ANALISIS KINERJA TERMAL DAN AERODINAMIS PADA RUMAH TRADISIONAL BATAK TOBA MENGGUNAKAN SIMULASI DIGITAL DAN PENGUKURAN LAPANGAN

ANALYSIS OF THERMAL AND AERODYNAMICS PERFORMANCE OF BATAK TOBA TRADITIONAL HOUSE BY IMPLEMENTING DIGITAL SIMULATION AND FIELD MEASUREMENT

Yuri Hermawan Prasetyo

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

E-mail: yuri.h@puskim.pu.go.id

ARTICLE INFO

Article history

Received date:

1 March 2016

Received in revised form date:

28 March 2016

Accepted date:

25 July 2016

Available online date:

30 November 2016

Abstract

Traditional house is believed to have a better thermal performance compared to the modern house. Utilization of passive design in buildings can refer to the passive system used in a traditional house through natural ventilation and local materials application. Digital simulation was used to evaluate the thermal performance of the Batak Toba Traditional House by comparing field measurement data; and as a validation tool. This study aims to determine the thermal performance and aerodynamic of Batak Toba Traditional House by using digital simulation and field measurements. The used method was by comparing the results of digital simulation analysis with indoor and outdoor direct temperature measurements of the Batak Toba Traditional House. The softwares used for simulation were Meteonorm, Ecotect and CFD-ACE+. The measurements were conducted for 24 hours in May 4th-5th and April 26th-27th 2013 within one hour time interval. The results of the analysis of digital simulation show the same phenomenon compared with the result of field measurement that is 80% in range thermal comfort within one year. Field measurement results showed that the thermal conditions resulted from all day field measurement was under the upper limit temperature reference of thermal comfort with natural ventilation, that is 29 °C.

Keywords: Thermal performace, Digital simulation, Field measurement, Batak Toba Traditional House

Kata kunci:

Kinerja termal

Simulasi digital

Pengukuran lapangan

Rumah Tradisional Batak Toba

Abstrak

Rumah tradisional diyakini mempunyai kinerja termal yang lebih baik jika dibandingkan dengan rumah modern. Pemanfaatan desain pasif dapat mengacu pada rancangan sistem pasif yang terdapat pada rumah tradisional melalui sistem ventilasi alami dan pemanfaatan material lokal. Simulasi digital digunakan untuk menilai kinerja termal dengan membandingkan hasil pengukuran lapangan dan sekaligus sebagai alat validasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kinerja termal dan aerodinamis Rumah Tradisional Batak Toba (RTBT) dengan menggunakan simulasi digital dan hasil pengukuran lapangan. Metode yang digunakan adalah membandingkan hasil analisis simulasi digital dengan data pengukuran temperatur langsung di dalam dan di luar bangunan RTBT. Perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi digital adalah Meteonorm, Ecotect, dan CFD-ACE+. Pengukuran dilakukan selama 24 jam pada tanggal 4-5 Mei dan 26-27 April tahun 2013 dengan interval waktu satu jam. Hasil analisis simulasi digital menunjukkan terdapat persamaan fenomena dengan hasil pengukuran lapangan, yaitu 80% waktu berada di dalam rentang kenyamanan termal dalam satu tahun. Hasil pengukuran lapangan memperlihatkan bahwa kondisi termal hasil pengukuran lapangan sepanjang hari berada di bawah referensi temperatur batas atas kenyamanan termal dengan ventilasi alami, yaitu 29 °C.

PENDAHULUAN

Rumah tradisional dibentuk melalui akumulasi waktu yang panjang dan dipercaya secara turun-temurun responsif terhadap lingkungan fisik dan sosial budaya sekitarnya. Adaptasi penghuni di dalam rumah dilakukan dengan cara mengoptimalkan potensi positif dari lingkungan sekitar dan meminimalisasi gangguan yang terkait dengan kenyamanan dalam berhuni. Pengetahuan tentang rancangan rumah tradisional selama ini disampaikan melalui budaya tutur kata secara turun-temurun sehingga secara pengetahuan tidak dapat didokumentasikan dengan baik. Perhitungan dan pertimbangan dalam pembuatan rumah tradisional secara kualitatif dan kuantitatif perlu diteliti sehingga dapat diketahui apakah rumah tradisional dapat merespon lingkungan secara kebetulan atau melalui pertimbangan dari masyarakat tradisional pada saat membangunnya.

