KINERJA TERMAL PADA RUMAH PANGGUNG DI KOTA PALEMBANG

Budi Rudianto *)

Abstrak: Studi ini menampilkan pengaruh iklim dalam pembentukan panas bangunan pada rumah panggung di kawasan iklim tropis lembab. Rumah panggung di Kota Palembang merupakan salah satu tipe hunian masyarakat yang hingga kini masih didiami dan keberadaannya telah membentuk wajah kota.
Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kinerja termal pada rumah panggung di Kota Palembang. Obyek penelitian menggunakan dua buah rumah panggung yang berada pada kawasan permukiman di tengah kota. Metode penelitian merupakan gabungan observasi dan simulasi. Program Archipak digunakan dalam melakukan simulasi. Kinerja termal kedua bangunan rumah panggung dibandingkan untuk mendapatkan hasil. Kinerja termal pada rumah panggung RP-11 lebih baik daripada rumah panggung RP-12 berdasarkan nilai total beban panas yang lebih rendah. Orientasi, bentuk bangunan, dan material merupakan faktor desain yang paling berpengaruh dalam pembentukan panas bangunan pada rumah panggung. Lantai panggung berkontribusi dalam mengurangi beban panas bangunan sepanjang hari. Ventilasi sangat efektif dalam mengurangi beban panas bangunan. Hasil penelitian akan digunakan untuk melakukan penelitian selanjutnya tentang rumah panggung moderen.

Kata Kunci: rumah panggung, beban panas, kinerja termal, faktor desain, iklim tropis lembab

***Abstract**: This study presents the influence of the climate on the formation of thermal stilt houses in the warm-humid climate area. Rumah panggung in Palembang is one of the types of a residential community that is still inhabited and its existence has shaped the face of the city.*
The objective of this study is to know the thermal performance of rumah panggung in Palembang. The research object uses two buildings located in a settlement area in the city. The research method is a combination of observation and simulation. Program Archipack is used to perform simulation. The thermal performance of the two buildings is compared to obtain the results.
The thermal performance of RP-11 building is better than RP-12 building based on the lower total heat load value. Orientation, building shape, and material are the most influential design factors in the formation of thermal on a stilt house. Raised floor contributes to reducing the thermal load of the building throughout the day. Ventilation is very effective in reducing the thermal load of the building. The results of this study will be used to conduct further research on modern rumah panggung.

***Keywords:** stilt house, thermal load, thermal performance, design factor, warm-humid climate*

**) Dosen Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang*

1. Pendahuluan

Kota Palembang awal berkembang dari tepi Sungai Musi dan sungai sekitarnya sehingga air sebagai moda transportasi dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Masyarakatnya bermukim pada hunian tipe panggung di sepanjang tepian sungai dan ada juga yang berada di atas air berupa rumah rakit. Rumah Limas adalah hunian tradisional Kota Palembang ber-tipe panggung untuk kaum bangsawan. Saat ini sudah terbatas keberadaannya karena sulitnya material dan mahalnya perawatan. Rumah panggung dengan atap perisai dan sudut kemiringan tajam merupakan hunian tipe panggung untuk masyarakat biasa. Rumah panggung tersebar di beberapa situasi: darat, dataran rendah, dan *wetland.* Rumah panggung hingga sat ini masih digunakan oleh masyarakat untuk bermukim. Hunian tipe panggung di Kota Palembang telah turut membentuk wajah kota dan telah menjadi identitas kota.

Saat ini kecenderungan perkembangan wilayah perumahan dan pemukiman kota pada kawasan yang kering dengan hunian tipe *landed house*. Perkembangan wilayah pada kawasan tergenang air dengan hunian tipe panggung secara signifikan belum terlihat. Pola perkembangan wilayah kota dengan cara menguruk kawasan tergenang air tanpa ada perencanaan yang jelas, lambat laun akan mengurangi luasan kawasan tergenang air yang berfungsi sebagai daerah limpahan dan resapan air.

Rumah panggung yang berdiri di atas kolom (*house on stilt*) dapat berada pada situasi tergenang air merupakan suatu kelebihan dibandingkan rumah tanpa panggung. Porositas elemen lantai panggung dari susunan papan kayu menyebabkan terjadi pergerakan udara maksimal pada bangunan. Penghapusan panas lewat pergerakan udara merupakan cara yang efektif mencapai kenyamanan untuk kawasan iklim tropis lembab. Menahan panas mengalir ke dalam bangunan merupakan fenomena termal pada bangunan di kawasannya. Peran kulit bangunan (*envelope*) menjadi penting dalam menahan laju panas mengalir ke dalam bangunan. Mengurangi panas bangunan menjadi perhatian untuk mendapatkan kenyamanan termal.

Rumah panggung masih relevan untuk dikembangkan menjadi alternatif pilihan hunian kedepan, karena: i) mencerminkan identitas setempat sebagai kota yang lekat dengan air, ii) masih didiami oleh sebagian besar masyarakatnya, iii) memperhatikan ekologi kota, iv) lebih nyaman dibandingkan rumah tanpa panggung.

Penelitian ini dititikberatkan pada keterkaitan antara iklim dan kemampuan termal bangunan, sehingga perumusan masalah adalah seberapa jauh kemampuan termal bangunan mengatasi kondisi iklim dalam menciptakan kondisi termal yang diinginkan pada bangunan.

Tujuan penelitian untuk mengetahui: i) karakter iklim kota, ii) kinerja termal pada rumah panggung di Kota Palembang, iii) faktor desain yang berpengaruh dalam pembentukan panas bangunan.

2. Landasan Teori

2.1 Perpindahan Panas

Panas merupakan salah satu bentuk energi. Panas dapat berpindah pada satu sistem ke sekitarnya atau ke sistem lainnya. Mempelajari aliran panas berlaku prinsip *thermodynamics*: i) jumlah energi pada satu sistem adalah tetap, ii) panas mengalir pada satu sistem dari sumber yang lebih panas menuju ke bagian tempat yang lebih dingin. Perpindahan panas dapat berlangsung secara konduksi, konveksi, dan radiasi (Szokolay, 1987).

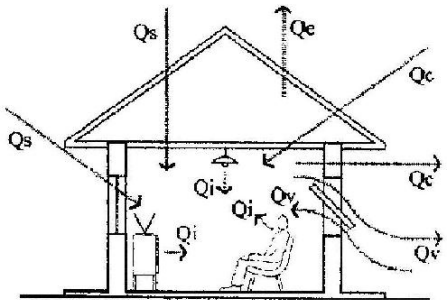
Perpindahan panas konduksi (*conduction*) terjadi melalui pergerakan molekul pada sebuah benda padat atau kontak permukaan antar benda padat. Setiap benda padat mempunyai nilai *conductivity* (k-*value*) yang dipengaruhi oleh *density*. Perpindahan panas konveksi (*convection*) terjadi melalui pergerakan molekul dari *fluid* karena perbedaan suhu dengan permukaan benda padat. *Fluid* mempunyai nilai *convection coefficient* yang dipengaruhi oleh tingkat *viscosity* dan *velocity*. Perpindahan panas radiasi (*radiation*) terjadi melalui pancaran gelombang lewat udara dari sebuah benda yang lebih panas. Pada sinar matahari, spektrum yang mengandung panas terdapat pada sinar infra merah gelombang pendek (700-2.300 nm) dan gelombang panjang (2.300-10.000 nm). Radiasi pada permukaan bidang padat (*opaque*) berlaku ketentuan: *absorptance* (abs) + *reflectance* (ref) = 1. Besar nilai penyerapan dan pemantulan tergantung pada kualitas permukaan dari suatu bidang. Radiasi pada permukaan bidang transparan (*transparent*) berlaku ketentuan: *absorptance* (*abs*) + *reflectance* (*ref*) + *transmittance* (*trm*) = 1. Besar nilai transmisi tergantung ketebalan dari bidang. Nilai *radiation coefficient* dipengaruhi oleh suhu permukaan dari suatu bidang (Szokolay, 1987).

