

**PENGUKURAN PERFORMANSI TERMAL TENDA
DARURAT UNTUK DAERAH TROPIS**

TUGAS AKHIR

Oleh :

HELEND A EKA PUTRI
NO BP 07 173 043



**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

PENGUKURAN PERFORMANSI TERMAL TENDA DARURAT UNTUK DAERAH TROPIS

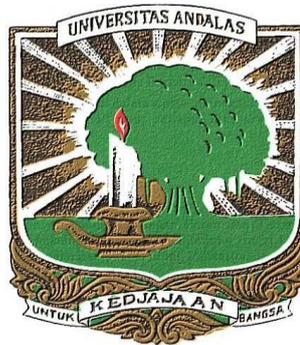
TUGAS AKHIR

*Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program Sarjana pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas*

Oleh :

HELEND A EKA PUTRI
NO BP 07 173 043

Pembimbing:
Lusi Susanti, Dr.Eng



**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGUKURAN PERFORMANSI TERMAL TENDA
DARURAT UNTUK DAERAH TROPIS**

Oleh :

HELEND A EKA PUTRI

07 173 043

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal : 11 Agustus 2011

Disetujui Oleh :

Pembimbing

LUSI SUSANTI, DR.Eng.

NIP. 197608152006042040

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengukuran Performansi Termal Tenda Darurat untuk Daerah Tropis”.

Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, dukungan dan partisipasi banyak pihak. Maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Ibu Lusi Susanti, Dr. Eng selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, bimbingan dan saran-sarannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Desto Jumeno, MT, Bapak DR. Ahmad Syafruddin, dan Ibu Yumi Meuthia, MT sebagai dosen penguji yang telah memeberikan arahan dan masukan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Kedua Orang Tua penulis dan keluarga besar yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan, dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
5. Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah banyak membantu.
6. Rekan-rekan Teknik Industri Angkatan 2007 (ISOCOST) yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam Tugas Akhir ini.
7. Rekan-rekan asisten Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, yang telah banyak membantu selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Padang, Agustus 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

ABSTRAK

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... ii

DAFTAR TABELv

DAFTAR GAMBAR..... vii

DAFTAR LAMPIRAN ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang1

1.2 Perumusan Masalah.....4

1.3 Tujuan.....4

1.4 Batasan Masalah.....4

1.5 Sistematika Penulisan.....5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Bencana8

2.2 *Emergency Shelter*9

2.3 *Indoor Climate*12

2.4 *Thermal Comfort*14

2.4.1 PMV (*Predicted Mean Vote*).....15

2.4.2 PPD (*Predicted Percent Dissatisfied*)18

2.5 *Mean Skin Temperature*19

2.6 Populasi dan Sampel20

2.7 Teknik Sampling21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan26

3.2 Tahapan Pra Penelitian.....27

3.3 Menentukan Metode Pengumpulan Data28

3.4 Pengumpulan Data29

3.5	Pengolahan Data.....	33
3.6	Analisis	34
3.7	Penutup.....	34
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		
4.1	Performansi Termal Tenda.....	35
4.1.1	Temperatur Tenda dan Lingkungan	35
4.1.2	<i>Glove Temperature</i>	36
4.1.3	Kelembaban Udara	42
4.1.4	Kecepatan Angin	45
4.1.5	<i>Predicted Mean Vote (PMV)</i> dan <i>Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)</i>	49
4.2	Respon Fisiologis Responden	57
4.2.1	Temperatur Permukaan Kulit	57
4.2.2	Denyut Nadi.....	58
4.2.3	<i>Evaporative Loss Weight</i>	61
4.2.4	Kuisisioner Kenyamanan Termal.....	64
BAB V ANALISIS		
5.1	Performansi Termal Tenda.....	72
5.2	Kenyamanan Termal Tenda	73
5.3	<i>Dissatisfied</i>	76
5.4	Respon Fisiologis Responden	79
5.4.1	Temperatur Kulit	79
5.4.2	Denyut Nadi.....	80
5.4.3	<i>Evaporative Loss Weight</i>	81
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan.....	83
6.2	Saran.....	84

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Data dan Informasi Bencana di Indonesia.....	1
Tabel 2.	Tingkat Aktivitas untuk beberapa jenis aktivitas	16
Tabel 3.	Nilai Insulasi untuk Beberapa Jenis Pakaian.....	17
Tabel 4.	Data Temperatur Dalam dan Atap Tenda <i>Single Layer</i> dan <i>Double Layer</i>	36
Tabel 5.	Temperatur Tenda <i>Single Layer</i>	37
Tabel 6.	Temperatur Tenda <i>Double Layer</i>	37
Tabel 7.	<i>Glove Temperature</i> Tenda <i>Single Layer</i> Pukul 07:00-09:00	40
Tabel 8.	<i>Glove Temperature</i> Tenda <i>Double Layer</i> Pukul 07:00-09:00	41
Tabel 9.	Rata-Rata <i>Glove Temperature</i> Tenda <i>Single Layer</i>	41
Tabel 10.	Rata-Rata <i>Glove Temperature</i> Tenda <i>Double Layer</i>	42
Tabel 11.	Kelembaban Udara Tenda <i>Single Layer</i> Pukul 07:00-09:00.....	44
Tabel 12.	Kelembaban Udara Tenda <i>Double Layer</i> Pukul 07:00-09:00.....	44
Tabel 13.	Rata-Rata Kelembaban Udara Tenda <i>Single Layer</i>	45
Tabel 14.	Kecepatan Angin pada setiap periode Waktu Pengukuran	46
Tabel 15.	Nilai PMV Tenda <i>Single Layer</i> pada Pukul 07:00-09:00	50
Tabel 16.	Nilai PMV Tenda <i>Double Layer</i> pada Pukul 07:00-09:00	52
Tabel 17.	Nilai Temperatur rata-rata kulit pada pukul 07:00-09:00	57
Tabel 18.	Denyut nadi Responden tenda <i>Single Layer</i> pada pukul 07:00-09:00	58
Tabel 19.	Denyut nadi Responden tenda <i>Double Layer</i> pada pukul 07:00-09:00	59
Tabel 20.	Perubahan Berat Badan dan Kadar Air Responden Tenda <i>Single Layer</i> pada pukul 07:00-09:00.....	62
Tabel 21.	Perubahan Berat Badan dan Kadar Air Responden Tenda <i>Single Layer</i> pada pukul 07:00-09:00.....	62
Tabel 22.	Sensasi Termal Tenda <i>Single Layer</i> Pukul 07:00-09:00	64
Tabel 23.	Sensasi Termal Tenda <i>Double Layer</i> Pukul 07:00-09:00	65
Tabel 24.	Tingkat Kenyamanan Tenda <i>Single Layer</i> Pukul 07:00-09:00	66
Tabel 25.	Tingkat Kenyamanan Tenda <i>Double Layer</i> Pukul 07:00-09:00	66

