

---

**KENYAMANAN TERMAL  
PADA SEBUAH RUMAH ADAT TRADISIONAL GORONTALO**

Oleh :

**Muhdi Attaufiq**

(Alumni UPI Bandung /Mahasiswa Prodi Magister Arsitektur Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi)

**Sangkertadi**

(Staf Pengajar Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik /  
Prodi Magister Arsitektur Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi)

**Judy O. Waani**

(Staf Pengajar Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik /  
Prodi Magister Arsitektur Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi)

**Abstrak**

*Sebuah rumah adat tradisional Gorontalo yang berukuran cukup besar dan berkonstruksi kayu dikenal dengan nama lokal Bantayo poboide, diuji kinerjanya terhadap kenyamanan termal dalam ruang. Lokasi bangunan terletak di pusat Kota Limboto Gorontalo yang beriklim tropis lembab. Metode yang diterapkan meliputi pengukuran lapangan, simulasi perhitungan perpindahan panas dan kuisioner. Pengukuran suhu, kelembaban udara, kecepatan dan arah angin dilakukan didalam dan diluar ruang, saat pagi hingga sore hari selama satu hari penuh, pada bulan April 2014. Perangkat lunak TRNSYS, program MATAHARI dan VENTILA dipakai untuk merealisasikan perhitungan perpindahan panas dan ventilasi pada bangunan. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kenyamanan termal menerapkan skala PMV dan DISC. Hasilnya menunjukkan, bahwa suhu udara dalam ruang mencapai angka yang cukup tinggi sekitar 30 hingga 34<sup>o</sup>C baik melalui cara pengukuran maupun perhitungan. Respon kenyamanan termal oleh pemakai ruang menunjukkan skala nyaman (netral) pada pagi hari, hingga rasa tidak nyaman (panas) saat siang hari. Hasil perhitungan kenyamanan termal dengan skala DISC menunjukkan keterdekatan terhadap hasil kuisioner. Sedangkan hasil perhitungan dengan skala PMV menunjukkan perbedaan sekitar satu hingga 2 skala lebih tinggi dibandingkan kuisioner.*

*Kata kunci: Gorontalo, Iklim Tropis Lembab, Perpindahan Panas, Kenyamanan Termal.*

**I. PENDAHULUAN**

Rumah adalah salah satu alat pemenuh kebutuhan lahiriah manusia, selain pakaian dan makanan. Sebagai tempat tinggal, rumah perlu dirancang dan dibangun secara matang dan cermat. Hal ini erat kaitannya dengan kekuatan, keawetan, keamanan dan kenyamanan, serta estetika arsitekturalnya. Untuk itu dalam membangun rumah, banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Diantaranya adalah faktor desain rumah, kualitas dan kuantitas bahan bangunan, faktor geologis, dan faktor iklim, di samping faktor budaya setempat (tradisi) serta arsitektur lokal dan arsitektur kota dimana bangunan tersebut berada.

Tulisan ini berisi laporan hasil studi kinerja termal pada salah satu jenis rumah

tradisional di Kota Gorontalo yang berukuran besar dan berkonstruksi kayu. Rumah yang dikenal dengan nama *Bantayo Poboide* (dari bahasa Gorontalo yang artinya Rumah Musyawarah) terletak di pusat Kota Limboto Gorontalo, dibangun oleh Pemerintah Daerah pada tahun 1985 sebagai bentuk manifestasi atas penghargaan pada budaya Gorontalo. Saat ini *Bantayo Poboide* difungsikan sebagai tempat berkumpul bagi masyarakat Kabupaten Gorontalo. Berbagai upacara adat, penerimaan tamu kenegaraan, pesta perkawinan adat, sampai kegiatan sosial dan keagamaan kerap dilangsungkan di tempat itu. Informasi lebih jauh mengenai berbagai tipologi rumah tradisional Gorontalo disajikan oleh Lihawa (2008). Kota Limboto yang juga ibukota Kabupaten

