

Simulasi Termal pada Rumah Adat di Gorontalo

Disusun Oleh :

Muhdi Attaufiq

Dosen Program Studi Arsitektur
Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo
INDONESIA
bukustitek@yahoo.com

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°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 dengan hasil kuisioner. Sedangkan hasil perhitungan dengan skala PMV menunjukkan perbedaan sekitar satu hingga 2 skala lebih tinggi dibandingkan kuisioner.

Keywords : Gorontalo, Iklim Tropis Lembab, Perpindahan Panas, Kenyamanan Termal.

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. Kota Limboto merupakan 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, 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

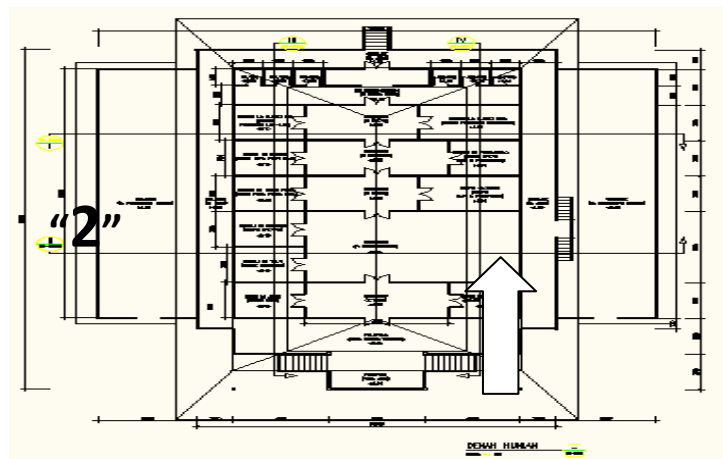
klasifikasi tradisional termasuk dalam kelompok tradisi bangsawan (kelompok atas). Sebagai catatan, oleh

Suharjanto (2011), dari hasil ringkasannya terhadap tulisan Amos Rapoport (1969), dikemukakan adanya dua kelompok tradisi yaitu *grand-tradition* (tradisi megah) dan *folk-tradition* (tradisi rakyat). Kemegahan Istana dan bangunan

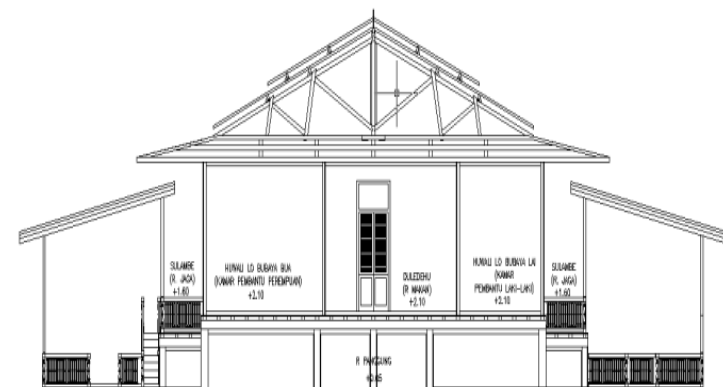
keagamaan digolongkan ke dalam *grand-tradition*. Sementara *architecture without architects* digolongkan sebagai bangunan *folk-tradition*. *Bantayo poboide* merupakan tipe rumah panggung, berkonstruksi kayu, memiliki banyak ruangan, berukuran 31 m x 18 m, dengan tinggi panggung 2 m dari muka tanah (Gambar 1 s/d 4.).



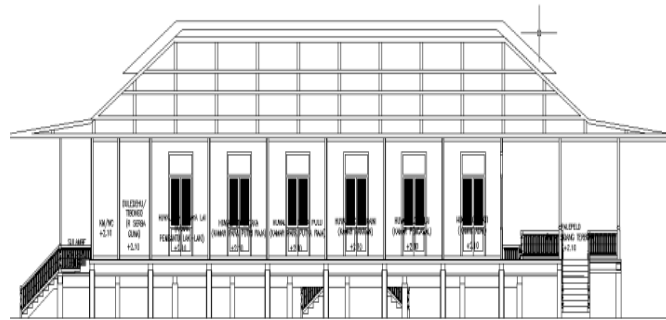
Gambar.1. Tampak Depan Bantayo Poboide



Gambar .2. Denah *Bantayo Poboide* (ket “2”: Ruang sebagai Studi Kasus)



Gambar.3. Potongan Melintang *Bantayo poboide*



Gambar.4. Potongan Memanjang *Bantayo poboide*

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).

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. 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.

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. Tentang kenyamanan termal, sejumlah peneliti sepakat dengan definisi oleh Fanger (1970), bahwa kenyamanan termal adalah kondisi seseorang merasa nyaman terhadap lingkungannya.

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 (mediteranian). Dua model untuk perhitungan kenyamanan termal, yakni PMV Sangkertadi (2006) dan DISC Sangkertadi (2006) disajikan berikut ini.