Tabel 26. Nilai Keinginan Responden terhadap Lingkungan Tenda Single Layer Pukul 07:00-09:00.....	68
Tabel 27. Nilai Keinginan Responden terhadap Lingkungan Tenda <i>Double Layer</i> Pukul 07:00-09:00.....	68
Tabel 28. Efek Temperatur Terhadap Tubuh.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tiga jenis struktur tenda yang digunakan dalam penanggulangan bencana; (a) <i>ridge</i> , (b) <i>tunnel</i> , (c) <i>frame</i>	2
Gambar 2. Contoh Perhitungan Nilai Insulasi Pakaian	16
Gambar 3. Hubungan Antara PMV dan PPD	19
Gambar 4. Peta Pengukuran Temperatur Kulit.....	19
Gambar 5. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	26
Gambar 6. Bagan Penempatan Alat Ukur.....	31
Gambar 7. Peta Pengukuran Temperatur Kulit.....	32
Gambar 8. Rata-Rata Temperatur Dalam Tenda <i>Single Layer</i> dan <i>Double Layer</i>	36
Gambar 9. Rata-Rata Temperatur Atap Tenda <i>Single Layer</i> dan <i>Double Layer</i>	36
Gambar 10. Rata-Rata Temperatur Tenda <i>Single Layer</i> Bagian Tengah	38
Gambar 11. Rata-Rata Temperatur Tenda <i>Single Layer</i> Bagian Depan.....	38
Gambar 12. Rata-Rata Temperatur Tenda <i>Double Layer</i> Bagian Tengah	39
Gambar 13. Rata-Rata Temperatur Tenda <i>Double Layer</i> Bagian Depan.....	39
Gambar 14. Rata-Rata <i>Glove Temperature</i> Tenda <i>Single Layer</i>	42
Gambar 15. Rata-Rata <i>Glove Temperature</i> Tenda <i>Double Layer</i>	43
Gambar 16. Rata-Rata Kelembaban Udara Tenda <i>Single Layer</i>	45
Gambar 17. Rata-Rata Kelembaban Udara Tenda <i>Double Layer</i>	45
Gambar 18. Grafik Nilai PMV pada pukul 07:00-09:00	55
Gambar 19. Grafik Nilai PMV Rata-Rata Tenda	55
Gambar 20. Grafik Nilai PPD Rata-Rata Tenda.....	56
Gambar 21. Grafik Nilai Temperatur rata-rata kulit pada pukul 07:00-09:00	58
Gambar 22. Grafik Denyut Nadi Responden Tenda <i>Single Layer</i> Pada Pukul 07:00-09:00.....	59
Gambar 23. Grafik Denyut Nadi Responden Tenda <i>Double Layer</i> Pada Pukul 07:00-09:00.....	60
Gambar 24. Grafik Denyut Nadi Rata-Rata Responden Tenda <i>Double Layer</i> dan <i>Single Layer</i> Pada Pukul 07:00-09:00.....	60

Gambar 25. Perbandingan Perubahan Berat Badan dan Kadar Air Responden Tenda <i>Single Layer</i> (07:00-09:00)	63
Gambar 26. Perbandingan Perubahan Berat Badan dan Kadar Air Responden Tenda <i>Double Layer</i> (07:00-09:00)	63
Gambar 27. Sensasi Termal Rata-Rata Responden	65
Gambar 28. Persentase Tingkat Kenyamanan Responden Tenda <i>Single Layer</i> ..	67
Gambar 29. Persentase Tingkat Kenyamanan Responden Tenda <i>Double Layer</i> .	67
Gambar 30. Persentase Keinginan Responden Terhadap Lingkungan Tenda <i>Single Layer</i>	69
Gambar 31. Persentase Keinginan Responden Terhadap Lingkungan Tenda <i>Double Layer</i>	69
Gambar 32. Persentase Tingkat Penerimaan Responden Terhadap Lingkungan Tenda <i>Single Layer</i>	70
Gambar 33. Persentase Tingkat Penerimaan Responden Terhadap Lingkungan Tenda <i>Single Layer</i>	71
Gambar 34. Perbandingan PPD dan APD Tenda <i>Single Layer</i>	76
Gambar 35. Perbandingan PPD dan APD Tenda <i>Double Layer</i>	77
Gambar 36. Rata-Rata Denyut Nadi Responden Pada Pukul 11:00-13:00	81
Gambar 37. Perbandingan Perubahan Berat Badan Responden	82

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A** Kuisisioner Penelitian
- LAMPIRAN B** Data Temperatur Tenda
- LAMPIRAN C** Rekapitulasi Data *Glove Temperature*
- LAMPIRAN D** Rekapitulasi Data Kelembaban Udara
- LAMPIRAN E** Perhitungan *Predicted Mean Vote* (PMV) Dan *Predicted Percentage Of Dissatisfied* (PPD)
- LAMPIRAN F** Rekapitulasi Nilai *Mean Skin Temperature*
- LAMPIRAN G** Rekapitulasi Denyut Nadi
- LAMPIRAN H** Rekapitulasi *Evaporative Loss Weight*
- LAMPIRAN I** Rekapitulasi Kuisisioner Kenyamanan Termal

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terletak di zona *Pacific Ring of Fire*, Indonesia menjadi salah satu negara yang sangat berpotensi terjadi bencana seperti gempa, tsunami, letusan gunung berapi, dan bencana alam lainnya. Tercatat 90% gempa yang terjadi di dunia berpusat di daerah yang disebut *Ring of Fire* ini (BNPB, 2008). Selain bencana yang diakibatkan oleh aktivitas gunung berapi dan pergerakan tektonik, di Indonesia juga berpotensi terjadi bencana seperti kebakaran hutan, banjir, dan tanah longsor. Bencana tersebut menyebabkan banyak kerugian bagi masyarakat, baik secara moril maupun materil.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat jumlah kejadian bencana setiap tahun dan akibat yang ditimbulkan, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

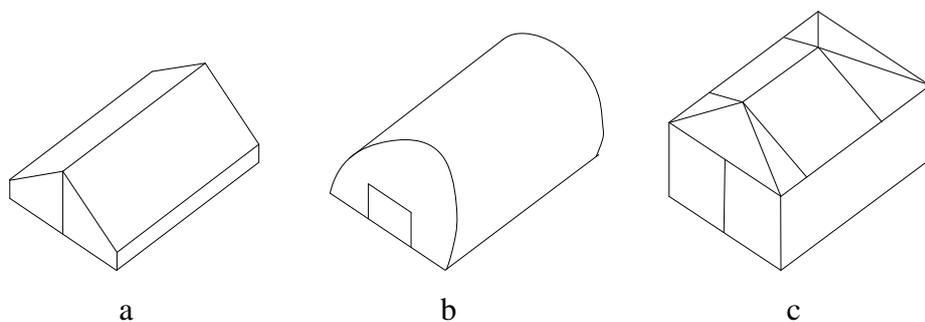
Tabel 1. Data dan Informasi Bencana di Indonesia Tahun 2001-2010

Tahun	Jumlah Kejadian	Mengungsi (jiwa)	Rumah Rusak Berat (unit)	Rumah Rusak Ringan (unit)
2001	122	Tidak Terdata	8.738	7.973
2002	189	963.904	36.326	1.033
2003	532	473.867	76.912	1.807
2004	894	865.415	223.169	46.467
2005	693	322.085	81.287	51.200
2006	814	2.683.742	176.931	230.312
2007	887	1.533.295	65.225	149.186
2008	1.302	650.694	17.067	60.908
2009	498	362.443	199.978	360.299
2010	700	704.039	14.981	25.448
Total	6.998	8.559.484	904.003	991.028

[Sumber: BNPB, Data dan Informasi Bencana di Indonesia Tahun 2010]

Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa salah satu akibat yang ditimbulkan oleh bencana ini adalah kerusakan pada bangunan-bangunan tempat tinggal yang mengakibatkan korban bencana harus tinggal di tempat-tempat pengungsian. Bangunan yang digunakan sebagai tempat pengungsian biasanya merupakan fasilitas umum seperti mesjid, gedung pertemuan, balai desa dan sekolah yang jumlahnya tidak sebanding dengan jumlah pengungsi yang harus ditampung. Keterbatasan tersebut mengakibatkan banyak pengungsi harus tinggal di tenda-tenda pengungsian, bahkan untuk rentang waktu yang cukup lama.