Penelitian tentang perbandingan keunggulan rumah tradisional dengan rumah modern telah banyak dilakukan. Pemanfaatan desain pasif untuk mencapai kenyamanan termal pada bangunan dapat mengacu pada sistem pasif desain yang terdapat pada rumah-rumah tradisional karena mempunyai kinerja termal yang lebih baik dibandingkan dengan rumah modern (Kubota, T and Toe 2011; Shanthi Priya, Sundaraja, and Radhakrishnan 2012). Penelitian lain menunjukkan bahwa rumah-rumah tradisional di negara-negara tropis lebih sensitif terhadap iklim yang berlaku dan mampu menyediakan lingkungan internal nyaman bagi penghuni (Fitriaty, Antaryama, and Nastiti 2011). Kenyamanan penghuni di dalam rumah ditentukan oleh kombinasi dari beberapa strategi pasif kontrol termal, yang merupakan hasil menyeluruh pengetahuan tentang kondisi iklim (Khoukhi and Fezzioui 2012). Kajian komparatif untuk evaluasi kinerja termal dibuat atas dasar

perbedaan temperatur di dalam rumah dengan suhu di lingkungan luar. Evaluasi kondisi kenyamanan didasarkan pada analisis dari temperatur dan nilai-nilai kelembaban relatif (Rumana and Ahmed 2013). Pengambilan data termal dalam satu tahun siklus iklim melalui pengukuran lapangan menjadi kendala karena membutuhkan biaya, kompetensi, peralatan, dan waktu. Namun demikian, metode pengukuran di lapangan sebanyak dua kali di musim panas dan musim dingin selama 24 jam dengan interval waktu satu jam cukup dapat digunakan untuk menggambarkan fenomena iklim lokal (Prasetyo, Alfata, and Pasaribu 2014).

Simulasi termal dengan perangkat lunak telah banyak digunakan oleh arsitek untuk memberikan pemahaman tentang perilaku dinamis dari seluruh bangunan untuk memperkirakan dan mengoptimalkan kinerja termal selubung bangunan, kenyamanan termal penghuni, dan juga kinerja terbangun (Mohammad and Shea 2013). Simulasi digital dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi termal rumah tradisional dalam satu tahun, oleh karena dalam simulasi, faktor manusia, dan iklim dapat ditentukan sesuai dengan kondisi setempat. Dengan menggunakan simulasi digital elemen lingkungan dapat dikondisikan sama dengan realitas dalam bentuk dan bahan yang digunakan, mengingat kondisi rumah-rumah tradisional yang ada banyak perubahan. Penelitian yang pernah dilakukan untuk mengkaji kinerja termal rumah tradisional dengan menggunakan simulasi digital adalah kajian rumah tradisional Minahasa (Kristianto, Utama, and Fathoni 2014).

Sebenarnya, perubahan material pada rumah tradisional adalah wajar jika kita tetap berpegang pada asumsi bahwa pengembangan rumah akan terus menyesuaikan dalam mencapai desain yang paling optimal. Akan tetapi, perubahan

yang terjadi saat ini membawa ketidakpastian apakah perubahan yang terdapat di rumah tradisional masih konsisten sebagai upaya untuk merespon lingkungan alam atau karena alasan lain seperti faktor kepraktisan atau tidak tersedianya bahan bangunan seperti aslinya.

Diharapkan melalui pendekatan simulasi akan diperoleh hasil yang menyerupai dengan hasil pengukuran langsung di lapangan dan hasil analisis CFD pada RTBT. Khususnya bentuk atap, memperlihatkan adanya pengaruh bentuk atap terhadap kondisi termal di dalam bangunan yang selama ini hanya dijelaskan secara kualitatif.

Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja termal dan aerodinamis dari RTBT dengan menggunakan simulasi digital dan pengukuran lapangan sebagai validasi. Analisis tentang aerodinamis di dalam ruangan yang dihasilkan dari simulasi numerik mempunyai hasil yang serupa dengan hasil eksperimen (Thool and Sinha 2014). Penelitian tentang bentuk arsitektur rumah tradisional dalam merespon iklim dapat bermanfaat sebagai referensi perancangan arsitektur rumah modern yang adaptif terhadap kondisi lingkungan.