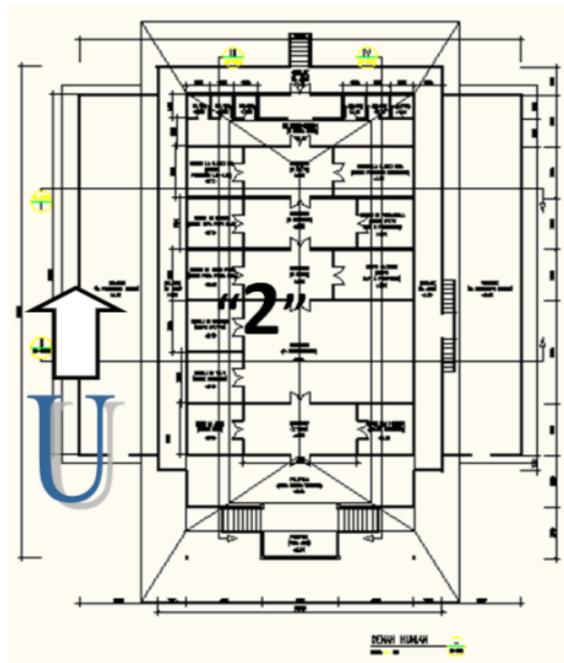
Gorontalo, terletak di Pulau Sulawesi pada posisi 0,30° - 1,0° LU dan 121° -123,3 BT yang secara geografis berada pada daerah tropis dan cukup lembab. Karakteristik iklim kota dengan radiasi matahari yang besar, berdampak pada suhu udara yang panas, pada umumnya menimbulkan rasa tidak nyaman (panas) bagi manusia saat siang hari. Tujuan studi adalah untuk mengidentifikasi fluktuasi suhu udara didalam ruangan saat siang hari dan untuk mengetahui tingkat kenyamanan termalnya, baik secara teoretik maupun melalui pengukuran langsung di lokasi.

*Bantayo poboide* sebagai obyek kasus merupakan rumah besar yang menurut klasifikasi tradisional termasuk dalam

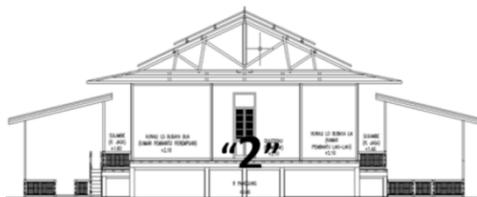
kelompok tradisi bangsawan (kelompok atas). Sebagai catatan, oleh Suharjanto (2011), dari hasil ringkasannya terhadap tulisan Amos Rapoport dikemukakan adanya dua kelompok tradisi yaitu *grand-tradition* (tradisi megah) dan *folk-tradition* (tradisi rakyat). Kemegahan Istana dan bangunan keagamaan digolongkan ke dalam *grand-tradition*. Sementara *architecture without architects* digolongkan sebagai bangunan *folk-tradition*. *Bantayo poboide* merupakan tipe rumah panggung, berkonstruksi kayu, memiliki banyak ruangan, berukuran 31 m x 18 m, dengan tinggi panggung 2 m dari muka tanah (Gambar 1 s/d 4.).



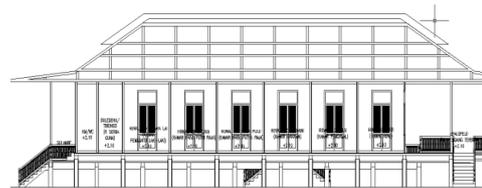
Gambar 1  
Tampak Depan Bantayo Pobide



Gambar 2  
Denah *Bantayo Poboide*  
(ket "2": Ruang sebagai Studi Kasus)



Gambar 3  
Potongan Melintang *Bantayo poboide*



Gambar 4  
Potongan Memanjang *Bantayo poboide*

## II. TINJAUAN TEORI DAN KEPUSTAKAAN

Terdapat sejumlah peneliti mempublikasikan hasil kajiannya tentang kinerja termal dan kenyamanan termal pada sejumlah tipe rumah tradisional di Indonesia. Diantaranya adalah studi oleh Sangkertadi, dkk (2008), Harimu (2010), Fitriaty dkk (2011), Juhana (2000), Riyanto (2000). Kesemuanya menghasilkan kesimpulan yang mirip, dimana saat siang hari senantiasa terdapat situasi tidak nyaman

pada beberapa jam, khususnya di musim panas (kemarau). Faktor hembusan angin pada tubuh menjadi penting bagi upaya peningkatan rasa kenyamanan termal di daerah beriklim tropis lembab, melalui perannya untuk mendukung proses evaporasi keringat manusia (Sangkertadi, 2006). Pada umumnya para peneliti menganjurkan untuk meningkatkan peran vegetasi dalam mereduksi suhu radiasi disekitar bangunan agar menghasilkan suhu resultan (udara) yang lebih rendah dan

menjadi pembangkit suhu konvektif yang efektif bagi pendinginan ruang serta sangat berperan bagi pendinginan evaporative. Sebagaimana anjuran oleh Harimu (2010), Sangkertadi, (2008), maupun oleh para peneliti sebelumnya seperti Fry (1964) dan Dreyfus (1961), Frick (1998) serta Olgyae (1963), yang menekankan peran ventilasi alami sebagai bagian dari strategi kenyamanan sistim pasif, karena bisa menghadirkan hembusan angin menyentuh tubuh manusia, sehingga terasa segar.