Tenda pengungsian yang biasa digunakan untuk menampung korban bencana alam dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis tenda. Berdasarkan bentuknya, terdapat tiga tipe tenda yaitu *ridge*, *tunnel*, dan *frame* seperti yang terlihat pada Gambar 1. *United Nations High Commissioner for Refugees* (UNHCR) sebagai lembaga internasional yang menangani masalah pengungsi telah menetapkan beberapa standar dalam penggunaan *shelter* dalam *Handbook of Emergencies* (Sphere Project, 2004).



Gambar 1. Tiga jenis struktur tenda yang digunakan dalam penanggulangan bencana; (a) *ridge*, (b) *tunnel*, (c) *frame*

Salah satu persyaratan sebuah *shelter* yang baik adalah bentuk, ukuran dan material yang digunakan dapat memberikan kenyamanan termal bagi penggunanya (Sphere Project, 2004). Kenyamanan termal merupakan hal penting yang harus dipertimbangkan karena hal ini akan mempengaruhi

kondisi fisik dan psikologis dari pengguna. Keadaan fisiologis manusia seperti temperatur tubuh, denyut jantung dapat berubah sesuai dengan kenyamanan termal yang dirasakan.

Kenyamanan termal erat kaitannya terhadap sensasi termal, yaitu perasaan yang berkaitan dengan keadaan lingkungan seseorang, dimana perasaan itu menunjukkan sebuah keadaan termal mulai dari sangat dingin, hingga sangat panas (ASHRAE,1966). Sebagai salah satu indikator atau alat yang digunakan untuk mengetahui kenyamanan termal seseorang, Fanger memperkenalkan sebuah persamaan matematika yang memperlihatkan hubungan antara perkiraan sensasi termal rata-rata yang dikenal dengan *Predicted Mean Vote* (PMV) terhadap fungsi temperatur udara, kelembaban, temperatur radiasi, kecepatan aliran udara, laju metabolisme tubuh dan pakaian (Fanger,1970).

Keluhan dan ketidaknyamanan yang dirasakan oleh pengguna tenda, menjadi dasar perancangan tenda pengungsi dengan memperhatikan kenyamanan termal (Yoki, 2010). Tenda yang dirancang merupakan tenda dengan struktur yang berbentuk *tunnel* dengan menggunakan bahan utama parasut tahan air yang memiliki daya tahan tinggi terhadap jamur, serangga, tanah, tikus dan berbagai jenis zat kimia serta merupakan bahan yang cocok untuk kondisi yang hangat dan lembab (Susanti, 2010).

Susanti (2010) membuat *prototype* dari tenda yang telah dirancang Yoki (2010), dengan melakukan beberapa modifikasi terhadap ukuran, dan jenis bahan yang digunakan, tenda hasil perancang memiliki ukuran panjang 6 m, lebar 3 m dan tinggi 2 m, sedangkan ukuran *prototype* tenda yang akan digunakan dalam pengujian kali ini adalah panjang 2 m, lebar 1,8 m dan tinggi 1,5 m. Bahan yang digunakan pada *prototype* ini adalah parasut nilon, dan Polyester 600 D untuk lantai sedangkan pada rancangan awal bahan yang digunakan adalah *cotton polyester* dan terpal untuk bagian lantai. Hal ini dilakukan untuk meminimasi biaya dan berat keseluruhan

tenda untuk mempermudah mobilisasi tenda pengungsian tersebut. Selain itu modifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan kemudahan dalam memproduksi (*producability*).

Prototype yang telah dirancang tersebut perlu diuji lebih lanjut pada penelitian ini untuk mengetahui performansi termal dan respon fisiologis dari pengguna tenda, agar pengguna dapat merasa nyaman di dalam tenda. Terdapat dua jenis tenda yang akan di gunakan dalam penelitian ini, secara bentuk dan ukuran, dua jenis tenda yang akan diuji pada penelitian ini memiliki persamaan. Perbedaan kedua jenis tenda ini adalah pada lapisan yang digunakan. Salah satu jenis tenda adalah tenda dengan *double layer*, salah satu lapisan yang digunakan bersifat reflektif yaitu dapat memantulkan sinar matahari, sedangkan tenda lainnya hanya memiliki satu lapisan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan menjadi fokus penelitian ini adalah bagaimana performansi termal tenda usulan jika digunakan pada lingkungan tropis dengan mempertimbangkan sensasi termal dan respon fisiologis responden terhadap kondisi termal tenda.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Mengetahui elemen-elemen yang mempengaruhi kenyamanan termal tenda pengungsi
2. Mengetahui respon fisiologis dan sensasi termal yang dirasakan oleh pengguna tenda
3. Membandingkan performansi dua jenis tenda pengungsi pada lingkungan tropis

1.4 Batasan Masalah

Beberapa hal yang menjadi batasan penelitian ini adalah:

- a. Jenis pakaian yang digunakan adalah tipikal pakaian tropis yang terdiri dari pakaian dalam, baju lengan panjang atau lengan pendek yang terbuat dari bahan *cotton*, celana panjang, kaus kaki dan sepatu atau sandal dengan nilai termal *resistance* 0,3 sampai 0,7 clo. (ASHRAE, 1966)
- b. Aktivitas responden selama berada di tenda adalah *sedentary activity* atau kegiatan ringan seperti duduk, berbaring, membaca, menulis dan lain sebagainya.
- c. Penelitian dilakukan di Jurusan Teknik Industri Universitas Andalas, Limau Manis, Padang karena dibutuhkan area yang luas untuk penelitian ini.
- d. Responden penelitian adalah mahasiswa di kota Padang.

1.5 Sistematika Penulisan

Sebagai panduan agar penulisan laporan ini tidak melenceng dari topik yang dibahas, maka laporan dibuat dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisikan latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini memuat teori-teori yang relevan dan dapat menjadi landasan pemikiran dalam pelaksanaan penelitian

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini mengGambarkan secara sistematis tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, mulai dari awal hingga akhir penelitian.

Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini berisi data-data yang telah dikumpulkan dan pengolahan yang dilakukan pada penelitian ini.

Bab V Analisis

Bab ini merupakan analisis terhadap hasil yang didapat dari penelitian.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan penutup laporan, yang berisi kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II LANDASAN TEORI

Banyak hal yang perlu dipahami agar dapat melakukan pengujian performansi termal tenda pengungsi dengan baik. Sebagai dasar pelaksanaan penelitian, maka perlu diketahui mengenai bencana, *shelter*, kenyamanan termal, dan respon fisiologis.

2.1 Bencana

Bencana merupakan pertemuan dari tiga unsur, yaitu ancaman bencana, kerentanan, dan kemampuan yang di picu oleh suatu kejadian. Dalam UU penanggulangan bencana disebutkan bahwa bencana alam adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, manusia dan atau keduanya yang terjadi secara tiba-tiba atau perlahan-lahan, mengakibatkan timbulnya korban manusia, utilitas umum, hilangnya sumber-sumber kehidupan, baik sosial maupun ekonomi, serta hilangnya akses terhadap sumber kehidupan tersebut (GITEWS, 2008).