2.2 Sistem Termal Bangunan

Jumlah total beban panas pada suatu bangunan dalam pendekatan *steady state* adalah nol. Persamaan keseimbangan termal bangunan merupakan gabungan beberapa perpindahan panas yang terjadi pada bangunan meliputi:

$$Qi + Qs +/- Qc +/- Qv - Qe = 0 \qquad (1)$$

Jika jumlah total beban panas lebih dari nol maka *indoor temperature* naik dan jika jumlah total beban panas kurang dari nol maka *indoor temperature* turun.



Gambar 2.1 Sistem Termal Bangunan
Sumber: Szokolay, 1987

Gambar 2.1 memperlihatkan sistem termal bangunan. Panas yang diterima (+) berasal dari: Qi (*internal heat gain*), Qs (*solar heat gain*), Qc (*conduction heat gain*, dan Qv (*ventilation heat gain*). Panas yang dilepas (-) berasal dari: Qc (*conduction heat loss*), Qv (*ventilation heat loss*), dan Qe (*evaporative heat loss*).

Besar beban panas pada bangunan merupakan gabungan dari beberapa bentuk perpindahan panas:

$$Qc = qc \times dT \quad (2)$$

$$Qv = qv \times dT \quad (3)$$

$$Qso = qc \times dTe \quad (4)$$

qc = U-*value* x A
dT = To-Ti
Qv = 1.200 x vfr = 1.200 x N x V/3.600
= 0,33 x N x V

vfr = *volume flow rate*
N = *air changes per hour*
V = *volume* (m^3)

Dinding: dTe = G x abs x Rso
Atap: dTe = (G x abs - E) x Rso

G = *global irradiance* (W/m^2)
abs = *apsortance*
E = *radiation emission* (W/m^2)
Rso = *outside surface resistance*
sgf = *solar gain factor*

$$Qsw = A \times G \times sgf \quad (5)$$

Jumlah total beban panas merupakan penjumlahan dari (2), (3), (4), dan (5).

$$Q = (Qc + Qv) \times dT + Qso + Qsw \quad (6)$$

2.3 Desain Termal

Orientasi optimum dari *layout* bangunan pada kawasan iklim tropis lembab adalah sisi terpanjang bangunan pada arah Utara-Selatan dan sisi terpendek bangunan pada arah Timur-Barat. Meminimalkan luasan dinding pada sisi Timur-Barat merupakan upaya mengatasi sudut datang sinar matahari yang rendah pada pagi hari dan sore hari. Perbandingan proporsi optimum untuk beban panas minimal bangunan pada kawasan iklim tropis lembab adalah 1:1,70 (Olgyay, 1992).

Envelope terdiri dari bidang *opaque* dan *transparent*. Pada kawasan iklim tropis lembab, *envelope* berfungsi melindungi bangunan dari kondisi luar bangunan yang panas (suhu udara lebih tinggi). Penggunaan material dengan warna cerah dan lapisan insulasi akan meningkatkan kemampuan dalam mengurangi panas radiasi. Atap pada wilayah ekuator terutama melindungi bangunan dari panas radiasi matahari. Atap dengan kemiringan (*pitched roof*) terdapat plafon sehingga menciptakan volume ruang dalam atap (*attic*) mampu menahan radiasi Tersedianya ventilasi pada atap akan meningkatkan kemampuannya dalam mengurangi panas radiasi. Memberi lapisan insulasi pada atap dan plafon akan lebih meningkatkan lagi (Kabre, 2010).

Dinding merupakan elemen bangunan yang menerima panas tergantung orientasi. Besar panas yang diterima juga dipengaruhi luas area dinding yang terkena sinar matahari langsung. Pada dinding yang terpapar, memperhitungkan sudut datang sinar matahari pada dinding. Juga bila dinding terpapar berwarna maka memperhitungkan nilai absorpsi sesuai warna. Ketentuan untuk warna terang adalah nilai refleksi lebih besar daripada nilai absorpsi, kebalikan untuk warna gelap. Untuk *light colours* (ref: 0,6 + abs: 0,4) dan *dark colours* (ref: 0,2 + abs: 0,8). U-*value* dari elemen dinding dipengaruhi oleh nilai k-*value* dan ketebalan dari material konstruksi dinding (Szokolay, 1987).

Jendela kaca merupakan elemen yang paling diperhatikan terkait dari responsifnya

yang cepat dalam menerima panas. Pada jendela, setelah orientasi perlu untuk memperhatikan jenis kaca, ukuran, posisi, konstruksi jendela, dan pembayangan-nya.

Lantai panggung sebagaimana pada elemen dinding, U-*value* nya dipengaruhi oleh k-value dan ketebalan dari material pembentuk konstruksi lantai. Aliran panas yang terjadi pada lantai dalam arah vertikal.

Ventilasi pada bangunan berupa bukaan pada elemen bangunan untuk aliran udara (angin). Fungsi ventilasi pada bangunan di kawasan iklim tropis lembab untuk: i) penyediaan udara segar, ii) menghapus panas lewat pergantian udara, iii) mendapatkan efek pendinginan fisiologis (Szokolay, 1987). Sistem ventilasi alam yang sesuai untuk kawasan iklim tropis lembab adalah *cross ventilation* dan *stack ventilation*. Karakter iklim tropis lembab yang mempunyai kelembaban udara tinggi dan suhu udara panas dengan perbedaan yang kecil, sehingga pergerakan udara merupakan cara efektif untuk menghapus panas (Givoni, 1976). Pada *layout* bangunan yang tipis, menyediakan bukaan pintu/jendela yang berseberangan akan menimbulkan pergerakan udara bersilangan (*cross ventilation*). Pada bangunan bertingkat dengan terdapat *void* dan bukaan pada atap akan menimbulkan pergerakan udara yang mengalir dari bawah ke atas secara konveksi karena perbedaan suhu udara (Aynsley, 2007).

2.4 Kenyaman Termal

ASHRAE (2004) mendefinisikan kenyaman termal adalah sebagai '*the condition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment*'. Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal meliputi: i) faktor fisik/lingkungan meliputi suhu udara, kelembaban udara, rata-rata suhu permukaan, kecepatan angin, ii) faktor personal (tingkat aktivitas, jenis pakaian, umur, jenis kelamin, bentuk tubuh, tingkat kesehatan, dan sebagainya). Salah satu bentuk ukuran standar kenyaman termal ditampilkan pada sebuah grafik seperti *Bioclimatic* dan *Psychrometric chart*. ASHRAE (2004) mendefinisikan standar kenyamanan dicapai saat 80% dari sekelompok orang yang melakukan aktivitas ringan dapat menerima kondisi lingkungan secara termal. Heerwagen (2004), *comfort zone* berada pada rentang *dry bulb temperature* = 20-27 C, *relative humidity* = 25-55%, *mean radiant temperature = air temperature*, *air velocity* = 0,36 m/s, *activity rate* (*sedentary person*) = 1,0 met, dan *clothing insulation* = 0,6 clo.

2.5 Penelitian Serupa

Tahir dkk (2010) meneliti konsep lantai panggung pada rumah Melayu untuk diterapkan pada *terrace house* di Malaysia. Potensi pergerakan udara di bawah lantai panggung dimanfaatkan pada *terrace house*. Penelitiannya membuat variasi rancangan desain bangunan hunian bertingkat dengan lantai panggung dari kombinasi lantai beton dan lantai papan, lantai yang bisa dibuka tutup, dan lantai yang ada celah-nya. Dikatakan juga konsep lantai panggung merupakan sebagai solusi mengatasi permasalahan sosial keamanan dan lingkungan kota seperti banjir.

Nguyen dkk (2011) meneliti strategi desain bioklimatik pada enam variasi bangunan hunian vernakular di Vietnam, salah satunya merupakan hunian tipe panggung. Hunian vernakular beradaptasi dengan baik terhadap kondisi iklim. Ventilasi, orientasi, bentuk bangunan, dan pembayangan merupakan strategi yang paling banyak digunakan. Keberadaan lantai panggung mampu mengatasi kelembaban udara yang ditimbulkan oleh air tergenang saat banjir.