Penempatan bangunan dapat menciptakan kenyamanan yang diidamkan. Berdasarkan tulisan Lippsmeier (1994) terkandung makna, bahwa penempatan bangunan secara “tepat”, berpeluang memperoleh temperatur udara yang lebih rendah hingga beberapa derajat, dibandingkan apabila penempatannya “tidak tepat”. Penempatan bangunan dimaksud meliputi: penempatan terhadap matahari, penempatan terhadap angin, penyesuaian bangunan rumah menyangkut bentuk denah dan konstruksi, serta pemilihan bahan yang tepat. Di samping itu perlu diperhatikan pula orientasi bangunan yang mendorong adanya peluang sistim ventilasi silang.

Orientasi ke matahari ikut menentukan intensitas panas yang masuk ke dalam ruangan suatu bangunan yang terletak didaerah tropis. Orientasi ke matahari erat kaitannya dengan fasad (*façade*) bangunan. Mengingat ruangan setiap bangunan pada umumnya berbentuk prisma segi empat maka dengan sendirinya bangunan tersebut memiliki empat buah pasade dan setiap pasade berbentuk persegi panjang atau

persegi. Namun demikian apapun bentuk pasade, yang menentukan intensitas panas ruangan adalah luasan pasade yang menghadap ke Timur atau ke Barat. Semakin luas permukaan pasade yang menghadap ke Barat atau menghadap ke Timur, semakin tinggi intensitas panas ruangan pada saat sinar matahari menyinari pasade tersebut. Dengan demikian diharapkan agar membangun rumah dengan pasade yang seminimal mungkin menghadap Barat atau ke Timur. Selain pasade, arah sumbu bangunan juga ikut menentukan intensitas panas ruangan. Menurut Satwiko (2004) sumbu panjang bangunan setidaknya sejajar dengan sumbu timur barat. Dengan sumbu bangunan yang menghadap atau sejajar dengan arah Timur- Barat maka permukaan bangunan yang terkena sinar matahari akan terminimalkan. Dengan pola tersebut maka bukaan rumah sebaiknya diarahkan menghadap Utara-Selatan. Tambahan adanya naungan yang lebar juga mendukung agar terlindungi dari sinar matahari langsung, sehingga penetrasi panas matahari pada selubung (fasad) bangunan menjadi lebih rendah.

Perpindahan panas pada bangunan di daerah tropis, khususnya yang menerapkan sistim pasif dan mengandalkan sistim ventilasi alami, selain tergantung pada jenis material selubung bangunannya, juga bergantung pada debit ventilasinya. Moda perpindahan panas dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi juga berlaku. Penggunaan bahan kayu pada elemen dindingnya, dapat mengurangi “thermal mass” (pada proses konduksi) dibandingkan

dengan penggunaan bahan beton atau bata, sehingga saat malam hari tidak ada pelepasan panas dari dinding ke dalam ruangan. Sebagaimana beberapa data hasil studi lainnya, bahwa "time lag" penyimpanan kalor pada papan kayu untuk dinding rumah kayu adalah selama sekitar 1.6 Jam, diantaranya ditulis oleh Kemajou dan Mba (2012). Selain itu, adanya celah diantara papan kayu dinding, juga memberi peluang angin infiltrasi yang berpengaruh untuk mendinginkan ruangan secara konvektif.

Tentang kenyamanan termal, sejumlah peneliti sepakat dengan definisi oleh Fanger (1970), bahwa kenyamanan termal adalah kondisi seseorang merasa nyaman terhadap lingkungannya. Kuantifikasi rasa kenyamanan termal dilakukan berdasarkan hasil penelitian empiric terhadap sejumlah variabel klimatik dan parameter manusia. Variabel meliputi suhu udara, suhu radiatif, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Sedangkan parameter tubuh manusia yang dipertimbangkan meliputi jenis pakaian, jenis kegiatan dan ukuran tubuhnya. Prosedur perpindahan panas antara manusia dan lingkungannya dimodelkan secara matematis berdasarkan kaidah hukum termodinamika.