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menyatakan bahwa bencana dapat disebabkan oleh kejadian alam (*natural disaster*) maupun oleh ulah manusia (*man-made disaster*). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan bencana antara lain:

1. Bahaya alam (*natural hazards*) dan bahaya karena ulah manusia (*man-made hazards*) yang menurut *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR) dapat dikelompokkan menjadi bahaya geologi (*geological hazards*), bahaya hidrometeorologi (*hydrometeorological hazards*), bahaya biologi (*biological hazards*), bahaya teknologi (*technological hazards*) dan penurunan kualitas lingkungan (*environmental degradation*)
2. Kerentanan (*vulnerability*) yang tinggi dari masyarakat, infrastruktur serta elemen-elemen di dalam kota/ kawasan yang berisiko bencana
3. Kapasitas yang rendah dari berbagai komponen di dalam masyarakat

Berdasarkan jenisnya, bencana dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis (GITEWS, 2008):

1. Bencana alam geologis, merupakan bencana yang terjadi akibat aktivitas geologis seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, tanah longsor dan amblesan tanah. Bencana geologis ini sulit untuk diprediksi sehingga sering terjadi secara tiba-tiba.
2. Bencana alam klimatologis, bencana ini terjadi akibat faktor iklim di sebuah wilayah seperti banjir, angin puyuh, kekeringan, kebakaran hutan (bukan yang disebabkan manusia).
3. Bencana alam ekstra-terestrial merupakan jenis bencana yang diakibatkan oleh faktor eksternal bumi, seperti hantaman benda langit, dan hujan meteor.
4. Bencana alam karena ulah manusia, bencana ini murni terjadi karena ulah manusia yaitu kebakaran hutan yang disebabkan oleh manusia, seperti membakar hutan untuk pembebasan lahan.
5. Bencana alam karena ulah manusia dan faktor alam, contohnya adalah tanah longsor yang diakibatkan oleh manusia yang menebang pohon secara berlebihan dan curah hujan yang tinggi.

Resiko yang diakibatkan oleh sebuah bencana dipengaruhi oleh beberapa hal berikut (Sadisun, 2008) :

1. Bahaya atau ancaman, merupakan keadaan atau peristiwa baik alam maupun buatan manusia yang mempunyai potensi menyebabkan kerusakan atau kerugian. Misalkan keberadaan gunung berapi, sungai, tebing, cekungan air, perkembangan teknologi dan lain sebagainya.
2. Kerentanan merupakan sekelompok kondisi yang ada dan melekat baik fisik, ekonomi, sosial dan tabiat/prilaku yang melemahkan kemampuan suatu masyarakat untuk mencegah, menjinakkan, mencapai suatu kesiapan, dan menanggapi dampak dari suatu bahaya.
3. Kemampuan atau kapasitas adalah sumber daya, cara, dan kekuatan yang dimiliki oleh seseorang, masyarakat atau negara yang

memungkinkan mereka untuk menanggulangi, mempersiapkan diri, dan memitigasi atau dengan cepat memulihkan diri dari bencana.

Selain korban jiwa, Nugroho (2010) menyatakan kejadian bencana dapat mengakibatkan beberapa kerugian yang besar, seperti kerusakan rumah baik itu berat, sedang ataupun ringan. Frekuensi atau besar kerugian yang dialami tergantung pada jenis dan intensitas bencana yang terjadi.

2.2 *Emergency Shelter*

Emergency Shelter biasa digunakan oleh korban bencana alam yang kehilangan tempat tinggal. Berbeda dengan orang yang tidak memiliki rumah, orang yang tinggal di *emergency shelter* akan menetap di dalam *shelter* sepanjang hari kecuali untuk beraktivitas seperti sekolah, dan bekerja (Wikipedia, 2011)

emergency shelter biasanya dikelola oleh lembaga khusus seperti *Red Cross and Red Cresscent*, UNHCR, ataupun lembaga pemerintahan yang bergerak di bidang penanganan dan penanggulangan bencana. Bangunan yang biasanya dijadikan *emergency shelter* adalah tempat ibadah dan bangunan sekolah, akan tetapi yang paling sering digunakan adalah tenda (Wikipedia, 2011).

Korban bencana dapat mencari *emergency shelter* untuk tempat tinggal sementara, adapun kemungkinan tempat untuk *emergency shelter* antara lain (Potangaroa, 2006):

1. Di dalam rumah yang rusak
2. Di sekitar atau di dekat rumah yang rusak dengan menggunakan tenda atau membuat bangunan sementara
3. Tempat ditinggal teman atau saudara disekitar tempat tinggal
4. Tempat ditinggal teman atau saudara yang tinggalnya jauh di daerah lain
5. Fasilitas umum

6. *Emergency Centres* yang disediakan oleh negara lain atau lembaga internasional
7. *Emergency Camp sites* yang disediakan oleh lembaga pemerintah, militer, lembaga swadaya masyarakat (LSM), negara lain atau lembaga internasional yang dilokasikan di daerah bencana itu sendiri
8. *Emergency Camp sites* yang disediakan oleh lembaga pemerintah, militer, lembaga swadaya masyarakat (LSM), negara lain atau lembaga internasional yang dilokasikan di daerah lain yang lebih aman atau daerah evakuasi.

United Nations High Commissionare for Refugees (UNHCR) menetapkan kriteria pemilihan area untuk penempatan *shelter* yang baik:

1. Ketersediaan air

Jumlah air yang tersedia harus mencukupi, dan sebuah area tidak dapat dijadikan area *shelter* apabila ketersediaan air diasumsikan akan ada dari proses penggalian, ataupun pengeboran.

2. Ukuran area

Idealnya, ukuran area yang dibutuhkan oleh seseorang adalah 45 m^2 , hal ini dikarenakan luas permukaan tubuh seseorang tidak kurang dari 30 m^2 . Ukuran area untuk 20.000 orang sebaiknya dihindari karena akan membutuhkan area yang sangat luas yaitu ,

$$20.000 \text{ orang} \times 45 \text{ m}^2 = 90.000 \text{ m}^2 = 90 \text{ ha.}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dibutuhkan area dengan ukuran $948 \text{ m} \times 948 \text{ m}$. Jika memungkinkan, jika terdapat jarak atau ruang antar *camp* dengan mempertimbangkan kemudahan akses, dan saluran air.

3. Kepemilikan tanah atau area

Area atau tanah yang akan dijadikan lokasi *shelter* harus jelas kepemilikannya oleh pemerintah, karena UNHCR tidak menyewa ataupun membeli tanah untuk korban bencana.

4. Keamanan

Area yang dipilih sebaiknya tidak berada di daerah perbatasan, baik itu perbatasan kota ataupun perbatasan negara. Hal ini dikarenakan wilayah perbatasan merupakan wilayah yang rawan konflik.

5. Topologi tanah dan saluran drainase

Hindari pemilihan daerah dengan topologi tanah yang tidak dapat menyerap air dengan baik, karena pada saat hujan akan mengakibatkan air tergenang. Selain itu hindari tempat yang terlalu berbatu.

6. Kemudahan akses (*accessability*)

Area yang dipilih harus dekat dengan pusat supply makanan, dan kebutuhan pengungsi lainnya. Kondisi jalan menuju daerah pengungsian harus mudah dicapai, dan dekat dengan jalan utama.

7. Kondisi iklim dan lingkungan

Area *shelter* harus disesuaikan dengan kondisi iklim. Misalnya, daerah pegunungan akan sangat baik pada musim panas. Selain itu, area *shelter* juga harus terbebas dari wabah penyakit seperti malaria, onchocerciasis (*river blindness*), schistosomiasis (*bilharzia*), atau lalat tse-tse.