Adenan (2013) meneliti kondisi termal pada rumah pangung di atas air di lokasi Kampong Ayer, Brunei. Obyek penelitiannya dua buah rumah panggung yaitu *self-building* dengan konstruksi kayu dan *mass-housing* dengan konstruksi beton. Hasil pengukuran data *logger* menghasilkan fluktuasi yang mirip pada keduanya. Kondisi termal pada rumah panggung di situasi air dipengaruhi oleh kelembaban udara yang tinggi. Teknik pendinginan yang

pasif saat ini menghadapi tantangan antara lain munculnya material baru, penggunaan AC, dan pengetahuan setempat dalam membangun sudah tidak diturunkan lagi ke generasi baru.

Rumah tradisional Gayo yang terdapat lepo (balkon) dan lantai panggung, mempunyai rata-rata *indoor temperature* yang lebih rendah dibanding dengan bangunan tanpa lepo dan lantai panggung (Nadia, 2013). Atap pada rumah tradisional Tambi merupakan yang paling berpengaruh pada pembentukan kondisi termal bangunan. Materialnya mempunyai kapasitas termal yang kecil sehingga pada siang hari mudah menerima panas dan pada malam hari mudah kehilangan panas (Fitriaty et al, 2011). Rumah panggung di situasi tepi sungai di lokasi Kota Banjar memperlihatkan lebih baik kinerja termalnya daripada darat (Dewanto, 2006).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif. Metode penelitian dikategorikan penelitian korelasi pada studi *causal comparative*. Cara penelitian dengan menggunakan observasi dan simulasi (Groat & Wang, 2002). Analisa iklim kota dilakukan untuk mendapatkan gambaran kodisi iklim setempat sebagai acuan untuk membandingkan kondisi termal dalam bangunan. Pengamatan kondisi lapangan (observasi) dilakukan pada bulan Agustus 2014, bersamaan dengan pengukuran fisik bangunan. Pengukuran kondisi lingkungan dilakukan dalam jumlah durasi waktu yang sama pada kedua obyek penelitian. Aspek yang diamati dalam pengukuran kondisi lingkungan adalah suhu udara dan kelembaban udara, dengan menggunakan alat ukur *thermohygrometer* (tipe *AZ 8808 data logger*). Simulasi untuk menghitung beban panas menggunakan program Archipak. Hasil pengukuran fisik bangunan sebagai masukan untuk simulasi. Hasil simulasi pada kedua obyek penelitian dibandingkan dengan hasil observasi. Tolok ukur kinerja termal dari total beban panas pada bangunan dan suhu udara Ti.

3.1 Obyek Penelitian

3.1.1 Rumah panggung-1

Gambar 3.1 memperlihatlkan rumah panggung obyek-1. Rumah panggung RP-11 terletak di daerah Ilir. Berada di Jalan Pangeran Sido Ing Lautan - Kelurahan 36 Ilir, Kecamatan Gandus. Denah bangunan dengan ukuran 6 meter x 13 meter. Aksis bangunan memanjang arah Timur-Barat, tegak lurus jalan. Orientasi bangunan ke arah Timur. Bentuk atap perisai dengan sudut kemiringan 45º dari genteng tanah liat. Terdapat atap tambahan dari seng pada sekeliling bagian depan bangunan. Struktur konstruksi bangunan dari kayu dengan sistem pondasi umpak. Ketinggian lantai panggung bangunan utama 2,45 meter. Lantai dan dinding dari susunan papan kayu. Bagian luar dinding bangunan dari papan kayu tanpa dicat. Bukaan pintu/jendela masing-masing mempunyai dua buah daun. Jendela terdiri dari dua lapis. Daun jendela yang membuka keluar berupa jalusi kayu+panil kayu dan yang membuka kedalam berupa jendela kaca. Pintu dari panil kayu. Tangga terletak di samping kiri bangunan dari konstruksi batu. Tapak berada di situasi dataran rendah yang tergenang air banjir pada musim hujan.

Gambar 3.1 Tampak Depan RP-11
Sumber: Penulis, 2014

3.1.2 Rumah panggung-2

Gambar 3.2 memperlihatkan rumah panggung obyek-2. Rumah panggung RP-12 terletak di daerah Ulu. Berada di Lorong Jayalaksana - Kelurahan 3-4 Ulu, Kecamatan Seberang Ulu. Ukuran denah bangunannya 8 meter x 15 meter.

Aksis bangunannya memanjang arah Timur-Barat. Orientasi bangunan ke arah Timur. Bentuk atap perisai dengan sudut kemiringan 45º dari genteng tanah liat. Terdapat atap tambahan yang dari seng pada sekeliling bagian depan bangunan. Struktur konstruksi bangunan dari kayu dengan sistem pondasi umpak. Ketinggian lantai panggung bangunan utama 1,45 meter. Lantai dan dinding dari susunan papan kayu. Bagian luar dinding bangunan dari papan kayu dicat. Bukaan pintu/jendela masing-masing mempunyai dua buah daun. Jendela terdiri dari satu lapis, yang membuka keluar berupa jalusi kayu+panil kayu. Pada ruang depan terdapat bagian jendela dari kaca. Pintu dari panil kayu. Tangga konstruksi kayu terletak di samping kiri bangunan. Tapak di situasi *wetland*.

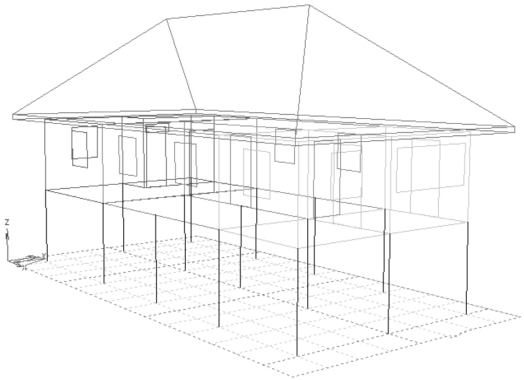
Gambar 3.2 Tampak Depan RP-12
Sumber: Penulis, 2014

3.2 Pengamatan dan Pengukuran Lapangan

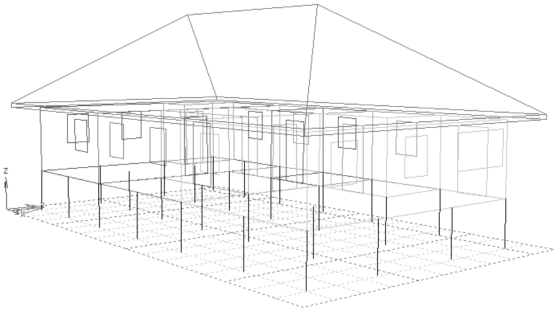
Pelaksanaan waktu pengamatan kondisi lapangan dilakukan selama enam hari pada bulan Agustus 2014. Pada RP-11 berlangsung tanggal 18-20 Agustus 2014. Pada RP-12 berlangsung tanggal 21-23 Agustus 2014. Selama pengamatan kondisi lapangan, kondisi cuaca dalam keadaan cerah tanpa ada gangguan signifikan seperti hujan. Pengukuran fisik bangunan dilakukan bersamaan dengan saat pengukuran kondisi lingkungan yang menggunakan alat ukur *thermohygrometer* (tipe *AZ 8808 data logger*). Posisi alat ukur berada pada ruang tengah yang terbuka (ruang keluarga) di atas *credenza*, dengan ketinggian 1,20 meter dari lantai.

3.3 Simulasi

Simulasi kinerja termal menggunakan program Archipak, yang memiliki kemampuan perhitungan beban panas bangunan lebih rinci. Peran setiap material yang membentuk elemen bangunan pada masing-masing orientasi bisa dibaca beban panas tiap jamnya. Keluaran dari hasil simulasi berupa data *elemental breakdown* dan *harmon results*. Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 memperlihatkan model dari RP-11 dan model dari RP-12.