METODE

Metode yang digunakan adalah dengan membandingkan antara hasil analisis simulasi digital dengan hasil pengukuran langsung di RTBT yang dilakukan pada bulan Mei dan April tahun 2013. Simulasi digital adalah simulasi yang menggunakan eksperimen matematika (dilakukan oleh perangkat lunak) dan iterasi (pengulangan untuk mendapatkan temuan yang konsisten). Variabel yang digunakan sebagai *input* simulasi *Ecotect* meliputi: letak geografis dan data iklim, gambar tiga dimensi (3D) model, properti material serta karakteristik ruang. Data properti

material didapat dari pengukuran lapangan sedangkan gambar 3D model dan karakteristik ruang juga dibuat berdasarkan data pengukuran langsung di lapangan. Perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi adalah *Meteonorm*, *Ecotect*, dan *CFD-ACE+*. *Meteonorm* digunakan untuk melakukan penyesuaian atau pendekatan data iklim yang telah diukur dari berbagai stasiun cuaca.

Data iklim yang dipakai adalah data iklim yang paling mendekati iklim di lokasi rumah adat bersangkutan yang didapat dari stasiun klimatologi wilayah Sumatra Utara. *Ecotect* digunakan untuk simulasi termal dan pembayangan. *CFD-ACE+* digunakan untuk simulasi aerodinamis. Permodelan bangunan dibuat dengan program *AutoCAD* dan *SketchUp*. CFD dapat menjadi alat yang sangat dibutuhkan apabila data yang diperoleh pada saat pengukuran terbatas. CFD juga dapat menjadi model empiris yang disederhanakan. Hasil analisis dari CFD dapat dipercaya jika telah menunjukkan akurasi hasil melalui verifikasi dan validasi (Blocken et al. 2009).

Pengukuran lapangan dilakukan untuk mengukur lingkungan termal di dalam dan di sekitar bangunan rumah. Parameter lingkungan termal yang diukur adalah temperatur udara (T_a), temperatur *globe* (T_g), kelembaban relatif (RH), kecepatan angin (v_a), indeks panas (HI), dan radiasi matahari (R_s). Pengukuran temperatur udara, temperatur *globe*, kelembaban relatif, dan indeks panas di dalam ruangan dan di luar ruangan menggunakan alat *IAQ QuesTemp 36*, sedangkan kecepatan angin diukur menggunakan alat *Anemomaster Kanomax A031*. Pengukuran dilakukan selama 24 jam dengan interval waktu satu jam. Penilaian kenyamanan merujuk pada SNI dan penelitian-penelitian tentang kenyamanan termal adaptif dengan ventilasi alami.

Data properti material (sifat termal bahan bangunan) diukur secara *in situ* pada RTBT dengan menggunakan alat ukur konduktivitas. Pengukuran konduktivitas bahan dinding menggunakan *Hukseflux* sedangkan untuk bahan atap alang-alang/ ijuk atau bahan lain menggunakan *KD2-Pro*. Pengukuran lapangan dilakukan pada dua periode, yaitu periode pertama pada tanggal 4-5 Mei 2013 dan periode kedua pada tanggal 26-27 April 2013.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara geografis RTBT berlokasi di koordinat $2^{\circ} 34,084' \text{ LU}$ dan $98^{\circ} 50,506' \text{ LS}$ serta secara administratif terletak di Desa Simarmata (dekat ibu kota Kabupaten Pangururan), Kecamatan Simanindo, Pulau Samosir, Provinsi Sumatra Utara, Indonesia (Gambar 1). Sebaran RTBT terdapat di tepian Pulau Samosir dan letaknya berdekatan dengan Danau Toba dengan ketinggian ± 1.100 meter di atas permukaan laut dengan topografi relatif datar. Wilayah Pulau Samosir tergolong iklim tropis basah dengan temperatur berkisar antara $17^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata kelembaban 85,04%. Pada RTBT tidak ditemukan aturan orientasi yang mengarah pada mata angin tertentu dengan pola klaster dengan rumah berhadapan satu dengan yang lain (Prasetyo 2014).

Gambar 1. Lokasi penelitian RTBT di Pulau Samosir, Sumatra Utara

Tipe rumah RTBT adalah panggung yang atapnya menjulang pada kedua sisi dan didominasi oleh bahan kayu. Rumah sebagai objek penelitian terletak di klaster perumahan yang terdiri dari tujuh rumah, dimana lima di antaranya adalah RTBT dan dua lainnya rumah konvensional dengan dinding pasangan bata. Sebagian RTBT tidak lagi ditinggali dan sebagian sudah mengalami penambahan massa bangunan di belakangnya (Gambar 2a).

