 cukup nyaman 40 agak nyaman 30 agak tidak nyaman 20 cukup tidak nyaman 10 sangat tidak nyaman.