Gambar 3.3 Model RP-11



Gambar 3.4 Model RP-12

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Profil Iklim Kota Palembang

Tabel 4.1 menampilkan data iklim Kota Palembang. Data iklim didapat dari BMKG, stasiun klimatologi setempat di Kenten. Data tersebut merupakan rata-rata bulanan untuk lima elemen utama iklim pada periode tiga tahun (tahun 2008-2010). Secara umum profil iklim Kota Palembang menunjukkan ciri iklim tropis lembab yang mempunyai kelembaban udara tinggi dan suhu udara panas dengan perbedaan kecil.

Tabel 4.1 Data Iklim Kota Palembang

Latitude: 02° 55' 38,3" S
Longitude: 104° 46' 19,0" E
Altitude: 4 M

SUHU UDARA (° C)

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
T. Max	30.9	31.3	32.2	33.0	33.0	32.6	32.2	32.7	33.0	32.8	32.2	31.3
T. Avg	27.3	27.7	28.2	28.7	28.9	28.5	28.1	28.4	28.6	28.4	28.1	27.7
T. Min	23.8	24.0	24.1	24.4	24.9	24.5	24.1	24.0	24.2	24.0	24.0	24.0

KELEMBABAN UDARA (%)

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
RH Max	96	96	96	95	93	94	93	93	92	93	95	95
RH Min	73	71	70	68	67	67	66	65	65	67	70	73

RADIASI MATAHARI (W/m2)

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
Global Solar Iradiance	5.332	5.420	5.631	6.307	6.145	5.869	6.089	6.521	6.146	6.076	5.903	4.964

ANGIN (km/jam)

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
Velocity	3.3	3.3	2.3	2.3	2.7	2.7	3	3	2.7	2.7	2.0	2.7
Direction	NW	NW	NW	SE	SE	SE	SE	SE	SE	NW	NW	NW

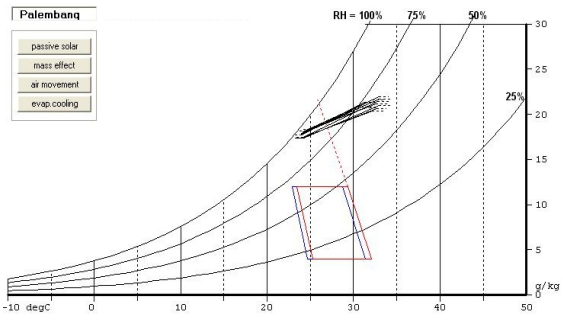
CURAH HUJAN (mm)

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
Precipitation	243	200	493	361	136	112	93	155	155	289	446	255

Sumber: Stasiun Klimatologi Kenten, 2014

Musim kemarau terjadi pada periode bulan April-Oktober. Rentang suhu udara rata-rata 28,1-28,9º C. Suhu udara rata-rata maksimum terdapat pada bulan Mei sebesar 28,9º C. Kelembaban udara rata-rata minimum pada periode tersebut kurang dari 70%. Radiasi matahari rata-rata pada periode tersebut lebih dari 5.900 W/m^2. Curah hujan rata-rata pada bulan Mei-September kurang dari 200 mm. Angin dominan berhembus dari arah Tenggara. Pada bulan Mei merupakan bulan terpanas untuk Kota Palembang. Musim penghujan terjadi pada periode bulan November-Maret. Rentang suhu udara rata-rata pada rentang 27,3-28,1º C. Nilai suhu udara rata-rata minimum terdapat pada bulan Januari sebesar 27,3º C. Kelembaban udara rata-rata minimum pada periode tersebut lebih dari 70%. Radiasi matahari rata-rata pada periode tersebut kurang dari 5.900 W/m^2. Curah hujan rata-rata pada bulan November-Januari lebih dari 200 mm. Angin dominan berhembus dari arah Barat Laut. Pada bulan Januari merupakan bulan terdingin untuk Kota Palembang.

Pada Gambar 4.1 memperlihatlkan *Psychrometric Chart* Kota Palembang. Data iklim rata-rata bulan menggambarkan kondisi iklim kota secara umum. Data iklim rata-rata jam masing-masing bulan akan memberikan gambaran kondisi iklim kota secara detail. Sebaran data tiap jam pada grafik dapat memperlihatkan terdapat sejumlah jam atau hari masuk *comfort zone*. Pada *Psychrometric Chart* terdapat kondisi *overheated* karena kumpulan titik yang membentuk garis berada di atas *comfort zone*. Strategi yang efektif untuk mendapatkan kenyamanan agar kumpulan titik yang membentuk garis berada pada *comfort zone* adalah lewat *air movement*.



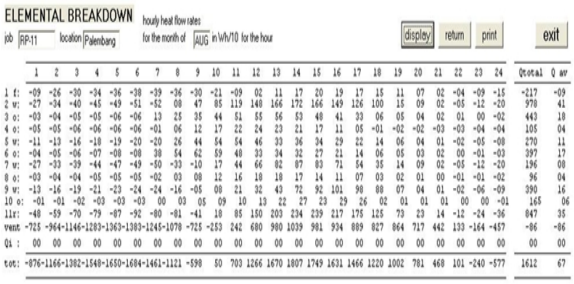
Gambar 4.1 *Psychrometric Chart* Kota Palembang
Sumber: Archipak, 2014

4.2 Simplifikasi dan Hasil Keluaran Program Archipak

Simplifikasi dilakukan karena program mempunyai keterbatasan dalam menerima data bervariasi, juga untuk melihat pengaruh suatu variabel. Berdasarkan data fisik bangunan dari kedua bangunan, beberapa simplifikasi yang dilakukan adalah: i) denah bangunan dan ketinggian lantai panggung disederhanakan, ii) mempunyai tipe bukaan pintu dan jendela yang sama, iii) mempunyai nilai transmisi panas yang sama. U-*value* dinding (30 *timber board*): 2,53 W/m2K. U-*value* lantai panggung (*vinyl floor*, 30 *timber board*): 0,86 W/m2K. U-*value* jendela (*wood frame* 20%, *single clear* 6 mm *glass*): 4,70 W/m2K. U-*value* pintu (45 *timber solid core*): 2,80 W/m2K. U-*value* atap (*clay tiles*, 45 deg., *cavity*, 20 *timber board*): 1,83 W/m2K, iv) nilai *ventlation rate*: 50 ac/h untuk terjadi *cross ventilation* maksimal. Nilai sgf: 0,5 untuk kondisi jendela kaca yang sebagian terlindungi oleh teritis yang lebar dan jendela jalusi kayu. Masukan data untuk *internal gain* diasumsikan nol.

Keluaran dari hasil simulasi program Archipak dari RP-11 bisa dilihat pada Tabel 4.2a dan Tabel 4.2b.

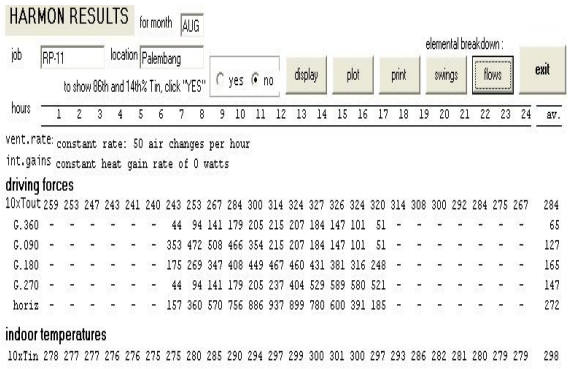
Tabel 4.2a Data *Elemental Breakdown* RP-11



ELEMENTAL BREAKDOWN — hourly heat flow rates — job RP-11 — location Palembang — for the month of AUG in Wh/10 for the hour — display / return / print / exit