Gambar 2. Klaster RTBT (a) *Layout* (b) Penggunaan seng gelombang pada atap rumah

Sebelumnya, bahan atap menggunakan bahan organik seperti ijuk. Sekarang, bahan atap menggunakan logam bergelombang (*zinc*). Perubahan material atap mempunyai efek terhadap ketidaknyamanan termal untuk penghuni rumah (Gambar 2b). Selain itu, RTBT juga mengalami perubahan desain dan bentuk karena pengaruh modernisasi. Secara dimensi bangunan RTBT yang dijadikan objek studi memiliki ukuran 9,12 meter sumbu panjang (Gambar 3a) dan 6,6 meter sumbu pendek (Gambar 3b), serta ketinggian rumah panggung 1,67 meter. Objek penelitian dilakukan pada satu bangunan RTBT secara detail yang dapat mewakili tipologi. Pengukuran dilakukan pada RTBT yang beratapkan material seng gelombang.

Di sekeliling rumah banyak terdapatnya tanaman dalam berapa jenis dan ukuran yang membantu menjaga temperatur di luar ruangan tidak terlalu tinggi melalui pembayangan dan evapotranspirasi. Akan tetapi, vegetasi juga memiliki potensi untuk

Gambar 3. Potongan RTBT (a) Memanjang; (b) Melintang

menghambat aliran angin yang diperlukan di iklim tropis lembab.

Simulasi Digital

Dikarenakan pada RTBT tidak diketemukan aturan mengenai keharusan orientasi tertentu, maka dalam simulasi digital ditentukan orientasi pada umumnya dengan sumbu panjang rumah menghadap utara-selatan dan timur-barat. Orientasi RTBT yang ideal dapat diperoleh melalui simulasi *Ecotect*. Secara teoretis orientasi optimal RTBT berdasarkan lokasi dan data iklim untuk mencapai kenyamanan termal yang optimal adalah ketika sumbu panjang diposisikan pada sumbu-sudut $52,5^\circ$ dari sumbu utara, searah jarum jam (Gambar 4).

Dalam penelitian ini terdapat beberapa keterbatasan, yaitu: data iklim yang digunakan adalah data iklim terdekat di lokasi rumah adat yang bersangkutan karena tidak tersedianya data iklim setempat yang diukur setiap jam dalam satu tahun. Penyederhanaan juga dilakukan pada model, yaitu dengan menghapus detail yang dianggap tidak memengaruhi atau mempunyai pengaruh dan dapat diabaikan seperti detail ornamen. Sementara itu, data material diambil dari data properti material yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan (Tabel 1).

Gambar 4. Orientasi yang optimal pada RTBT

Tabel 1. Hasil pengukuran properti material RTBT di Pulau Samosir

Elemen	Bahan	Konduktivitas (W/mK)
Atap	Ijuk (5 cm)	0,057
Dinding	Papan kayu Simartolu (2 cm)	0,152
Lantai	Papan kayu Simartolu (2 cm)	0,152

Kecepatan angin dibatasi dari kisaran 0,3 - 1,5 m/detik. Batas tersebut merupakan batas kenyamanan atau batas gangguan angin di dalam ruang menurut SNI 03-6572-2001. Kecepatan angin luar yang diasumsikan 2,8 m/detik, dengan percobaan bukaan dilakukan dengan jendela

tertutup yang dinotasikan dengan dua *Air Change per Hour* (ACH) dan jendela terbuka dinotasikan dengan dengan 50 ACH.

Rumah diasumsikan selalu berisi dua orang yang memiliki aktivitas ringan (aktivitas sekunder), yang selalu tinggal di dalam rumah sepanjang hari. Walaupun panas yang ditimbulkan dari tubuh manusia tidak signifikan memengaruhi kondisi termal di dalam rumah, tetapi tetap diperhitungkan. Temperatur efektif (T_e) batas atas kenyamanan penghuni adalah 29°C dengan pertimbangan dapat mentolerir temperatur dengan ventilasi alami. Panas terjadi di dalam rumah diasumsikan diperoleh dari lampu dan peralatan sebesar 5 watt/m^2 dalam bentuk panas yang menyebabkan kenaikan

temperatur (*sensible heat*) dan 2 watt/m^2 dalam bentuk temperatur tetap (*latent heat*) dan model diasumsikan sebagai rumah yang berdiri sendiri.

RTBT memiliki bukaan besar pada sisi pendeknya. Dari segi aerodinamik, sebenarnya bentuk atap yang menyempit di bagian tengah membantu mengarahkan angin ke zona hunian (tubuh penghuni) dan mempercepat aliran angin bila dihadapkan pada arah angin. Akan tetapi simulasi menunjukkan bahwa potensi ini tidak dimanfaatkan dengan baik karena sisi pendek tersebut diberi penutup meskipun bercelah.