Selain area penempatan *shelter*, UNHCR dalam *Handbook for emergencies* juga menetapkan standar tertentu untuk ukuran lantai dari *shelter* tersebut agar penghuni tenda dapat merasa nyaman, yaitu:

1. Minimal 3,5 m² per orang untuk daerah tropis dan hangat, dengan perlengkapan memasak dan dapur berada di luar *shelter*.
2. Minimal 4,5 – 5,5 m² per orang untuk daerah beriklim dingin, dengan perlengkapan mandi dan memasak berada di dalam *shelter*

Persyaratan *shelter* yang baik untuk setiap jenis iklim juga berbeda-beda, perbedaan terdapat dari segi bentuk, orientasi terhadap sinar matahari. Berikut aturan untuk *shelter* yang baik pada setiap tipe iklim (Potangaroa, 2006):

1. *Tropical zone*, merupakan zona iklim yang cukup sulit untuk ditempati karena kelembaban yang tinggi sehingga cairan dalam tubuh sangat mudah untuk menguap. Pada zona ini, disarankan untuk menggunakan atap yang dapat memantulkan sinar matahari, sehingga tidak terlalu banyak panas yang diserap oleh *shelter*.
2. *Arid zone*, pada zona ini sebaiknya *shelter* dibuat berkelompok, sehingga dapat memberikan bayangan-bayangan untuk mengurangi panas karena sinar matahari. Sama halnya dengan *tropical zone*, *shelter* pada zona ini disarankan untuk menggunakan atap yang dapat memantulkan sinar matahari, sehingga tidak terlalu banyak panas yang diserap oleh *shelter*.
3. *Cool zone*, luas area permukaan sebaiknya dikurangi untuk mengurangi terjadinya *heat loss* pada malam hari. Aliran udara masuk dan keluar juga sedapat mungkin dikendalikan pada *doorways*, misal dengan menggunakan sistem dua pintu dan ventilasi.
4. *Temperate zone*, sama halnya dengan *cool zone* hanya saja tidak terlalu khusus, karena pada zona ini terjadi perubahan iklim, sehingga dibutuhkan *solar gains* untuk menyimpan panas matahari pada musim panas.

2.3 *Indoor Climate*

Indoor climate menurut Grandjean (1986) adalah suatu kondisi fisik sekeliling dimana kita melakukan aktivitas tertentu yang meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Temperatur udara
2. Temperatur permukaan sekeliling
3. Kelembaban udara
4. Aliran perpindahan udara

Keteraturan panas dalam tubuh manusia meliputi beberapa hal yaitu (Nurmianto, 2005):

1. Temperatur badan

Temperatur tubuh manusia selalu tetap (konstan). Di bagian dalam otak, jantung, dan di dalam perut, temperaturnya berfluktuasi sekitar 37 derajat celcius yang disebut sebagai temperatur inti (*Core temperature*). Temperatur inti merupakan prasyarat untuk fungsi normal dari fungsi vital yang paling penting.

Sebaliknya, terdapat *shell temperature* yang berada dalam otot, tangan, kaki, dan seluruh bagian kulit yang temperaturnya menunjukkan beberapa variasi tertentu.

2. Pengendalian proses panas

Pusat panas yang terletak pada bagian otak yang mengatur aliran darah melalui pembuluh-pembuluh kulit seperti misalnya keluar keringat. Mekanisme di atas mengatur keseimbangan panas di dalam tubuh tergantung dari kondisi luar tubuh.

3. Transportasi panas oleh aliran darah

Pembuluh darah terutama pembuluh kapiler berfungsi sebagai distributor panas, memindahkan panas dari jaringan yang hangat ke jaringan yang dingin. Dalam hal ini darah memindahkan panas dari bagian dalam tubuh ke daerah permukaan kulit yang telah terlebih dahulu didinginkan oleh lingkungan luar tubuh.

4. Berkeringat

Mekanisme kedua yaitu yang diatur oleh pusat pengendalian panas adalah keluarnya keringat melalui kulit, yang juga dikendalikan oleh sistem saraf.

5. Gerakan otot yang cepat

Mekanisme pengaturan yang ketiga adalah meningkatnya panas yang dihasilkan oleh tubuh. Peningkatan ini ditandai dengan meningkatnya metabolisme panas pada otot dan organ yang lain.

6. Pertukaran panas

Tubuh menggunakan panas untuk menjaga temperatur inti agar tetap konstan dan mengurangi panas yang berlebihan pada sekeliling diluar tubuh. Grandjean (1986) membagi proses perpindahan panas antara tubuh dan lingkungan ke dalam empat proses, yaitu konduksi, konveksi, evaporasi, dan radiasi.

2.4 *Thermal Comfort*

Thermal comfort, adalah sebuah kondisi dimana seseorang merasa benar-benar puas atau merasa nyaman dengan keadaan lingkungan sekitarnya (ASHRAE, 1989).

Dalam teori kenyamanan termal, sensasi termal (*thermal sensation*) dalam wujud rasa dingin atau rasa panas yang dirasakan oleh tubuh manusia sesungguhnya merupakan wujud respon dari sensor perasa yang terdapat pada kulit terhadap stimulasi temperatur yang ada pada lingkungan sekitar (Amin, 2004).

Terdapat beberapa standart yang menentukan kenyamanan termal. Dalam ISO STANDAR 7730 disebutkan bahwa standar kenyamanan termal adalah sebagai berikut:

1. Pada standar ini, kenyamanan termal didefinisikan sebagai kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan termal terhadap lingkungan termal
2. Standar menghadirkan metode untuk memperkirakan sensasi termal dan derajat ketidakpuasan termal (*thermal dissatisfaction*) manusia
3. Menetapkan kondisi lingkungan yang bisa diterima untuk kenyamanan
4. Menggunakan lingkungan *indoor* di mana tujuannya adalah untuk mencapai kenyamanan termal, atau lingkungan *indoor* di mana terjadi penyimpangan kenyamanan.

2.4.1 PMV (*Predicted Mean Vote*)

Predicted mean vote (PMV) merupakan index yang diperkenalkan oleh Fanger (1982) untuk mengindikasikan rasa dingin dan hangat yang dirasakan oleh manusia. PMV merupakan index yang memperkirakan respon sekelompok besar manusia pada skala sensasi termal ASHRAE berikut:

+3	<i>hot</i>
+2	<i>warm</i>
+1	<i>slightly warm</i>
0	<i>neutral</i>
-1	<i>slightly cool</i>
-2	<i>cool</i>
-3	<i>cold</i>

PMV mempertimbangkan beberapa faktor yang berhubungan dengan keseimbangan termal di dalam tubuh yaitu (Charles, Kate E, 2003) :

1. Faktor lingkungan, terdapat empat parameter lingkungan yang dipertimbangkan, yaitu temperatur udara, temperatur radiasi, kecepatan aliran udara, dan kelembaban udara.
2. Tingkat aktivitas, berpengaruh kepada metabolisme tubuh yaitu energi yang dikeluarkan akibat aktivitas otot. Tingkat aktivitas biasanya dinyatakan dalam satuan MET ($1\text{MET} = 58,2\text{ W/m}^2$). Pengukuran tingkat aktivitas manusia dilakukan pada aktivitas rata-rata yang dilakukan manusia selama 1 jam terakhir. Tabel 2 menunjukkan nilai metabolisme untuk beberapa aktivitas untuk manusia dewasa.
3. Jenis pakaian, setiap jenis pakaian memiliki daya serap terhadap panas yang berbeda-beda. Pakaian biasanya diklasifikasikan berdasarkan nilai insulasinya. Satuan yang digunakan untuk mendefinisikan daya insulasi ini adalah clo ($1\text{ clo} = 0,155\text{ m}^2\text{C/W}$). Tabel 3 menunjukkan nilai insulasi beberapa jenis pakaian secara terpisah, sehingga untuk menentukan nilai insulasi keseluruhan pakaian dapat dihitung dengan

persamaan (1), contoh perhitungan nilai insulasi dapat dilihat pada Gambar 2.