Kemudian, dilakukan pemodelan empiric untuk mendapatkan formula yang menunjukkan suatu skala kenyamanan termal terkait dengan rasa atau persepsi fisik dari manusia terhadap keadaan iklim sekitarnya. Terdapat sejumlah model perhitungan kenyamanan termal yaitu PMV, Tset, ET, Tsens dan DISC yang sering

dipakai oleh para peneliti dan juga dari sejumlah referensi seperti dari ASHRAE (2009). Namun khusus untuk daerah beriklim tropis lembab, direkomendasikan oleh Sangkertadi (1994, 2006), bahwa sebaiknya dipergunakan model DISC karena lebih sensitive terhadap factor konvektif dan hasilnya lebih mendekati situasi nyata. Sedangkan model PMV (Predicted Mean Vote) yang direkomendasikan oleh ISO (International Standard Organization) lebih sesuai untuk diterapkan di daerah beriklim sedang (mediterani). Dua model untuk perhitungan kenyamanan termal, yakni PMV Sangkertadi (2006) dan DISC Sangkertadi (2006) disajikan berikut ini.

$$PMV = \frac{\left( \left( 0.303 e^{-2.1 Act} + 0.028 \right) Q_{cp} \right)}{A_{du}}$$

dan

$$Q_{cp} = M - R - C - E_{resl} - E_{ress} - E_{dif}$$

Kemudian

$$DISC = 3.9338M_{cut} + 0.0158D_s - 0.3348$$

dimana

- Act : Jenis aktifitas (met)
- e : Bilangan eksponensial
- Adu : Luas kulit tubuh (m<sup>2</sup>)
- M : Metabolisme Termal (W)
- R : Perpindahan Panas Radiasi (W)
- C : Perpindahan Panas Convective (W)
- Eres : Perpindahan Panas Respiratif Laten (W)
- Eress : Perpindahan Panas Respiratif Sensibel (W)
- Edif : Perpindahan Panas Difusi Kulit (W)
- Mcut : Prosentase Kulit Basah Keringat (%)
- Ds : Debit Keringat (g/h)

Prosedur perhitungan Adu, M, C,R, Eress, Eresl dan Edis, serta Mcut dan Ds,

dapat diketahui dari sejumlah referensi seperti dari Sangkertadi (2006.), Fanger (1970), dll. Adapun definisi perseptif dari hasil pehitungan PMV dan DISC dapat dilihat pada Tabel 1.

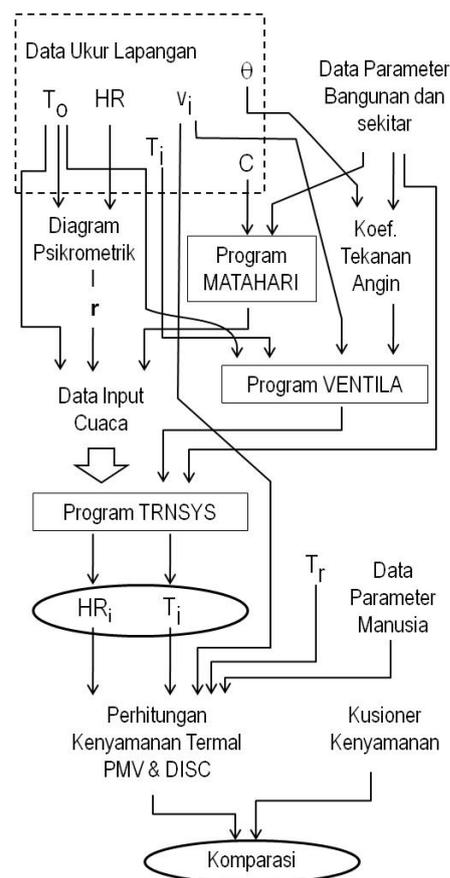
Tabel 1  
 Definisi skala PMV dan DISC

PMV	DISC	Arti
3	3	Sangat Panas (Sangat Tidak Nyaman)
2	2	Panas (Tidak Nyaman)
1	1	Agak Panas (Agak Tidak Nyaman)
0	0	Netral (Nyaman)
-1		Agak Dingin
-2		Dingin
-3		Sangat Dingin

**III. METODE**

Adapun alur metodik pada studi ini dijelaskan melalui Gambar 5 (Diagram Alir Proses Studi) Kegiatan pengukuran dilakukan pada tanggal 8 April 2014 dari pukul 07.00 s/d 18.00, meliputi pengukuran suhu udara, kelembaban udara, kecepatan dan arah angin didalam dan luar ruangan (Tabel 4). Alat yang dipergunakan meliputi thermohygrometer, anemometer dan kompas. Software yang dipergunakan meliputi TRNSYS versi 14 (Lisensi Fakultas Teknik UNSRAT), program MATAHARI (HKI oleh Sangkertadi tahun 2009) dan program VENTILA (Sangkertadi, 1998). TRNSYS membutuhkan data masukan berupa radiasi matahari yang didapat melalui simulasi dengan program "Matahari". Sedangkan masukan debit ventilasi didapat dari hasil kalkulasi menggunakan program 'Ventila'. Target keluaran dari kalkulasi dengan TRNSYS adalah Suhu udara dan kelembaban ruang dalam (ruang kasus),