Proporsi atap yang menjulang tinggi dan dinding yang pendek menyebabkan seolah RTBT didominasi oleh massa atap. Pedoman umum bahwa bukaan pada sisi

Tabel 2. Waktu nyaman termal dalam satu tahun

Kondisi	Temperatur atas temperatur rata-rata ($^\circ\text{C}$)	Deviasi dengan temperatur luar ($^\circ\text{C}$)	Waktu nyaman %/th hr/th	Panas suhu udara dan selubung dua sisi %/th Wh/th $Q_c + Q_s$	Panas suhu selubung dua sisi %/th Wh/th Q_s	Panas matahari %/th Wh/th Q_g	Panas ventilasi %/th Wh/th Q_v	Panas tubuh dan peralatan %/th Wh/th Q_i
Utara-Selatan (2 ACH)	34,4 27,7	5,6	68,80 6.030	8,70 453.520	55,90 392.689	15,80 111.050	3,20 22.669	16,30 114.624
Utara-Selatan (50 ACH)	29,7 25,9	0,9	84,50 7.405	5,30 453.520	33,80 392.689	9,50 111.050	41,50 480.944	9,90 114.624
Timur-Barat (2 ACH)	34,3 27,7	5,5	69,40 6.080	3,90 439.907	23,90 379.065	9,10 143.823	2,40 22.669	60,70 114.624
Timur-Barat (50 ACH)	29,7 25,9	0,9	84,60 7.414	5,20 439.907	32,10 379.065	12,20 143.823	40,80 480.944	9,70 114.624
52,5o (2 ACH)	34,3 27,7	5,5	69,20 6.064					
52,5o (50 ACH)	29,7 25,9	0,9	84,60 7.410					

Sumber: Hasil olahan data Ecotect

Keterangan:

- ($Q_c + Q_s$): perolehan panas secara konduksi dari satu sisi selubung ke sisi lain karena perbedaan suhu udara di antara kedua sisi dan perbedaan suhu di antara kedua sisi selubung akibat terkena radiasi matahari.
- (Q_s): perolehan panas secara konduksi karena perbedaan suhu di antara kedua sisi selubung akibat terkena radiasi matahari.
- (Q_g): perolehan panas dari matahari yang masuk ke dalam ruang melalui bukaan.
- (Q_v): perolehan panas oleh perbedaan suhu udara melalui ventilasi.
- (Q_i): perolehan panas dari tubuh manusia dan peralatan yang ada di dalam ruang.

panjang perlu dinaungi oleh teritisan menjadi tidak terlalu relevan untuk RTBT karena hanya mempunyai panjang tritisan kurang dari 60 cm (SNI 03-2396-2001). Atap di RTBT menjadi faktor pertahanan utama untuk mengkondisikan termal di dalam ruangan.

Berdasarkan simulasi digital diperoleh waktu nyaman secara termal dalam satu tahun. Tabel 2 menunjukkan bahwa kenyamanan dalam RTBT adalah sampai dengan 84,60% yang dicapai dalam satu tahun jika ventilasi alami terjadi dengan lancar. Secara umum, kinerja termal dari RTBT sama dengan umumnya dikenal dari teori termal bangunan. Apabila dibandingkan dengan standar temperatur maksimal kenyamanan termal yaitu 29 °C, dan masih menggunakan bahan atap asli (ijuk), RTBT relatif nyaman. Bahkan dalam kondisi ventilasi minimal, temperatur rata-rata yang nyaman masih bisa mencapai di atas 70% dari waktu satu tahun.

Dalam kondisi ventilasi minimal (ACH 2) dan orientasi sumbu panjang adalah Timur-Barat memberi lebih banyak persentase kenyamanan termal dibanding orientasi sumbu panjang Utara-Selatan per tahun. Dalam keadaan saat ventilasi silang (50 ACH) orientasi sumbu panjang tidak berpengaruh pada temperatur rata-rata per tahun. Bukaan yang ada pada RTBT di

sumbu pendek menyebabkan perolehan panas (Q_g) maksimal pada orientasi sumbu panjang Timur-Barat.

Perolehan panas (Q_s) dalam kondisi ventilasi minimal (ACH 2) adalah yang terbesar. Mengacu pada toleransi temperatur ambang batas atas nyaman di 29 °C dengan waktu lebih dari 84% per tahun, maka RTBT dapat dikatakan nyaman. Orientasi teoretis yang ideal dari sumbu panjang, yaitu 52,5°, tidak menunjukkan kasus yang unik dalam konteks kenyamanan termal.