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Qtotal	Q av
1 f:	-09	-26	-30	-34	-36	-38	-39	-36	-30	-21	-09	02	11	17	20	19	17	15	11	07	02	-04	-09	-15	-217	-09
2 w:	-27	-34	-40	-45	-49	-51	-52	08	47	85	119	148	166	172	166	149	126	100	15	09	02	-05	-12	-20	978	41
3 o:	-03	-04	-05	-05	-06	-06	13	25	35	44	51	55	56	53	48	41	33	06	05	04	02	01	00	-02	443	18
4 o:	-05	-05	-06	-06	-06	-06	-01	06	12	17	22	24	23	21	17	11	05	-01	-02	-02	-03	-03	-04	-04	105	04
5 w:	-11	-13	-16	-18	-19	-20	-20	26	44	54	54	46	33	36	34	29	22	14	06	04	01	-02	-05	-08	270	11
6 o:	-04	-05	-06	-07	-08	-08	38	54	62	59	48	33	34	32	27	21	14	06	05	03	02	00	-01	-03	397	17
7 w:	-27	-33	-39	-44	-47	-49	-50	-33	-10	17	44	66	82	87	83	71	54	35	14	09	02	-05	-12	-20	196	08
8 o:	-03	-04	-04	-05	-05	-05	-02	03	08	12	16	18	18	17	14	11	07	03	02	01	00	-01	-01	-02	96	04
9 w:	-13	-16	-19	-21	-23	-24	-24	-16	-05	08	21	32	43	72	92	101	90	08	07	04	01	-02	-06	-09	390	16
10 o:	-01	-01	-02	-03	-03	-03	00	03	05	09	10	13	22	27	23	29	26	02	01	01	01	00	00	-01	165	06
11r:	-48	-59	-70	-79	-87	-92	-80	-81	-41	10	85	150	203	234	239	217	175	125	73	23	14	-12	-24	-36	847	35
vent	-725	-964	-1146	-1283	-1363	-1383	-1245	-1070	-725	-253	242	680	980	1039	981	934	889	827	864	717	442	133	-164	-457	-86	-86
Qi :	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
tot:	-876	-1166	-1382	-1548	-1650	-1684	-1461	-1121	-598	50	703	1266	1670	1807	1749	1631	1466	1220	1002	781	468	101	-240	-577	1612	67

Tabel 4.2b Data *Harmon Results* RP-11

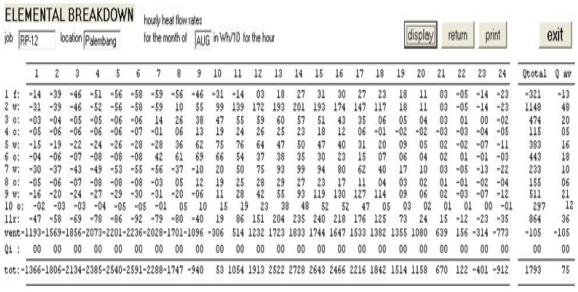


HARMON RESULTS — for month AUG — job RP-11 — location Palembang — elemental breakdown: — to show 86h and 14h% Tin, click "YES" — yes / no — display / plot / print / swings / flows / exit

hours	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	av.
vent.rate:	constant rate: 50 air changes per hour																								
int.gains	constant heat gain rate of 0 watts																								
driving forces																									
10xTout	259	253	247	243	241	240	243	253	267	284	300	314	324	327	326	324	320	314	308	300	292	284	275	267	284
G.360	-	-	-	-	-	-	44	94	141	179	205	215	207	184	147	101	51	-	-	-	-	-	-	-	65
G.090	-	-	-	-	-	-	353	472	508	466	354	215	207	184	147	101	51	-	-	-	-	-	-	-	127
G.180	-	-	-	-	-	-	175	269	347	408	449	467	460	431	381	316	248	-	-	-	-	-	-	-	165
G.270	-	-	-	-	-	-	44	94	141	179	205	237	404	529	589	580	521	-	-	-	-	-	-	-	147
horiz	-	-	-	-	-	-	157	360	570	756	886	937	899	780	600	391	185	-	-	-	-	-	-	-	272
indoor temperatures																									
10xTin	278	277	277	276	276	275	275	280	285	290	294	297	299	300	301	300	297	293	286	282	281	280	279	279	298

Hasil keluaran dari simulasi program Archipak dari RP-12 bisa dilihat pada Tabel 4.3a dan Tabel 4.3b.

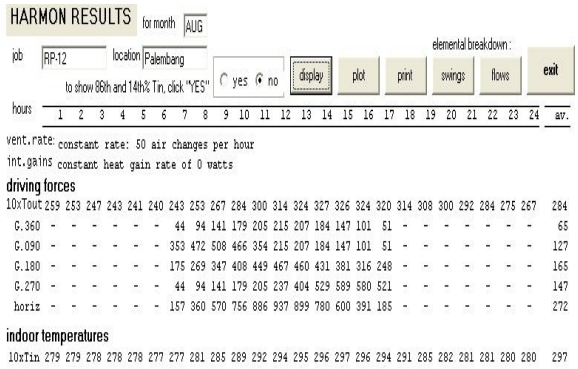
Tabel 4.3a Data *Elemental Breakdown* RP-12



ELEMENTAL BREAKDOWN — hourly heat flow rates — job RP-12 — location Palembang — for the month of AUG in Wh/10 for the hour — display / return / print / exit

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Qtotal	Q av
1 f:	-14	-39	-46	-51	-56	-58	-59	-56	-46	-31	-14	03	18	27	31	30	27	23	18	11	03	-05	-14	-23	-321	-13
2 w:	-31	-39	-46	-52	-56	-58	-59	10	55	99	139	172	193	201	193	174	147	117	18	11	03	-05	-14	-23	1148	48
3 o:	-03	-04	-05	-05	-06	-06	14	26	38	47	55	59	60	57	51	43	35	06	05	04	03	01	00	-02	474	20
4 o:	-05	-06	-06	-06	-06	-07	-01	06	13	19	24	26	25	23	18	12	06	-01	-02	-02	-03	-03	-04	-05	115	05
5 w:	-15	-19	-22	-24	-26	-28	-28	36	62	75	76	64	47	50	47	40	31	20	09	05	02	-02	-07	-11	383	16
6 o:	-04	-06	-07	-08	-08	-08	42	61	69	66	54	37	38	35	30	23	15	07	06	04	02	01	-01	-03	443	18
7 w:	-30	-37	-43	-49	-53	-55	-56	-37	-10	20	50	75	93	99	94	80	62	40	17	10	03	-05	-12	-22	233	10
8 o:	-05	-06	-07	-08	-08	-08	-03	05	12	19	25	28	29	27	23	17	11	04	03	02	01	-01	-02	-04	155	06
9 w:	-16	-20	-24	-27	-29	-30	-31	-20	-06	11	28	42	55	93	119	130	127	114	09	06	02	-03	-07	-12	511	21
10 o:	-02	-03	-03	-04	-05	-05	-01	05	10	15	19	23	38	48	52	52	47	05	03	02	01	01	00	-01	297	12
11r:	-47	-58	-69	-78	-86	-92	-79	-80	-40	19	86	151	204	235	240	218	176	125	73	24	15	-12	-23	-35	864	36
vent	-1193	-1569	-1856	-2073	-2201	-2236	-2028	-1701	-1096	-306	514	1232	1723	1833	1744	1647	1533	1382	1355	1080	639	156	-314	-773	-105	-105
Qi :	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
tot:	-1366	-1806	-2134	-2385	-2540	-2591	-2288	-1747	-940	53	1054	1913	2522	2728	2643	2466	2216	1842	1514	1158	670	122	-401	-912	1793	75

Tabel 4.3b Data *Harmon Results* RP-12



HARMON RESULTS — for month AUG — job RP-12 — location Palembang — elemental breakdown: — to show 86h and 14h% Tin, click "YES" — yes / no — display / plot / print / swings / flows / exit

hours	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	av.
vent.rate:	constant rate: 50 air changes per hour																								
int.gains	constant heat gain rate of 0 watts																								
driving forces																									
10xTout	259	253	247	243	241	240	243	253	267	284	300	314	324	327	326	324	320	314	308	300	292	284	275	267	284
G.360	-	-	-	-	-	-	44	94	141	179	205	215	207	184	147	101	51	-	-	-	-	-	-	-	65
G.090	-	-	-	-	-	-	353	472	508	466	354	215	207	184	147	101	51	-	-	-	-	-	-	-	127
G.180	-	-	-	-	-	-	175	269	347	408	449	467	460	431	381	316	248	-	-	-	-	-	-	-	165
G.270	-	-	-	-	-	-	44	94	141	179	205	237	404	529	589	580	521	-	-	-	-	-	-	-	147
horiz	-	-	-	-	-	-	157	360	570	756	886	937	899	780	600	391	185	-	-	-	-	-	-	-	272
indoor temperatures																									
10xTin	279	279	278	278	278	277	277	281	285	289	292	294	295	296	297	296	294	291	285	282	281	281	280	280	297

Pada penelitian ini, validasi dilihat sebatas kesesuaian dari fluktuasi suhu udara Ti antara simulasi dan lapangan. Profil To dan Ti sama membentuk sebuah gelombang (lembah dan gunung). Suhu udara terendah pada jam 06:00 WIB dan suhu udara tertinggi pada jam 14:00 WIB. Pada kedua rumah panggung memperlihatkan pergerakan profil Ti dari simulasi dan lapangan dengan simpangan bervariasi terhadap To namun terdapat kesesuaian *trend* dari jam ke jam sepanjang hari.