termasuk ruang atap. Selanjutnya berdasarkan keluaran suhu udara dan kelembaban, dilakukan perhitungan kenyamanan termal menurut skala PMV (Predicted Mean Vote, Fanger,1970) dan DISC (DISComfort, Sangkertadi, 2006). Kuisisioner kenyamanan termal juga diberikan kepada sebanyak 5 orang dewasa yang menempati ruang dalam (ruang kasus), pada saat pengukuran dilakukan (selama satu hari penuh dari pagi jam 7 hingga 18.00). Kemudian dilakukan analisis komparasi antara hasil perhitungan dengan PMV, DISC dan kuisisioner.

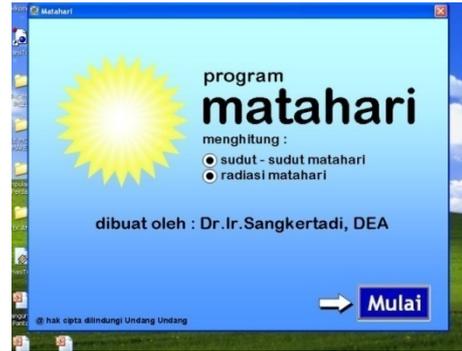


Gambar 5  
 Diagram alir proses studi

Keterangan gambar 5 adalah sebagai berikut:

- To : Suhu udara luar
- Ti : Suhu udara ruang dalam (kasus)
- HR : Kelembaban udara luar
- r : Kelembaban Absolut
- v : Kecepatan angin dalam ruang kasus
- q : sudut arah angin masuk bukaan
- HRi : Kelembaban relatif dalam ruang
- C : Keadaan awan

Adapun beberapa tampilan layar dengan program TRNSYS, MATAHARI, dan VENTILA, disajikan melalui gambar-gambar 6 s/d 8.



Gambar 9  
Tampilan awal Program MATAHARI



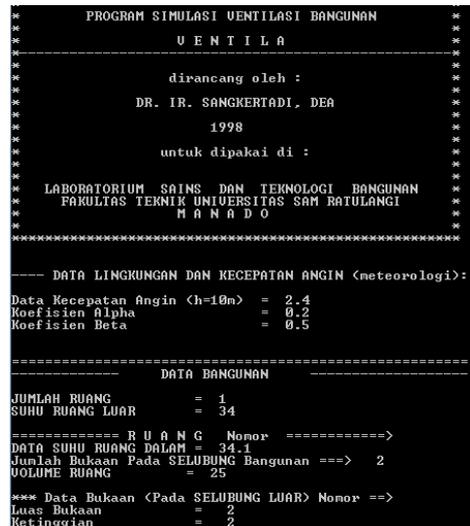
Gambar 6  
Tampilan awal start TRNSYS dengan IISIBAT



Gambar 7  
Tampilan awal Pre Bid pada TRNSYS



Gambar 8  
Tampilan TRNSHELL dalam paket TRNSYS



Gambar 10  
Tampilan Program VENTILA

Adapun karakteristik termik dari Rumah *Bantayo poboide* pada bagian ruang rumah panggung dan atap, dijelaskan melalui Tabel 2 dan 3, yang menunjukkan sifat-sifat material terkait dengan proses input untuk perhitungan perpindahan kalor melalui TRNSYS.

Tabel 2  
Sifat fisis Bahan

Posisi	Jenis	Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tebal (m)
Dinding	Kayu	600	0.03
Lantai			
Plafond			
Atap	Zink	7000	0.02

Tabel 3  
Sifat Termik Bahan

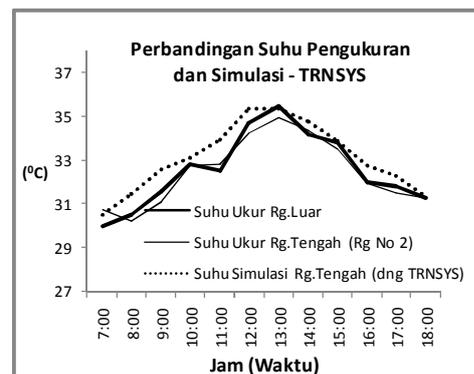
Posisi	Konduktivitas Termal (KJ / h m K)	Kapasitas Kalor (kJ / kg K)
Dinding	0.540	2
Lantai		
Plafond		
Atap	45	0.42