Untuk simulasi aerodinamis dilakukan dengan mengarahkan angin ke muka bangunan untuk melihat efeknya pada sistem ventilasi. Kecepatan angin yang diterapkan adalah 2,8 m/detik. Pengukuran dicatat dengan menggunakan pengukuran bidang horizontal dan vertikal dan garis pengukur seperti yang ditunjukkan Gambar 5. Parameter kenyamanan termal yang diteliti adalah kecepatan angin dan distribusinya dalam bidang dan garis ukur. Gambar 5 menunjukkan posisi garis pengukur (*probe*) ditempatkan pada ketinggian 1,7 m di atas permukaan lantai, ekstrak data numerik kecepatan angin pada *probe* dilakukan setiap satu meter dari dinding depan ke belakang bangunan. Sumbu X mewakili titik pengukuran dan sumbu Y mewakili kecepatan angin dengan satuan m/detik. Grafis dari simulasi

Gambar 5. Percobaan aerodinamis dan kecepatan angin

Keterangan:

- Absis (X): Titik pengukuran dengan jarak 1 meter di dalam RTBT
- Ordinat (Y): Kecepatan angin (m/dt)
- Garis putus-putus menunjukkan pola penambahan kecepatan angin di tengah ruang

CFD yang diperoleh mulai dari wajah bangunan menunjukkan bahwa kecepatan angin yang terjadi di kisaran 0,3 hingga 0,65 m/detik dalam pengukuran garis.

Terdapat pola garis lengkung pada grafik pengukuran kecepatan angin yang menunjukkan kecepatan angin di posisi tengah lebih tinggi dibanding kedua posisi dekat bukaan depan dan belakang. Atap RTBT yang melengkung dengan bagian bawah lebih pendek memengaruhi aerodinamis (Gambar 6a).

Rentang kecepatan angin tersebut sesuai dengan standar kenyamanan yang dibutuhkan dalam kenyamanan termal di bangunan dengan ventilasi alami. Pada umumnya perilaku kecepatan angin adalah tinggi ketika masuk ke bukaan bagian depan bangunan fasad, momentumnya berkurang di tengah jalan, dan kemudian dipercepat lagi dekat ke arah belakang fasad, tetapi kondisi tersebut berbeda pada simulasi aerodinamis di RTBT. Percobaan aerodinamis menunjukkan bahwa bukaan di fasad atas sumbu pendek membuat aliran dominan di bagian atas ruang (Gambar 6b).

Bukaan di fasad bawah sumbu pendek tidak cukup luas untuk menjaga kecepatan aliran angin dari luar. Dinding miring di atas fasad sisi pendek mempercepat arus angin di bawah rumah panggung sehingga dapat mendinginkan lantai panggung. Hal ini serupa dengan penelitian yang

menyatakan bahwa keberadaan panggung pada rumah tradisional memberikan kontribusi pada kenyamanan termal (Kristianto, Utama, and Fathoni 2014).

Hasil Pengukuran Lapangan

Hasil pengukuran selama 24 jam pada tanggal 4-5 April dan tanggal 26-27 Mei tahun 2013 menunjukkan perbedaan temperatur udara di dalam dan di luar gedung tidak signifikan, dengan perbedaan maksimal 1 °C.

Rata-rata temperatur di dalam bangunan lebih tinggi dibanding dengan di luar. Hasil pengukuran pada bulan April, temperatur kering (*Dry Bulp Temperature*) rata-rata dalam bangunan 25,78 °C sedangkan di luar 25,50 °C. Sementara itu, hasil pengukuran pada bulan Mei, DBT rata-rata dalam bangunan 25,63 °C sedangkan di luar 24,83 °C. Dari dua waktu pengukuran tersebut, temperatur tertinggi yang tercatat di dalam bangunan adalah 29,8 °C, sedangkan terendah adalah 22,1 °C yang terjadi pada bulan Mei (Gambar 7).

Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa temperatur udara rata-rata di bawah rumah panggung terendah adalah sekitar 24,1 °C. Sedangkan temperatur tertinggi adalah di ruang tamu dengan temperatur rata-rata 25,2 °C. Perbedaan temperatur rata-rata antara ruang tamu dengan kamar tidur tidak terlalu

Gambar 6. Hasil simulasi/percobaan aerodinamis RTBT (a) Aliran panas; (b) Aliran angin

Gambar 7. Hasil pengukuran temperatur di dalam dan di luar RTBT (a) pada bulan April 2013; (b) pada bulan Mei 2013

signifikan, yaitu rata-rata temperatur kamar sedikit lebih rendah, yaitu sekitar 25,1 °C (Gambar 8).