$$I_{cl} = \sum I_{clu} \quad \dots(1)$$

Tabel 2. Tingkat aktivitas untuk beberapa aktivitas

Jenis Aktivitas	W/m ²	met
Resting		
<i>Sleeping</i>	40	0,7
<i>Reclining</i>	45	0,8
<i>Seated</i>	60	1
<i>Standing</i>	70	1,2
Walking (on the level)		
<i>0,89 m/s</i>	115	2
<i>1,34 m/s</i>	150	2,6
<i>1,79 m/s</i>	220	3,8
Office Activities		
<i>Reading, seated</i>	55	1
<i>Writing</i>	60	1
<i>Typing</i>	65	1,1
<i>Filing, seated</i>	70	1,2
<i>Filing, standing</i>	80	1,4
<i>Walking About</i>	100	1,7
<i>Lifting/packing</i>	120	2,1

[Sumber: ASHRAE,1989]

	0.19
+	
	0.04
+	
	0.11
+	
	0.02
+	
	0.02
	<u>0.38</u>

Gambar 2. Contoh perhitungan nilai insulasi pakaian (Innova, 1997)

Tabel 3. Nilai insulasi beberapa jenis pakaian

<i>Garment Description</i>		<i>clo</i>	<i>Garment Description</i>		<i>clo</i>
<i>Underwear</i>			<i>Trousers and Coveralls</i>		
	<i>Men's briefs</i>	0,04		<i>Short shorts</i>	0,06
	<i>Panties</i>	0,03		<i>Walking shorts</i>	0,08
	<i>Bra</i>	0,01		<i>Straight trousers (thin)</i>	0,15
	<i>T-shirt</i>	0,08		<i>Straight trousers (thick)</i>	0,24
	<i>Full slip</i>	0,16		<i>Sweat Pants</i>	0,28
	<i>Half slip</i>	0,14		<i>Overalls</i>	0,3
	<i>Long underwear top</i>	0,2		<i>Coveralls</i>	0,49
	<i>Long underwear bottom</i>	0,15	<i>Dresses and skirts</i>		
<i>Footwear</i>				<i>Skirt (thin)</i>	0,14
	<i>Ankle-Length athletic socks</i>	0,02		<i>Skirt (thick)</i>	0,23
	<i>Calf-Length socks</i>	0,03		<i>Long-sleeve shirt dress (thin)</i>	0,33
	<i>Knee socks (thick)</i>	0,06		<i>Long-sleeve shirt dress (thick)</i>	0,47
	<i>Panty hose stockings</i>	0,02		<i>Short-sleeve shirt dress (thin)</i>	0,29
	<i>Sandals</i>	0,02		<i>Sleeveless, scoop neck (thin)</i>	0,23
	<i>Slippers</i>	0,03		<i>Sleeveless, scoop neck (thick)</i>	0,27
	<i>Boot</i>	0,1	<i>Sweaters</i>		
<i>Shirt and Blouses</i>				<i>Sleeveless vest (thin)</i>	0,13
	<i>Sleeveless</i>	0,12		<i>Sleeveless vest (thick)</i>	0,22
	<i>Short sleeve, dresses</i>	0,19		<i>Long-sleeve (thin)</i>	0,25
	<i>Long sleeve, dresses</i>	0,25		<i>Long-sleeve (thick)</i>	0,36
	<i>Long sleeve, flannel shirt</i>	0,34	<i>Sleepwear and Robes</i>		
	<i>Short sleeve, knit sport shirt</i>	0,17		<i>Sleeveless, short gown (thin)</i>	0,18
	<i>Long sleeve, sweat shirt</i>	0,34		<i>Sleeveless, long gown (thin)</i>	0,2
				<i>Long-sleeve pajamas</i>	0,57
				<i>Short-sleeve pajamas</i>	0,42

[Sumber: ASHRAE,1989]

Persamaan PMV menggunakan kondisi kesetimbangan kondisi panas dalam tubuh dan menggunakan deviasi dari beban minimum pada mekanisme penerimaan panas, sehingga semakin besar bebannya, maka semakin besar penyimpangannya dari 0. Nilai PMV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) (ASHRAE, 1989).

$$PMV = [0,303 \exp (-0,036 M) + 0,028] L \quad \dots(2)$$

$$L = (M-W) - \{3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl}+273)^4 - (\bar{t}_r+273)^4] - f_{cl} h_c(t_{cl} - t_a)\} - 3,05 [5,73 - 0,007(M-W) - p_a] - 0,42 [(M-W) - 58,15] - 0,0173M(5,87 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) \quad \dots(3)$$

Dimana,

$$h_c = \begin{cases} 2,38 (t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{for } 2,38 (t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1 \sqrt{V} \\ 12,1 \sqrt{V} & \text{for } 2,38 (t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1 \sqrt{V} \end{cases} \quad \dots(4)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,0 + 0,2 I_{cl} & \text{for } I_{cl} < 0,5 \text{ clo} \\ 1,0 + 0,1 I_{cl} & \text{for } I_{cl} > 0,5 \text{ clo} \end{cases} \quad \dots(5)$$

Keterangan:

M : Tingkat aktivitas (W/m^2)

L : Beban termal dalam tubuh

W : Aktivitas luar (W/m^2), 0 untuk sebagian besar aktivitas

f_{cl} : Rasio permukaan orang ketika berpakaian, dan tidak berpakaian

t_{cl} : Temperatur permukaan pakaian ($^{\circ}\text{C}$)

\bar{t}_r : Temperatur radiasi ($^{\circ}\text{C}$)

h_c : Konvektif *heat transfer* dalam ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$)

t_a : Temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$)

p_a : Kelembaban udara (Pa)

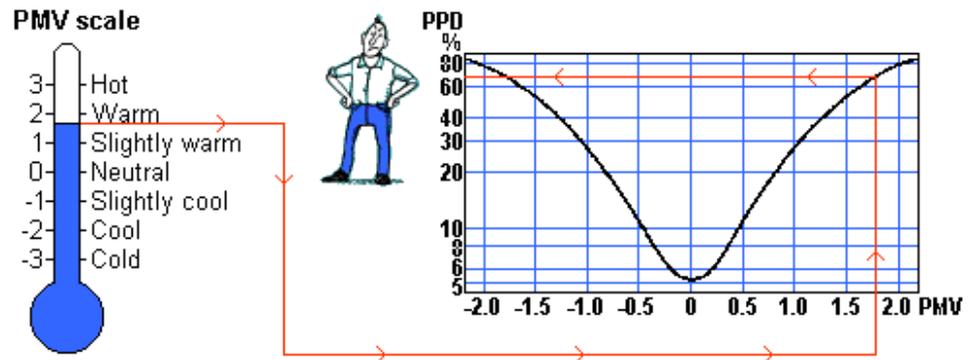
V : Kecepatan aliran udara (m/s)

2.4.2 PPD (*Predicted Percent Dissatisfied*)

Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) bisa dihasilkan dari PMV dan ini berhubungan dengan range temperature. Ketika PMV memberi hasil yang bagus untuk kondisi standart aktivitas yang menetap dan pakaian yang ringan, ini harus divalidasi melalui range pakaian dan aktivitas. Fanger (1982) menghubungkan nilai PMV dan PPD seperti formula (6) (ASHRAE, 1989).

$$\text{PPD} = 100 - 95 \exp [-(0,03353 \text{ PMV}^4 + 0,2179 \text{ PMV}^2)] \quad \dots(6)$$

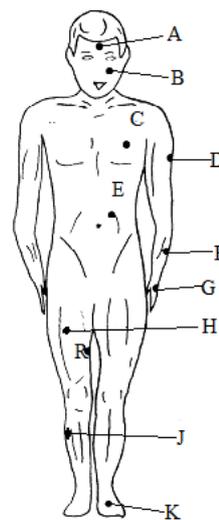
Dissatisfied didefinisikan sebagai persentase orang yang tidak memilih -1, 0 ataupun +1. Hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar dapat dilihat bahwa untuk nilai $\text{PMV} = 0$, terdapat 5% orang yang merasa *dissatisfied* (ASHRAE, 1989).