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di lokasi mengenai suhu dan kelembaban udara serta kecepatan dan arah angin, menunjukkan bahwa selama sehari penuh dari jam 07.00 s/d 18.00. suhu udara berada pada rentang 30.3 °C (terjadi pada Pukul 08.00), hingga 35.2 °C (terjadi pada pukul 13.00). Kelembaban udara antara 47% sampai 57%, dan kecepatan angin didekat jendela menunjukkan angka sekitar 0.05 m/s sampai 0.8 m/s. Arah angin dari Barat yang langsung menerpa bidang pasad dimana terletak jendela atau bukaan ventilasi. Adapun suhu udara di ruang luar yang diukur di halaman yang ternaungi, menunjukkan angka yang mirip dengan suhu ruang dalam, yaitu pada rentang 30 °C (pukul 07.00) sampai maksimum 35.5 °C (pukul 13.00). Kemiripan ini terjadi, kemungkinan karena pengaruh debit ventilasi yang cukup besar dan difasilitasi oleh jendela yang terbuka lebar. Adapun suhu ruang hasil simulasi dengan TRNSYS menunjukkan sedikit perbedaan dengan hasil ukur. Secara rata-rata perbedaannya sangat kecil yaitu hanya 0.7°C. Pada Tabel.4. dan Gambar.11 ditunjukkan perbandingan antara suhu udara dalam ruang (Ruang No.2 – Lihat Gambar. 2) hasil ukur dan hasil simulasi TRNSYS.

Tabel 4  
Perbandingan Suhu hasil Ukur dan Simulasi TRNSYS

Waktu	Suhu Ukur Rg Luar	Suhu Ukur Rg. Tengah	Suhu Simulasi Rg. Tengah (TRNSYS)
7.00	30	30.8	30.5
8.00	30.5	30.2	31.5
9.00	31.6	31.1	32.6
10.00	32.8	32.7	33.1
11.00	32.5	32.8	34.0
12.00	34.7	34.2	35.4
13.00	35.5	34.9	35.4
14.00	34.2	34.3	34.8
15.00	33.8	33.5	33.9
16.00	32	31.9	32.8
17.00	31.8	31.5	32.3
18.00	31.3	31.3	31.4



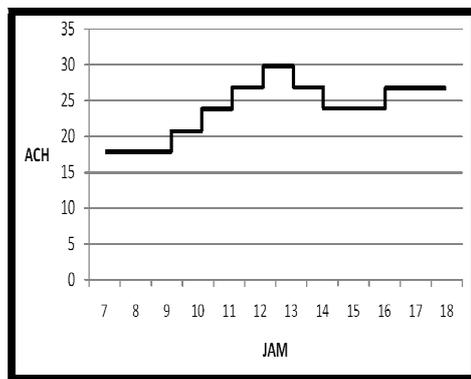
Gambar 11  
Perbandingan Suhu Udara Hasil ukur dan Simulasi TRNSYS

Suhu udara antara hasil ukur ruang luar dan ruang dalam menunjukkan perbedaan yang sangat kecil, atau nyaris sama. Hal ini dapat terjadi karena debit ventilasi udara yang cukup besar. Debit ventilasi yang cukup besar akan mempengaruhi suhu konvektif dalam ruang sehingga suhu resultan dalam ruang akan nyaris sama dengan suhu udara ruang luar. Sedangkan perbedaan antara suhu udara hasil simulasi dan hasil ukur terjadi karena kemungkinan angka debit ventilasi yang

diterapkan pada TRNSYS, tidak sama dengan fakta. Adapun angka debit ventilasi yang diterapkan di TRNSYS diperoleh melalui perhitungan dengan program VENTILA. Besarnya debit dalam satuan ACH (*Air Change per Hour*) yang diterapkan pada TRNSYS, ditunjukkan pada Gambar 12.