Gambar 8. Temperatur ruang tengah, kolong panggung dan kamar tidur

Sumber: Pengukuran lapangan

Selama siang hari, temperatur udara rata-rata di kamar tidur lebih rendah dari pada di ruang tamu, karena posisi kamar di sisi tenggara sehingga tidak terkena langsung radiasi matahari di pagi dan sore hari.

Jika membandingkan rentang temperatur netral dari hasil penelitian bangunan berventilasi alami, yaitu 26 °C To – 29,2 °C To (Feriadi, Henry and Wong 2004), temperatur operasi (Top) di RTBT berada di bawah kenyamanan termal sepanjang hari, meskipun pada pukul 15.45 berada tepat dibatas atas. Sementara itu, jika dibandingkan dengan batas kenyamanan termal pada Standar Nasional Indonesia (SNI), temperatur di rumah-

rumah tradisional Toba cenderung dalam rentang nyaman termal, meskipun temperatur siang hari lebih tinggi dari batas atas nyaman (25,8 °C) dengan perbedaan hingga 3 °C, dan pada malam hari lebih rendah dari batas bawah nyaman (22,8 °C) dengan kisaran 1 °C. Kedua perbandingan menunjukkan bahwa lingkungan termal di Rumah Tradisional Batak Toba cukup nyaman (Gambar 9).

Gambar 9. Perbandingan Temperatur Operatif (To) RTBT dengan SNI dan penelitian Feriadi (2004)

Keterangan:

Tn_F: Suhu Netral (penelitian Feriadi)

Tn_SNI (A): Suhu Netral menurut SNI (Batas atas)

Tn_SNI (B): Suhu Netral menurut SNI (Batas bawah)

To: Temperatur Operatif luar dan dalam bangunan

Performa bangunan dapat dilihat dari kinerja termal selubung bangunan. Hasil pengukuran diperoleh dengan membandingkan temperatur permukaan dinding luar dan dalam pada sisi barat dan timur bangunan. Perbandingan temperatur selubung bangunan dilakukan dengan

membandingkan antara empat variabel data, yaitu: (1) temperatur permukaan dinding dalam bagian barat, (2) temperatur permukaan dinding luar bagian barat, (3) temperatur permukaan dinding dalam bagian timur, dan (4) temperatur permukaan dinding luar bagian timur. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan instrumen yang mampu mengukur dengan kondisi Memori *Hilloger* non-stop selama 32 jam pada temperatur kering (DBT).

Hasil pengukuran termal pada selubung bangunan memperlihatkan bahwa dinding timur bangunan mempunyai temperatur relatif lebih tinggi dibanding dinding sisi barat.

Gambar 10. Perbandingan temperatur selubung bangunan rumah tradisional Toba

Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa dinding sisi timur terpapar langsung oleh sinar matahari, sedangkan sisi dinding

sebelah barat dibayangi oleh vegetasi alami (pohon). Pada dinding sisi barat, temperatur permukaan dinding bagian luar relatif lebih tinggi dibanding dengan temperatur permukaan dinding bagian dalam (Gambar 10). Perbedaan temperatur lebih signifikan terjadi pada siang hari, dengan perbedaan mencapai 1-2 °C. Ketika pada waktu malam hari, perbedaan temperatur pada permukaan dinding sisi luar antara sisi dinding timur tidak berbeda signifikan. Adapun pada permukaan dinding sisi barat, temperatur permukaan bagian dalam cenderung lebih tinggi dibanding bagian luar, meskipun perbedaan tidak signifikan.

Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan alat Kanomax. Pada umumnya, rata rata kecepatan angin di dalam bangunan lebih rendah dibanding kecepatan angin di luar bangunan. Pada bulan April, rata-rata kecepatan angin di dalam adalah 0,11 m/detik, sedangkan kecepatan angin diluar 0,16 m/detik.

Sementara, pada bulan Mei, rata-rata kecepatan angin di dalam ruang 0,08 m/det, sedangkan kecepatan di luar ruang 0,37 m/det. Pada kedua pengukuran tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin tertinggi yang tercatat di dalam bangunan adalah 1,32 m/det dan terendah adalah

Gambar 11. Perbandingan kecepatan angin dalam-luar pada bulan April dan Mei 2013

Sumber: Pengukuran Lapangan

0,003 m/det (Gambar 11). Kecepatan angin di lingkungan sekitar rumah didominasi arah Timur-Barat atau sebaliknya.