Gambar 3. Hubungan antara PMV dan PPD (Innova, 1997)

2.5 Mean Skin Temperature

Temperatur permukaan kulit sangat berkaitan dengan proses perpindahan panas yang terjadi antara tubuh manusia dan lingkungan. *The true mean skin temperature* (T_{sk}) dapat diketahui dengan mendapatkan angka hasil pengukuran di permukaan kulit. Akan tetapi, menurut Choi.JK (1997). untuk mendapatkan temperatur kulit dari keseluruhan permukaan kulit pada tubuh sangat tidak mungkin. Menurut Bligh dan Johnson (1973), T_{sk} dapat diukur dengan melakukan pengukuran pada beberapa titik yang dapat mewakili rata-rata temperatur kulit keseluruhan. Titik-titik yang biasanya digunakan dalam pengukuran temperatur kulit dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta pengukuran temperatur kulit (Duncan,1969)

Terdapat beberapa cara perhitungan *mean skin temperature* yang diperkenalkan oleh para ahli, Mitchell (1969) setelah membandingkan beberapa metode pengukuran dan menyatakan bahwa metode pengukuran *mean skin temperature* yang direkomendasikan untuk digunakan adalah metode Ramanathan, hal ini dikarenakan metode ini simpel dan titik pengukuran yang dipilih dapat mewakili keseluruhan tubuh sehingga hasil yang didapat cukup akurat.

Sistem perhitungan T_{sk} yang dikembangkan Ramanathan dengan hanya melibatkan 4 titik pengukuran pada tubuh yaitu dada, lengan bagian atas, paha, dan kaki. Perhitungan dengan menggunakan metode Ramanathan ini dapat memberikan hasil yang sama dengan metode yang diperkenalkan oleh Hendry Dubois yang menggunakan tujuh titik pengukuran. Selain itu, metode Ramanathan ini dinilai lebih baik karena hanya menggunakan dua *weighting coefficient* (Duncan, 1969).

$$T_{sk} = 0,3 (C+D) + 0,2 (H+J) \quad \dots(7)$$

2.6 Populasi dan Sampel

Populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri atas objek atau subjek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2002).

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut (Sugiyono, 2002). Ukuran sampel ialah banyaknya individu atau unsur dari populasi yang diambil sebagai sampel. Penentuan ukuran sampel merupakan masalah yang kompleks dan mencakup pertimbangan kuantitatif dan kualitatif. Sampel yang baik ialah sampel yang mempunyai ciri mendekati populasinya (Wiyadi, 2009).

Menurut Gay dan Diehl (1992) dalam Wiyadi(2009) ukuran yang dapat diterima sangat tergantung kepada jenis penelitiannya, yaitu:

- a. jika penelitian bersifat deskriptif sampel penelitian minimal 10 persen dari populasi,
- b. jika penelitian bersifat korelasional sampel minimal sebanyak 30 subyek,
- c. jika penelitian bersifat kausal-perbandingan sampel minimal sebanyak 30 subyek setiap kelompok, dan
- d. jika penelitian bersifat eksperimental sampel minimal sebanyak 15 subyek setiap kelompok.

Menurut Fraenkel dan Wallen (1993) dalam Wiyadi (2009) besar sampel minimal bagi penelitian deskriptif sebanyak 100, penelitian korelasional sebanyak 50, penelitian kausal perbandingan 30 setiap kelompok dan bagi penelitian eksperimental sebanyak 30 atau 15.

Sesuai dengan salah satu tujuan penelitian yaitu mengetahui sensasi termal dan respon fisiologis pengguna tenda pengungsi, maka populasi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah mahasiswa yang berada di kota Padang. Hal tersebut dikarenakan kota Padang merupakan salah satu daerah yang berpotensi terjadinya bencana alam dan berada pada daerah tropis.

2.7 Teknik Sampling

Menentukan jumlah sampel yang akan digunakan dalam sebuah penelitian terdapat beberapa teknik pengambilan sampel yang dapat digunakan, seperti pembagian berikut (Sugiyono, 2002).

1. *Probability Sampling*

Probability Sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama bagi setiap anggota populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel. Teknik ini dapat dikategorikan sebagai berikut:

a. *Simple Random Sampling*

Simple random sampling adalah teknik pengambilan sampel secara acak dari anggota populasi untuk dijadikan sampel penelitian tanpa memperhatikan strata. Teknik ini dapat dilakukan apabila anggota populasi dianggap homogen dan merupakan populasi finit (populasi terbatas / N dapat dihitung / N kecil). Homogen dalam arti bahwa anggota populasi memiliki karakteristik yang sama. Misalnya, siswa kelas XI SMA, Guru di suatu sekolah yang memiliki latar belakang pendidikan yang sama dan sebagainya.

b. *Stratified Random Sampling*

Stratified random sampling adalah teknik pengambilan sampel secara random dengan terlebih dahulu memisahkan elemen-elemen populasi dalam kelompok-kelompok yang tidak overlapping yang disebut strata. Dalam teknik ini, anggota populasi dipilah-pilah menjadi sub-sub populasi secara homogen dari sifat yang heterogen secara proporsional. Adapun langkah-langkah dalam menentukan sampel dengan menggunakan teknik ini sebagai berikut. Pertama, mengidentifikasi jumlah keseluruhan anggota populasi. Kedua, menentukan jumlah sampel yang diinginkan. Ketiga, memisahkan populasi yang tidak homogen sesuai dengan karakteristik ke dalam sub-sub populasi (strata). Keempat, memilih sampel secara acak dari sub-sub populasi secara proporsional.

c. *Systematic Random Sampling*

Teknik ini pada dasarnya hampir sama dengan simple random sampling. Dalam teknik ini setiap anggota populasi diberikan nomor urut. Anggota sampel dipilih acak dengan menggunakan prinsip proporsional. Proporsional ditentukan berdasarkan perhitungan perbandingan jumlah populasi dengan jumlah sampel yang diinginkan. Langkah-langkah dalam penentuan sampel dengan teknik ini sebagai berikut:

- a) Keseluruhan anggota populasi.
- b) Daftar dan berikan nomor urut setiap anggota populasi.