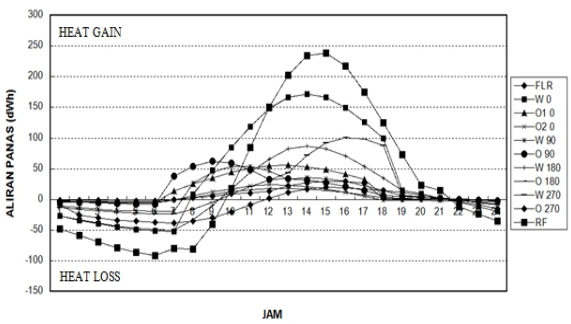
4.3 Analisa Aliran Panas

4.3.1 Analisa Aliran Panas pada RP-11

Pada Tabel 4.4 menampilkan data *heat gain-heat loss* tiap jam dari RP-11.

Tabel 4.4 Data *Heat Gain-Heat Loss* RP-11

Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Qtot (dWh)
Floor	-9	-26	-30	-34	-36	-38	-39	-36	-30	-21	-9	2	11	17	20	19	17	15	11	7	2	-4	-9	-15	-217
Wall 0°	-27	-34	-40	-45	-49	-51	-52	8	47	85	119	148	166	172	166	149	126	100	15	9	2	-5	-12	-20	978
Opening 1 0°	-3	-4	-5	-5	-6	-6	13	25	35	44	51	55	56	53	48	41	33	6	5	4	2	1	0	-2	443
Opening 2 0°	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-1	6	12	17	22	24	23	21	17	11	5	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-4	105
Wall 90°	-11	-13	-16	-18	-19	-20	-20	26	44	54	54	46	33	36	34	29	22	14	6	4	1	-2	-5	-8	270
Opening 90°	-4	-5	-6	-7	-8	-8	38	54	62	59	48	33	34	32	27	21	14	6	5	3	2	0	-1	-3	397
Wall 180°	-27	-33	-39	-44	-47	-49	-50	-33	-10	17	44	66	82	87	83	71	54	35	14	9	2	-5	-12	-20	196
Opening 180°	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-2	3	8	12	16	18	18	17	14	11	7	3	2	1	0	-1	-1	-2	96
Wall 270°	-13	-16	-19	-21	-23	-24	-24	-16	-5	8	21	32	43	72	92	101	98	88	7	4	1	-2	-6	-9	390
Opening 270°	-1	-1	-2	-3	-3	-3	0	3	5	9	10	13	22	27	29	29	26	2	1	1	1	0	0	-1	165
Roof	-48	-59	-70	-79	-87	-92	-80	-81	-41	18	85	150	203	234	239	217	175	125	73	23	14	-12	-24	-36	847
Ventilation	-725	-964	-1146	-1283	-1363	-1383	-1245	-1078	-725	-253	242	680	980	1039	981	934	889	827	864	717	442	133	-164	-457	2058
Qtot (dWh)	-876	-1166	-1383	-1548	-1650	-1684	-1461	-1121	-598	50	703	1266	1670	1807	1749	1631	1466	1220	1002	781	468	101	240	-577	1612



Gambar 4.2 Profil *Heat Gain-Heat Loss* RP-11

Heat loss paling lama pada elemen lantai panggung (*floor*) selama 14 jam, mulai pukul 22:00-11:00 WIB (58% dari 24 jam) dengan nilai Qtot: -217 dWh. Namun *heat loss* terbesar pada *ventilation* selama 12 jam, mulai pukul 23:00-10:00 WIB (50% dari 24 jam) dengan Qtot: -2.058 dWh. *Heat gain* paling lama pada elemen bukaan pintu/jendela (*opening*) orientasi 0º selama 16 jam, mulai pukul 07:00-22:00 WIB (67% dari 24 jam) dengan nilai Qtot: 443 dWh. Namun *heat gain* terbesar pada *elemen* dinding (*wall*) orientasi 0º selama

14 jam, mulai pukul 08:00-21:00 WIB (58% dari 24 jam) dengan Qtot: 978 dWh. Kemudian elemen atap (*roof*) selama 12 jam, mulai pukul 10:00-21:00 WIB (50% dari 24 jam) dengan nilai Qtot: 847 dWh.

Pada Gambar 4.2 memperlihatkan profil pergerakan *heat gain-heat loss* dari RP-11. Simpangan (*amplitudo*) terbesar setelah ventilation adalah pada elemen atap (*roof*), dari *heat gain* maupun *heat loss*. Simpangan *heat gain* terbesar (puncak gunung) terjadi pada pukul 15:00 WIB dengan Q: 238 dWh. Simpangan *heat loss* terbesar (dasar lembah) terjadi pada pukul 06:00 WIB dengan Q: -92 dWh. Pada elemen dinding (*wall*) orientasi 0º walaupun terdapat *heat gain* lebih besar daripada elemen atap (*roof*) namun dengan simpangan lebih kecil. Pada elemen dinding (*wall*) dan bukaan pintu/jendela (*opening*) orientasi 90º, simpangan *heat gain* terbesar terjadi pada pagi hari, sedangkan elemen lain masih terjadi *heat loss*. Pada elemen dinding (*wall*) dan bukaan pintu/jendela (*opening*) orientasi 270º, simpangan *heat gain* terbesar pada sore hari, sedangkan elemen lain masih terjadi *heat loss*.

Tabel 4.5 Data Kinerja Termal Elemen Bangunan RP-11

NO	ELEMEN BANGUNAN	HEAT GAIN	
		dWh	%
1.	Wall 0°	978	25.2
2.	Roof	847	21.8
3.	Opening 0°	443	11.5
4.	Opening 90°	397	10.2
5.	Wall 270°	390	10
6.	Wall 90°	270	6.9
7.	Opening 180°	201	5.2
8.	Wall 180°	196	5
9.	Opening 270°	165	4.2
Jumlah		3887	100

NO	ELEMEN BANGUNAN	HEAT LOSS	
		dWh	%
1.	Floor	-217	9.5
2.	Ventilation	-2058	90.5
Jumlah		-2275	100

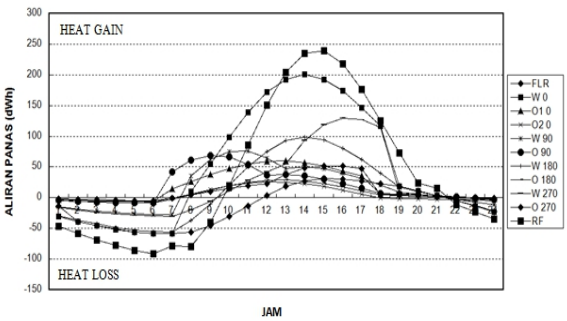
Pada Tabel 4.5 menampilkan kontribusi (%) *heat gain-heat loss* dari elemen bangunan RP-11. *Heat gain* terbesar secara berurutan: *wall* orientasi 0º, *roof*, o*pening* orientasi 0º, *opening* orientasi 90º, *wall* orientasi 270º, *wall* orientasi 90º, *opening* & *wall* orientasi 180º, dan *opening* orientasi 270º. Semua elemen pada orientasi 0º merupakan yang paling besar terjadi *heat gain*. Total nilai *heat gain* (3.887 dWh). Total nilai *heat loss* dari elemen lantai (*floor*) dan *ventilation* sebesar -2.275 dWh. Total beban panas (*heat gain-heat loss*) dari RP-11, Qtot: 1.612 dWh dan Qavg: 67 dWh.