Tabel 5  
Debit Ventilasi  
(ACH / Air Change per Hour)  
dan Radiasi Total yang diterapkan  
pada TRNSYS

Jam	ACH (Vol/h)	Radiasi Total (KJ/h)
7	18	441.40
8	18	1189.79
9	21	1901.62
10	24	2468.20
11	27	3065.77
12	30	3190.64
13	30	3065.77
14	27	2699.40
15	24	2121.45
16	27	1189.79
17	27	441.40
18	27	0.27



Gambar 12  
Debit ventilasi yang diterapkan  
sebagai input untuk TRNSYS

Setelah mendapatkan hasil simulasi TRNSYS yakni suhu dan kelembaban beserta kecepatan angin (tabel 6), maka kita akan menentukan kenyamanan termal

penghuni. Penghitungan kenyamanan termal menggunakan rumus DISC Sangkerta (2006) dan PMV (Fanger, 1970) maka kita dapat mengetahui tingkat kenyamanan termal penghuni (Tabel.7)

Tabel 6  
Hasil simulasi TRNSYS  
untuk Suhu dan Kelembaban,  
dan Hasil pengukuran kecepatan angin  
di dalam ruang

Jam	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (m/s)
7	30.53	62.4	0.05
8	31.48	59.6	0.05
9	32.59	54.8	0.07
10	33.13	55.8	0.1
11	33.95	54	0.02
12	35.39	46.2	0.1
13	35.39	43.8	0.2
14	34.76	46	0.1
15	33.91	48.5	0.8
16	32.77	51	0.7
17	32.28	51.7	0.5
18	31.36	52.9	0.7

Tabel 7  
Perbandingan Skala DISC, PMV,  
dan Kuesioner

Jam	DISC	PMV	Kuesioner	Abs (x-z)	Abs (y-z)
	x	y	z		
7	1	2	0	1	2
8	1	2	0	1	2
9	1	2	0	1	2
10	1	2	0	1	2
11	2	3	2	0	1
12	2	3	2	0	1
13	2	3	2	0	2
14	2	3	2	0	2
15	2	3	0	2	3
16	1	2	0	1	2
17	1	2	0	1	2
18	1	2	0	1	2
Simpangan Rata-Rata				0.75	1.9

Dari tabel di atas, menunjukkan bahwa tetap terdapat perbedaan hampir satu skala, antara perhitungan DISC dan kuesioner. Sedangkan hasil perhitungan

PMV dibandingkan terhadap kuisioner, menunjukkan perbedaan sampai mendekati 2 skala. Jadi hasil perhitungan kenyamanan termal dengan skala DISC ternyata lebih mendekati kenyataan dibandingkan dengan PMV setelah memperhatikan perbedaannya terhadap hasil kuisioner. Perhitungan skala DISC hasil simulasi menunjukkan bahwa pada pagi dan sore hari, pemakai ruang merasa agak panas (tidak nyaman), sedangkan pada siang hari merasakan panas (tidak nyaman). Ketepatan perhitungan skala DISC terhadap kuisioner terjadi saat siang hari yakni pada pukul 11.00 s/d 14.00.

Apabila dibandingkan dengan studi sejenis, misalnya studi oleh Juhana(2000), nampaknya terdapat kemiripan hasil menyangkut tendensi persepsi rasa kenyamanan termal didalam ruang. Adapun studi oleh Juhana(2000) tentang kinerja termal rumah tradisional Bajo (yang juga terletak di iklim tropis lembab, dan tipe bangunan rumah panggung kayu), menunjukkan bahwa kondisi nyaman terjadi pada rentang pukul 18.00 – 08.00 (malam sampai pagi hari), sedangkan pada rentang 08.00-18.00 (pagi sampai sore hari) menunjukkan kondisi panas. Kemiripan hasil juga diperoleh apabila membandingkan dengan studi oleh Sangkertadi (2008) mengenai kondisi kenyamanan termal rumah tradisional Minahasa (tipe rumah panggung dari kayu) yang terletak di Manado (Iklim Tropis lembab), yang menunjukkan bahwa pada rentang waktu pukul 07.00-09.00 penghuni rumah merasa nyaman. Studi serupa juga dilakukan oleh Harimu (2010) tentang penelitian dalam rumah panggung

Minahasa di kawasan padat penduduk di Manado. Dari hasil penelitiannya diungkapkan bahwa pada pagi hari 07.00-10.00, pada umumnya pemakai kamar-kamar rumah merasakan situasi hangat nyaman. Studi lainnya yang sejenis adalah oleh Fitriaty (2012) tentang persepsi kenyamanan termal di rumah tradisional Tambi yang terletak di Sulawesi Tengah (Iklim Tropis lembab). Dikemukakan bahwa kondisi termal rumah tambi berada pada skala puncak pada siang hari, hal yang sama dibandingkan dengan kondisi yang terjadi pada rumah *Bantayo Poboide*.