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

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 (m²)

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 Edif, serta Mcut dan Ds, dapat diketahui dari sejumlah referensi seperti dari Sangkertadi (2006.), Fanger (1970), dll. Adapun definisi perseptif dari hasil perhitungan 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

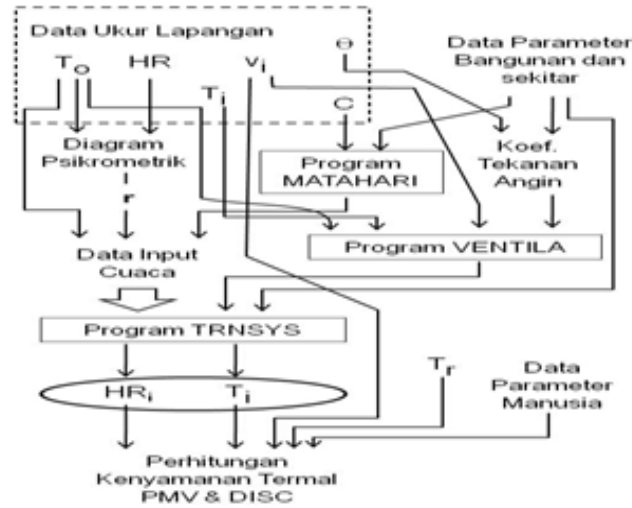
METODE

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 thermohyrometer, 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 dan DISC. 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.



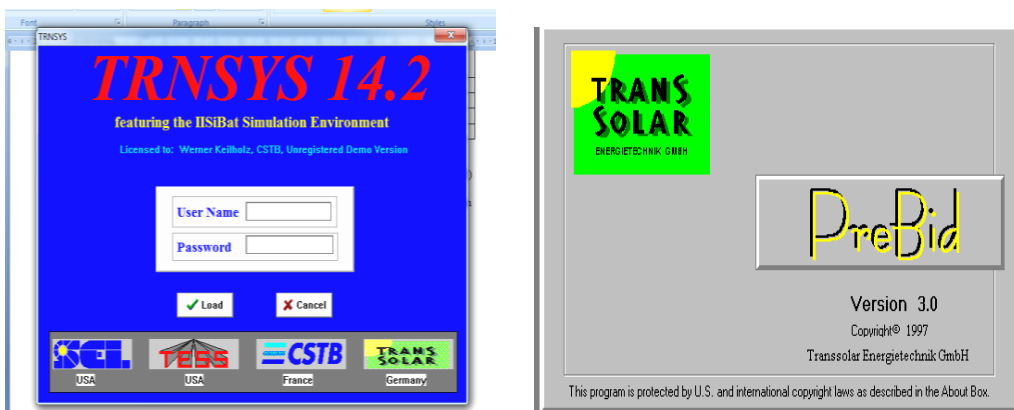
Gambar.5. Diagram alir proses studi

Keterangan gambar 2 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 berikut.



Gambar.6. Tampilan awal start TRNSYS dengan IISIBAT dan Pre Bid TRNSYS



Gambar 7. Tampilan TRNSHELL dalam paket TRNSYS dan Program Matahari

```

PROGRAM SIMULASI UENTILASI BANGUNAN
  U E N T I L A
-----
          dirancang oleh :
          DR. IR. SANGKERTADI, DEA
          1998
          untuk dipakai di :
          LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN
          FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SAM RATULANGI
          M A N A D O
*****
----- DATA LINGKUNGAN DAN KECEPATAN ANGIN <meteorologi>:
Data Kecepatan Angin <h=10m> = 2.4
Koefisien Alpha              = 0.2
Koefisien Beta               = 0.5
-----
          DATA BANGUNAN
-----
JUMLAH RUANG                  = 1
SUHU RUANG LUAR              = 34
===== R U A N G  Nomor =====>
DATA SUHU RUANG DALAM = 34.1
Jumlah Bukaan Pada SELUBUNG Bangunan ==> 2
VOLUME RUANG                 = 25
*** Data Bukaan <Pada SELUBUNG LUAR> Nomor ==>
Luas Bukaan                  = 2
Ketinggian                    = 2
    
```

Gambar.8. Tampilan Program VENTILA

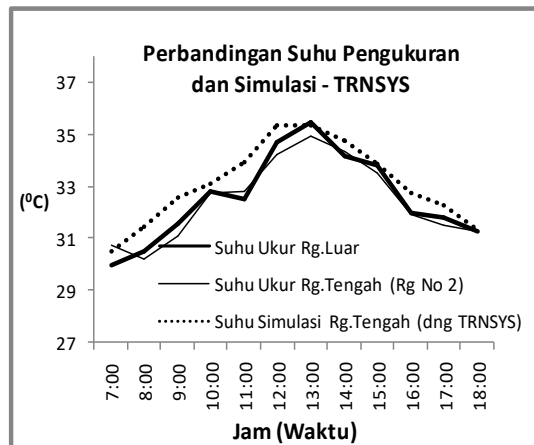
Adapun karakteristik termik dari Rumah *Bantayo poboide* pada bagian ruang rumah panggung dan atap, dijelaskan melalui Tabel.2 dan 3, yang menunjukkan sifat-sifat

material terkait dengan proses input untuk perhitungan perpindahan kalor melalui TRNSYS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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
3.00	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