KESIMPULAN

Simulasi digital memiliki kesamaan fenomena dengan hasil pengukuran lapangan, yaitu sekitar 80% waktu dalam satu tahun berada di dalam rentang kenyamanan. Kenyamanan termal yang terpenuhi berada di bawah batas atas referensi kenyamanan termal, yaitu 29 °C.

Penggantian material atap dengan menggunakan seng gelombang tidak signifikan dalam memengaruhi kenyamanan termal di dalam bangunan, melainkan lebih dipengaruhi oleh temperatur luar bangunan. Orientasi bangunan RTBT yang optimal berada pada posisi sudut 52.5° dari arah utara, tetapi tidak ditemukan orientasi aturan menghadap arah mata angin tertentu. Percobaan aerodinamis memperlihatkan adanya pengaruh kelengkungan atap terhadap perilaku angin di dalam bangunan, khususnya di bagian ruang tengah RTBT.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Loka Teknologi Permukiman Medan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah mendanai penelitian ini dalam anggaran keuangan tahun 2013. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada tim simulasi *Ecotect* yang telah membantu simulasi performa bangunan dan juga anggota tim peneliti yang telah membantu dalam pengukuran lapangan.

DAFTAR ACUAN

- Blocken, B, T Stathopoulos, J Carmeliet, and J Hensen. 2009. "Application of CFD in Building Performance Simulation for the Outdoor Environment" 4 (2): 489–96. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84870208541&partnerID=40&md5=f7032e45bfd61e89c6472cac65956773>.
- Feriadi, Henry, and Nyuk Hien Wong. 2004. "Thermal Comfort for Naturally Ventilated Houses in Indonesia." *Energy and Buildings* 36 (7): 614–26. doi:10.1016/j.enbuild.2004.01.011.
- Fitriaty, Puteri, I G N Antaryama, and Sri Nastiti N E. 2011. "Thermal Performance of Traditional House in the Upland Central Celebes of Indonesia." *The Journal for Technology and Science* 22 (4).
- Khoukhi, Maatouk, and Naïma Fezzioui. 2012. "Thermal Comfort Design of Traditional Houses in Hot Dry Region of Algeria." *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 3 (1): 5. doi:10.1186/2251-6832-3-5.
- Kristianto, Mandau A., N. Agya Utama, and Andhy Muhammad Fathoni. 2014. "Analyzing Indoor Environment of Minahasa Traditional House Using CFD." *Procedia Environmental Sciences* 20. Elsevier B.V.: 172–79. doi:10.1016/j.proenv.2014.03.023.
- Kubota, T and Toe, D.H.C. 2011. "Local Wisdom in Malaysian Vernacular Architecture: Comparison of Thermal Environment between Traditional and Modern Houses." *Proceedings of the 12th International Conference on Sustainable Environment and Architecture (SENVAR)*, 1–9.
- Mohammad, Shaghayegh, and Andrew Shea. 2013. "Performance Evaluation of Modern Building Thermal Envelope Designs in the Semi-Arid Continental Climate of Tehran." *Buildings* 3 (4): 674–88. doi:10.3390/buildings3040674.

- Prasetyo, Yuri Hermawan. 2014. *Eksplorasi Arsitektur Sumatra, Edisi: Etnis Batak Toba*. PT. Raja Grafindo Persada.
- Prasetyo, Yuri Hermawan, Muhammad Nur Fajri Alfata, and Anikmah Ridho Pasaribu. 2014. "Typology of Malay Traditional House Rumah Lontiok and Its Response to the Thermal Environment." *Procedia Environmental Sciences* 20. Elsevier B.V.: 162–71. doi:10.1016/j.proenv.2014.03.022.
- Rumana, Rashid, and Mohd. Hamdan Bin Ahmed. 2013. "The Comparison Between the Thermal Performance of a Contemporary House and Traditional House in the Dense Dhaka City in Bangladesh." *DIMENSI (Jurnal Teknik Arsitektur)* 40 (1): 11–18. doi:10.9744/dimensi.40.1.11-18.
- Shanthi Priya, R., M. C. Sundarraja, and S. Radhakrishnan. 2012. "Comparing the Thermal Performance of Traditional and Modern Building in the Coastal Region of Nagappattinam, Tamil Nadu." *Indian Journal of Traditional Knowledge* 11 (3): 542–47.
- Thool, S B, and S L Sinha. 2014. "Simulation of Room Airflow Using CFD and Validation with Experimental Results" 6 (5): 192–202.