## **V. KESIMPULAN**

Penggunaan simulasi numerik perpindahan panas dengan TRNSYS pada kasus rumah Bantayo Poboide ini bermanfaat untuk mengetahui pola pergerakan suhu dan kelembaban udara didalam ruang menurut fungsi waktu. Perbandingan hasil perhitungan dengan TRNSYS terhadap hasil pengukuran merupakan langkah validasi untuk mendukung kebenaran hasil keluaran. Hasil perhitungan dan pengukuran menunjukkan, bahwa pada tipe rumah tradisional Gorontalo *Bantayo Poboide*, saat bulan April (musim panas), suhu udara didalam ruang saat siang hari, mencapai hampir sama dengan suhu ruang luar, yaitu sekitar 34<sup>0</sup>C. Pola pergerakan suhu udara didalam ruang juga menunjukkan kecenderungan mendekati pola pergerakan suhu udara ruang luar, yang juga dipengaruhi debit ventilasi yang cukup signifikan. Hasil perhitungan kenyamanan termal dengan cara DISC

menunjukkan keterdekatan terhadap hasil kuisioner, dibandingkan dengan skala PMV. Dengan demikian, maka model perhitungan skala DISC dapat dianggap layak untuk dipakai dalam mengevaluasi performa kenyamanan termal pada bangunan tropis, dengan tingkat ketelitian yang cukup memadai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dreyfus J, 1962, *Le Confort dans l'Habitat en Pays Tropical*, Eyrolles, Paris.
- Fanger (1970), *Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering*, Fitriaty, Puteri (2012), *Aspek Termal Rumah Tambi*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya (Tesis, Tidak Dipublikasikan)
- Firiaty P, Antaryama IGN, Sri-Nastiti NE, 2011, *Thermal Performance of Traditional House in the Upland Central Celebes, Indonesia*, IPTEK – The Journal for Technology and Science, Vol 22, No 4.
- Frick Heinz., *Arsitektur dan Lingkungan*, Kanisius, Yogyakarta, 1988.
- Frick Heinz, 1998. Suskiyanto Bambang, *Dasar Dasar Eko Arsitektur*, Kanisius. Yogyakarta dan Soegijapranata University Press, Semarang.
- Fry M, and Drew J, 1964, *Tropical Architecture in the dry and humid zones*, Batsford Limited, London
- Harimu DAJ, 2010, *Thermal Comfort at Stilt House in Manado, Proceeding 2<sup>nd</sup> International Seminar on Tropical Eco Settlements. Research Institut for Human Settlement, Indonesia*.
- Juhana, . (2000), *Pengaruh Bentuk Arsitektur dan Iklim terhadap Kenyamanan Thermal Rumah Tinggal Suku Bajo di Wilayah Pesisir Bajo Kabupaten Bone Sulawesi Selatan*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Kemajou A dan, Mba L, 2012. *Real Impact of the Thermal Inertia on the Internal Ambient Temperature of the Building in the Hot Humid Climate: Simulation and Experimental Study of Douala in Cameroon*, IJRRAS Vol 11 Issue 3. 2012.
- Lihawa H, 2008. *Tipologi Arsitektur Rumah Tinggal. Studi Kasus Masyarakat Jawa Tondano (Jaton) .di Desa Reksonegoro Kabupaten Gorontalo*. Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo.
- Mangunwijaya Y B, *Pasal – Pasal Penghantar Fisika Bangunan*, Gramedia. Jakarta 1980.
- Olgyae V, 1962, *Design With Climate-Bioclimate approach to architectural regionalism*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Riyanto, Bambang (2000). *Pengaruh Komponen Bangunan terhadap Pengkondisian Termal pada Rumah Tradisional Nelayan di Demak*. (Studi Kasus Perumahan Nelayan di Pantai Morodemak) Universitas Diponegoro. Semarang
- Sangkertadi, Syafriny R, Tungka A, 2008, *Thermal Comfort Comparison of Traditional Architecture and Modern Style Housing in North Sulawesi – Indonesia*, Proceeding of SENVAR 9th & ISESEE08, Shah Alam, Nopember 2008.
- Sangkertadi, Megri, AC, 2006, *Contribution of Air Velocity on Thermal Comfort in Hot and Humid Climate*, Journal of Architecture and Environment, Vol.5, No.2, October, 2006, pp.143-162
- Sangkertadi, 2006 *Peran Kecepatan Angin terhadap Peningkatan Kenyamanan Termis Manusia di Lingkungan Beriklim Tropis Lembab*, Jurnal Manusia dan Lingkungan Vol.13, No.2, Juli 2006, pp.71-89.
- Sangkertadi, Tungka, Syafrini, (2008) *Thermal Comfort Comparison of Traditional Architecture and Modern Style Housing in North Sulawesi – Indonesia*. SENVAR + 2nd ISESEE, Selangor, Malaysia.