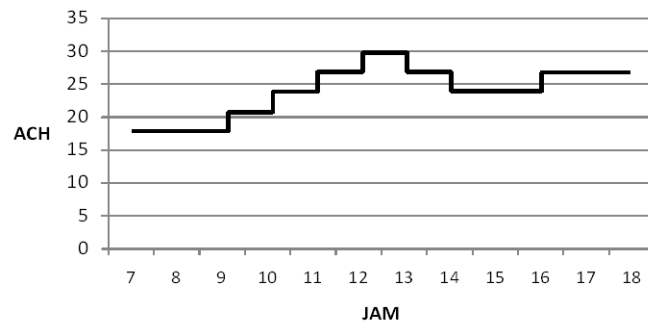
Gambar.11. Perbandingan Suhu Udara Hasil ukur dan Simulasi TRNSYS

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) dan Radiasi Total yang diterapkan pada TRNSYS

Jam	ACH (1/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 memntukan kenyamanan termal

penghuni. Penghitungan kenyamanan termal menggunakan rumus Sangkertadi (2006), DISC dan PMV maka kita dapat mengetahui tingkat kenyamanan termal penghuni yakni :

Tabel 6 Hasil Suhu dan Kelembaban TRNSYS dan Kecepatan Angin (Ukur)

Jam	Suhu (oC)	Kelembaban (RH)	Kecepatan Angin (Ukur)
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. Skala DISC, PMV, dan Kuesioner

Jam	DISC	PMV
	x	y
7	1	2
8	1	2
9	1	2
10	1	2
11	2	3
12	2	3
13	2	3
14	2	3
15	2	3
16	1	2
17	1	2
18	1	2

Studi simulasi ini bertujuan untuk memprediksi perubahan temperatur udara dalam ruang dari sebuah rumah tradisional. Studi tentang rumah tradisional telah banyak dilakukan diantaranya oleh Juhana (2000) di wilayah pesisir Bajo yang menunjukkan bahwa kondisi nyaman terjadi pada range pukul 18.00 – 08.00 menunjukkan kondisi nyaman, sedangkan pada range 08.00-18.00 menunjukkan kondisi panas. Pengukuran dilakukan pada ruang dalam dan ruang luar. Sedangkan Sangkertadi (2008) yang

membandingkan kondisi termal antara rumah tradisional dan modern di Manado menunjukkan bahwa pada range waktu pukul 07.00-09.00 penghuni rumah tradisional merasa nyaman di banding dengan penghuni rumah modern. Sedangkan pada pukul 10.00 – 05.00 penghuni rumah modern merasa lebih hangat disbanding penghuni rumah tradisional.

Sedangkan menurut Fitryaty (2012), bahwa kondisi termal rumah tamba berada pada

skala puncak pada siang hari, sedangkan pada malam hari para penduduk menggunakan perapian untuk mereduksi ketidanyamanan termal akibat kondisi underheating pada malam hari.

Kesimpulan

Penggunaan simulasi numerik perpindahan panas TRNSYS dimaksudkan sebagai sebuah studi untuk memprediksi pola aliran panas. Studi simulasi ini tentunya dibandingkan dengan pola pengukuran lapangan. Yang dimana hasil dari perbandingan antara hasil pengukuran lapangan dan simulasi tidak terdapat perbedaan terlalu jauh, sehingga dianggap layak untuk dipakai untuk mengevaluasi performa termal pada bangunan tropis, dengan tingkat ketelitian yang cukup memadai.

Dengan perbandingan studi simulasi tersebut, maka diukurlah skala kenyamanan termal rumah adat tradisional Gorontalo. Dari hasil perhitungan kenyamanan termal dengan skala DISC menunjukkan keterdekatan dengan hasil kuisioner. Sedangkan hasil perhitungan dengan skala PMV menunjukkan perbedaan sekitar satu hingga 2 skala lebih tinggi dibandingkan kuisioner. Sehingga skala DISC lebih tepat digunakan untuk mengukur skala kenyamanan termal iklim tropis lembab.

DAFTAR PUSTAKA

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

Harimu DAJ, 2010, Thermal Comfort at Stilt House in Manado, Proceeding 2nd 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

Rapoport, Amos. (1969), *House Form and Culture*, Prentice-Hall Inc., Cambridge, The United States of America

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, Tunga, Syafrini, (2008)
*Thermal Comfort Comparison of
Traditional Architecture and
Modern Style Housing in North
Sulawesi – Indonesia.* SENVAR
+ 2nd ISESEE, Selangor,
Malaysia