4.3.2 Analisa Aliran Panas pada RP-12

Pada Tabel 4.6 menampilkan data *heat gain-heat loss* tiap jam dari RP-12.

Tabel 4.6 Data *Heat Gain-Heat Loss* RP-12

Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Qtot (dWh)
Floor	-14	-39	-46	-51	-56	-58	-59	-56	-46	-31	-14	3	18	27	31	30	27	23	18	11	3	-5	-14	-23	-321
Wall 0°	-31	-39	-46	-52	-56	-58	-59	10	55	99	139	172	193	201	193	174	147	117	18	11	3	-5	-14	-23	1148
Opening 1 0°	-3	-4	-5	-5	-6	-6	14	26	38	47	55	59	60	57	51	43	35	6	5	4	3	1	0	-2	474
Opening 2 0°	-5	-6	-6	-6	-6	-7	-1	6	13	19	24	26	25	23	18	12	6	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-5	115
Wall 90°	-15	-19	-22	-24	-26	-28	-28	36	62	75	76	64	47	50	47	40	31	20	9	5	2	-2	-7	-11	383
Opening 90°	-4	-6	-7	-8	-8	-8	42	61	69	66	54	37	38	35	30	23	15	7	6	4	2	1	-1	-3	443
Wall 180°	-30	-37	-43	-49	-53	-55	-56	-37	-10	20	50	75	93	99	94	80	62	40	17	10	3	-5	-13	-22	233
Opening 180°	-5	-6	-7	-8	-8	-8	-3	5	12	19	25	28	29	27	23	17	11	4	3	2	1	-1	-2	-4	155
Wall 270°	-16	-20	-24	-27	-29	-30	-31	-20	-6	11	28	42	55	95	119	130	127	114	9	6	2	-3	-7	-12	511
Opening 270°	-2	-3	-3	-4	-5	-5	-1	5	10	15	19	23	38	48	52	52	47	5	3	2	1	1	0	-1	297
Roof	-47	-58	-69	-78	-86	-92	-79	-80	-40	19	86	151	204	235	240	218	176	125	73	24	15	-12	-23	-35	864
Ventilation	-1193	-1569	-1856	-2073	-2201	-2236	-2028	-1701	-1096	-306	514	1232	1723	1833	1744	1647	1533	1382	1355	1080	639	156	-314	-773	-2508
Qtot (dWh)	-1366	-1806	-2134	-2385	-2540	-2591	-2288	-1747	-940	53	1054	1913	2522	2728	2643	2466	2216	1842	1514	1159	670	122	-401	-912	1793



Gambar 4.3 Profil *Heat Gain-Heat Loss* RP-12

Heat loss paling lama terdapat pada elemen lantai panggung (*floor*) selama 14 jam, mulai pukul 22:00-11:00 WIB (58% dari 24 jam) dengan nilai Qtot: -321 dWh. Namun *heat loss* terbesar terdapat pada *ventilation* selama 12 jam, mulai pukul 23:00-10:00 WIB (50% dari 24 jam) dengan Qtot: -2.508 dWh. *Heat gain* paling lama terdapat pada *opening* orientasi 0º selama 16 jam, mulai pukul 07:00-22:00 WIB (67% dari 24 jam) dengan nilai Qtot: 474 dWh. Namun *heat gain* terbesar terdapat pada *wall* orientasi 0º selama 14 jam, mulai pukul 08:00-21:00 WIB (58% dari 24 jam) dengan Qtot: 1.148 dWh. Kemudian elemen atap (*roof*) selama 12 jam, mulai pukul 10:00-21:00 WIB (50% dari 24 jam) dengan nilai Qtot: 864 dWh.

Pada Gambar 4.3 memperlihatkan profil *heat gain-heat loss* dari RP-12. Simpangan (*amplitudo*) terbesar setelah *ventilation* adalah terdapat pada atap (*roof*),

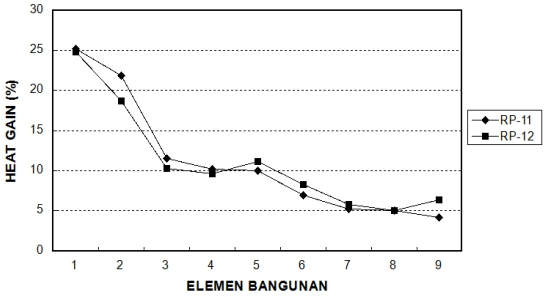
baik *heat gain* maupun *heat loss*. Simpangan *heat gain* terbesar terjadi pada pukul 15:00 WIB dengan Q: 238 dWh. Simpangan *heat loss* terbesar terjadi pada pukul 06:00 WIB dengan Q: -92 dWh. Pada *wall* orientasi 0º walaupun terdapat *heat gain* yang lebih besar daripada elemen atap namun dengan simpangan lebih kecil. Pada *wall* dan *opening* orientasi 90º, simpangan *heat gain* terbesar terjadi pada pagi hari, sedangkan elemen lain masih terjadi *heat loss*. Pada *wall* dan *opening* orientasi 270º, simpangan *heat gain* terbesar pada sore hari, sedangkan yang lain masih terjadi *heat loss*.

Tabel 4.6 Data Kinerja Termal Elemen Bangunan RP-12

NO	ELEMEN BANGUNAN	HEAT GAIN	
		dWh	%
1.	Wall 0°	1148	24.8
2.	Roof	864	18.7
3.	Wall 270°	511	11.1
4.	Opening 0°	474	10.3
5.	Opening 90°	442	9.6
6.	Wall 90°	383	8.3
7.	Opening 270°	297	6.4
8.	Opening 180°	270	5.8
9.	Wall 180°	233	5
Jumlah		4622	100

NO	ELEMEN BANGUNAN	HEAT LOSS	
		dWh	%
1.	Floor	-321	11.3
2.	Ventilation	-2508	88.7
Jumlah		-2829	100

Pada Tabel 4.6 menampilkan kontribusi (%) terbesar *heat gain*-heat loss dari elemen bangunan RP-12. *Heat gain* terbesar secara berurutan: *wall* orientasi 0º, *roof*, *wall* orientasi 270º, *opening* orientasi 0º, *opening* & *wall* orientasi 90º, *opening* orientasi 270º, *opening* & *wall* orientasi 180º. Total nilai *heat gain* (4.622 dWh). Total nilai *heat loss* pada *floor* dan *ventilation* sebesar -2.829 dWh. Diperoleh total beban panas (*heat gain-heat loss*) pada RP-12 adalah Qtot: 1.793 dWh dan Qavg: 75 dWh.



Gambar 4.4 Grafik Kinerja Termal Elemen Bangunan

Pada Gambar 4.4 memperlihatkan profil kontribusi (%) *heat gain* masing-masing elemen bangunan dari RP-11 dan RP-12. Terdapat kesamaan keduanya pada beberapa hal berikut:

a. Rentang waktu beban panas saat *heat gain* terjadi secara bersamaan selama enam jam, mulai pukul 12:00-17:00 WIB (25% dari 24 jam). Titik puncak beban panas terjadi pada pukul 14:00 WIB. Rentang waktu beban panas terkecil (*heat loss*) terjadi secara bersamaan selama tujuh jam, mulai pukul 24:00-06:00WIB (29% dari 24 jam). Titik terendah beban panas terjadi pada pukul 06:00 WIB.
b. Beban panas terbesar pada elemen bangunan orientasi 90º terjadi pada pagi hari dan pada elemen bangunan orientasi 270º terjadi pada sore hari. Hal ini karena pergerakan posisi matahari yang pada pagi hari berada di sisi Timur dan pada sore hari berada di sisi Barat.
c. Elemen bangunan orientasi 0º merupakan yang paling besar terjadi *heat gain*. Hal ini karena posisi dari Kota Palembang berada di belahan bumi Selatan dan juga saat pengamatan berlangsung pada bulan Agustus dimana posisi matahari condong ke Utara.
d. Elemen bangunan *opening* mulai menerima panas lebih awal 1-2 jam daripada elemen bangunan *wall*. Hal ini karena sifat termal bidang *transparent* yang cepat menerima panas dari material kaca.
e. *Roof* merupakan elemen bangunan yang paling besar terjadi fluktuasi *heat gain* setelah elemen *wall* orientasi 90º. Hal ini karena pergerakan posisi matahari relatif tegak lurus di atas wilayah ekuator.
f. *Floor* merupakan satu-satunya elemen bangunan dengan nilai *heat loss* lebih besar daripada *heat gain*. Menandakan terjadi pergantian udara lebih sering pada lantai panggung dibandingkan elemen bangunan lainnya.
g. Keberadaan *ventilation* merupakan yang berperan dalam mengurangi total beban panas karena proporsi nilai *heat loss* nya lebih dari 50% terhadap total *heat loss*.

Terdapat perbedaan keduanya pada nilai total beban panas. Nilai total beban panas dari RP-11: 1.612 dWh. Nilai total beban panas dari RP-12: 1.793 dWh. Nilai total beban panas pada RP-11 lebih kecil daripada RP-12 dengan selisih 181 dWH.

4.4 Analisa Suhu Udara Ti

Pada tabel 4.7 menampilkan data Ti pada RP-11 dan RP-12.

Tabel 4.7 Data Ti pada RP-11 dan RP-12

Pukul	Standar	R-11		RP-12	
		Ti	Ti-Std	Ti	Ti-Std
WIB	°C	°C	°K	°C	°K
1	27	27,8	0,8	27,9	0,9
2	27	27,7	0,7	27,9	0,9
3	27	27,7	0,7	27,8	0,8
4	27	27,6	0,6	27,8	0,8
5	27	27,6	0,6	27,8	0,8
6	27	27,5	0,5	27,7	0,7
7	27	27,5	0,5	27,7	0,7
8	27	28,0	1,0	28,1	1,1
9	27	28,5	1,5	28,5	1,5
10	27	29,0	2,0	28,9	1,9
11	27	29,4	2,4	29,2	2,2
12	27	29,7	2,7	29,4	2,4
13	27	29,9	2,9	29,5	2,5
14	27	30,0	3,0	29,6	2,6
15	27	30,1	3,1	29,7	2,7
16	27	30,0	3,0	29,6	2,6
17	27	29,7	2,7	29,4	2,4
18	27	29,3	2,3	29,1	2,1
19	27	28,6	1,6	28,5	1,5
20	27	28,2	1,2	28,2	1,2
21	27	28,1	1,1	28,1	1,1
22	27	28,0	1,0	28,1	1,1
23	27	27,9	0,9	28,0	1,0
24	27	27,9	0,9	28,0	1,0
Rata-rata		28,6	1,6	28,5	1,5
Total degree hours			37,7		36,5

Hasil membandingkan suhu udara Ti antara RP-11 dan RP-12 terdapat kesamaan pada:

a. Pergerakan fluktuasi nilai suhu udara Ti pada kedua bangunan sama. Titik terendah dari nilai Ti pada jam 06:00-07:00 WIB. Pada RP-11: 27,5º C dan pada RP-12: 27,2º C. Titik tertinggi dari nilai Ti pada jam 15:00 WIB. Pada RP-11: 30,1º C dan pada RP-12: 29,7º C.
b. Dengan menggunakan standar kenyamanan (suhu udara 20-27º C), kelebihan nilai suhu udara Ti rata-rata pada RP-11 sebesar 1,6º K dan RP-12: 1,7º K. Selisih dari suhu udara yang kecil menunjukkan kedua bangunan mempunyai kinerja termal yang tidak berbeda jauh.

Terdapat perbedaan keduanya pada nilai total *degree hours*. Nilai total *degree hours* pada RP-11: 37,7º Kh. Nilai total beban panas pada RP-12: 36,5º Kh. Nilai total *degree hours* pada RP-11 lebih besar daripada RP-12 dengan selisih 1,2º Kh.

Dari hasil analisa di atas, dapat dikatakan bahwa kinerja termal pada RP-11 lebih baik daripada RP-12 karena mempunyai nilai total beban panas yang lebih kecil. Nilai total *degree hours* pada RP-11 lebih besar sedikit daripada RP-12 namun dengan selisih yang kecil. Kelebihan selisih nilai suhu udara Ti terhadap standar kenyamanan merupakan ukuran kemampuan termal bangunan mengatasi kondisi iklim dalam menciptakan kondisi termal bangunan.

5. Kesimpulan

- Orientasi dan bentuk bangunan dari kedua obyek telah sesuai dalam usaha meminimalkan beban panas, yang terlihat dengan aksis bangunan memanjang arah Timur-Barat, proporsi bangunan yang tipis, *raised floor*, dan *pitched roof*.
- Nilai k-*value* dari material kayu (dinding, lantai) cukup baik dalam menahan laju panas sepanjang tersusun dalam konstruksi yang terdapat porositas.
- Keberadaan lantai panggung berperan dalam mengurangi beban panas dengan terjadinya *heat loss* yang lebih besar daripada *heat gain*. Hal ini karena didukung oleh kondisi di bawah lantai panggung yang terbuka, terlindungi/terbayangi, dan di situasi air.
- Atap dengan sudut kemiringan tajam (45º) terdapat plafon, sehingga membentuk volume ruang yang besar pada atap mampu menciptakan insulasi dalam mengurangi radiasi panas sepanjang terdapat pergerakan udara yang baik pada ruang atap.
- Ventilasi merupakan strategi yang sesuai untuk mengurangi panas pada kawasan iklim tropis lembab melihat pada besarnya nilai *heat loss* yang terjadi.

6. Daftar Pustaka

Adenan, R.H. (2013), "Passive Cooling for Houses on Water in Brunei", *PLEA2013-29th Conference Sustainable Architecture for a Renewable Future*, Munich.

ASHRAE (2004), *Standard 55-2004: Thermal environmental conditions for human occupancy*, American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Atlanta.

Aynsley, R. (2007), *Natural Ventilation in Passive Design, BEDP Environment Design Guide*.

Dewanto, T.P. (2006), *Fenomena termal rumah diatas tepi sungai Kota Banjar*, Tesis S2 Arsitektur ITS, Surabaya.

Fitriaty, P., Antaryama, IGN dan Nastiti, SNE (2011), "Thermal performance of traditional house in the upland central celebes of Indonesia", *IPTEK-The Journal for Technology and Science*, Vol. 22, No. 4, hal. 245-252.

Givoni, B. (1976), *Man, Climate and Architecture*, Applied Science Publishers Ltd, London.

Groat, L. dan Wang, D. (2002), *Architectural Research Methods*, John Wiley & Sons, Kanada.

Heerwagen, D. (2004), "Passive and Active Environmental Control: Informing the schematic designing of buildings, McGraw-Hill, New York.

Kabre, C. (2010), "A new thermal performance index for dwelling roofs in the warm humid tropics", *Building & Environment*, Vol. 45, hal. 727-738.

Nadia, N. (2013), *Efektifitas keberadaan lepo dan lantai panggung terhadap kinerja termal rumah tradisional Gayo*, Tesis S2 Arsitektur ITS, Surabaya.

Nguyen, A.T., dkk (2011), "An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam:, *Building & Environment*, Vol. 46, hal. 2088-2106.

Olgyay, V. (1992), *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Van Nostrand Reinhold, NY.

Szokolay, S.V. (1987), *Thermal Design of Building*, RAIA Education Division, Canberra.

Tahir, M.M., dkk (2010), "The concept of raised floor innovation for terrace housing in tropical climate", *Journal of Surveying Construction & Property*, Vol. 1, hal. 47-64.