- c) Tentukan besarnya jumlah sampel yang diinginkan.
- d) Tentukan proporsional sistematis dengan menghitung perbandingan jumlah populasi dengan jumlah sampel yang diinginkan.
- e) Mengacak anggota populasi.
- f) Tentukan nomor urut pertama secara random yang akan dijadikan sebagai nomor awalan pada urutan populasi untuk dimulainya pemilihan sampel.
- g) Dari nomor awal yang telah ditentukan tersebut, setiap k (proporsional sistematis) langkah terpilih sebagai sampel.
- h) Ulangi terus menerus hingga akhirnya dapat dipilih semua anggota sampel yang diinginkan.

d. *Cluster Sampling*

Teknik kluster digunakan apabila obyek yang diteliti sangat luas. Dalam teknik ini, pemilihan sampel tidak didasarkan pada individual, tetapi didasarkan pada kelompok, daerah atau kelompok subyek yang secara alamiah berkumpul bersama. Kluster atau kelompok tersebut dapat berupa wilayah, lembaga, organisasi atau satuan-satuan lainnya. Adapun langkah-langkah dalam teknik ini sebagai berikut:

- a) Identifikasi jumlah keseluruhan populasi yang hendak digunakan dalam penelitian.
- b) Menentukan besarnya sampel yang diinginkan.
- c) Menentukan dasar logika dalam menentukan kluster.
- d) Perkirakan jumlah rata-rata subyek yang ada pada setiap kluster.
- e) Daftarkan semua subyek dalam setiap kluster dengan membagi antara jumlah sampel dengan jumlah kluster yang ada.
- f) Pilih jumlah sampel yang diinginkan untuk setiap kluster secara random.

2. *Non Probability Sampling*

Non Probability Sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang tidak memberikan peluang yang sama bagi anggota populasi untuk menjadi anggota sampel. Teknik sampel ini terdiri atas:

a. *Purposive Sampling*

Purposive sampling merupakan teknik penentuan sampel yang didasarkan pada tujuan tertentu. Misalnya, akan dilakukan penelitian tentang efektivitas pembelajaran dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan di sekolah, maka peneliti memilih guru-guru SMU sebagai sampel dalam mencari informasi sebagai data untuk menjawab permasalahan penelitian. Guru-guru tersebut dipilih karena didasarkan pada pertimbangan profesional bahwa mereka adalah orang-orang yang terlibat secara langsung dalam interes penelitian. Teknik ini biasanya digunakan dalam penelitian kualitatif.

b. *Quota Sampling*

Quota sampling merupakan teknik penentuan sampel berdasarkan masing-masing karakteristik populasi sampai pada jumlah yang telah ditentukan. Pengambilan 27 sampel dilakukan secara proporsional untuk masing-masing karakteristik populasi. Apabila sampel penelitian belum mencapai kuota yang telah ditetapkan maka penelitian belum dianggap selesai.

c. *Accidental Sampling*

Accidental sampling merupakan teknik pengambilan sampel secara kebetulan. Dikatakan secara kebetulan karena siapa saja yang ditemuinya pada tempat, waktu dan cara yang ditentukannya dapat dipilih sebagai sampel. Misalnya, seorang mahasiswa FKIP hendak melakukan penelitian di salah satu sekolah. Pada hari senin di jam istirahat antara 09.30 sampai dengan 09.45, ia berdiri di pintu kantin sekolah dan menanyai setiap siswa yang kebetulan akan ke kantin. Pekerjaan ini dilakukan secara berulang-ulang pada waktu dan tempat yang sama hingga akhirnya informasi yang

dicari dirasakan telah didapatkan untuk menjawab permasalahan penelitian.

d. *Snowball Sampling*

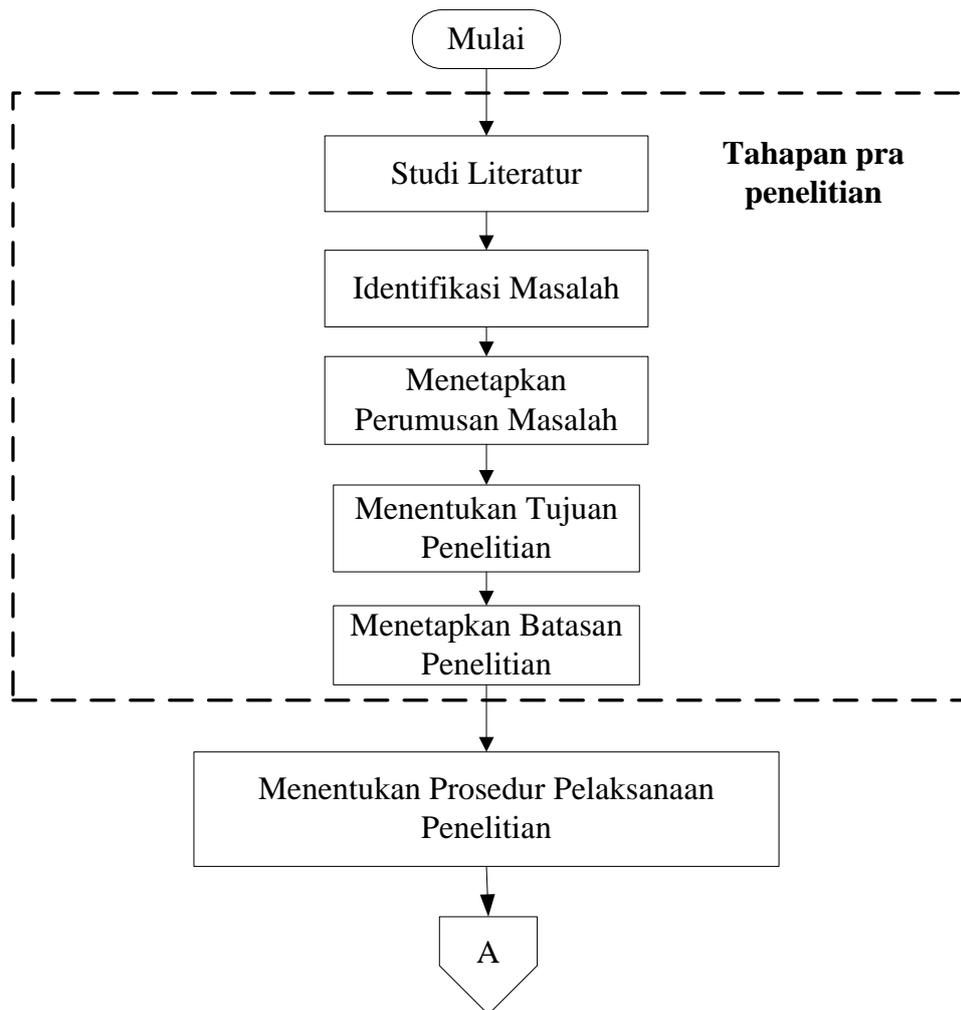
Disebut sebagai teknik *snowball sampling* karena ibarat seperti sekepal tangan bola salju yang apabila digelindingkan dari atas bukit ke bawah maka semakin lama bola menggelinding akan semakin besar. Dalam teknik ini, mula-mula sampel yang dipilih jumlahnya kecil, kemudian menjadi banyak. Misalnya, mula-mula kita hanya memilih satu orang sebagai sampel. Dari satu orang ini, kita memperoleh keterangan bahwa ada dua orang temannya yang dapat digali informasinya. Kemudian dari dua orang tersebut kita mendapatkan rekomendasi atau orang yang ditunjuk untuk kita dapatkan informasi mengenai permasalahan penelitian.

Berdasarkan beberapa teknik sampling yang dijelaskan di atas, dalam penelitian kali ini teknik sampling yang digunakan yaitu *simple random sampling*, sehingga setiap anggota populasi memiliki kesempatan yang sama untuk menjadi reponden pada penelitian ini.

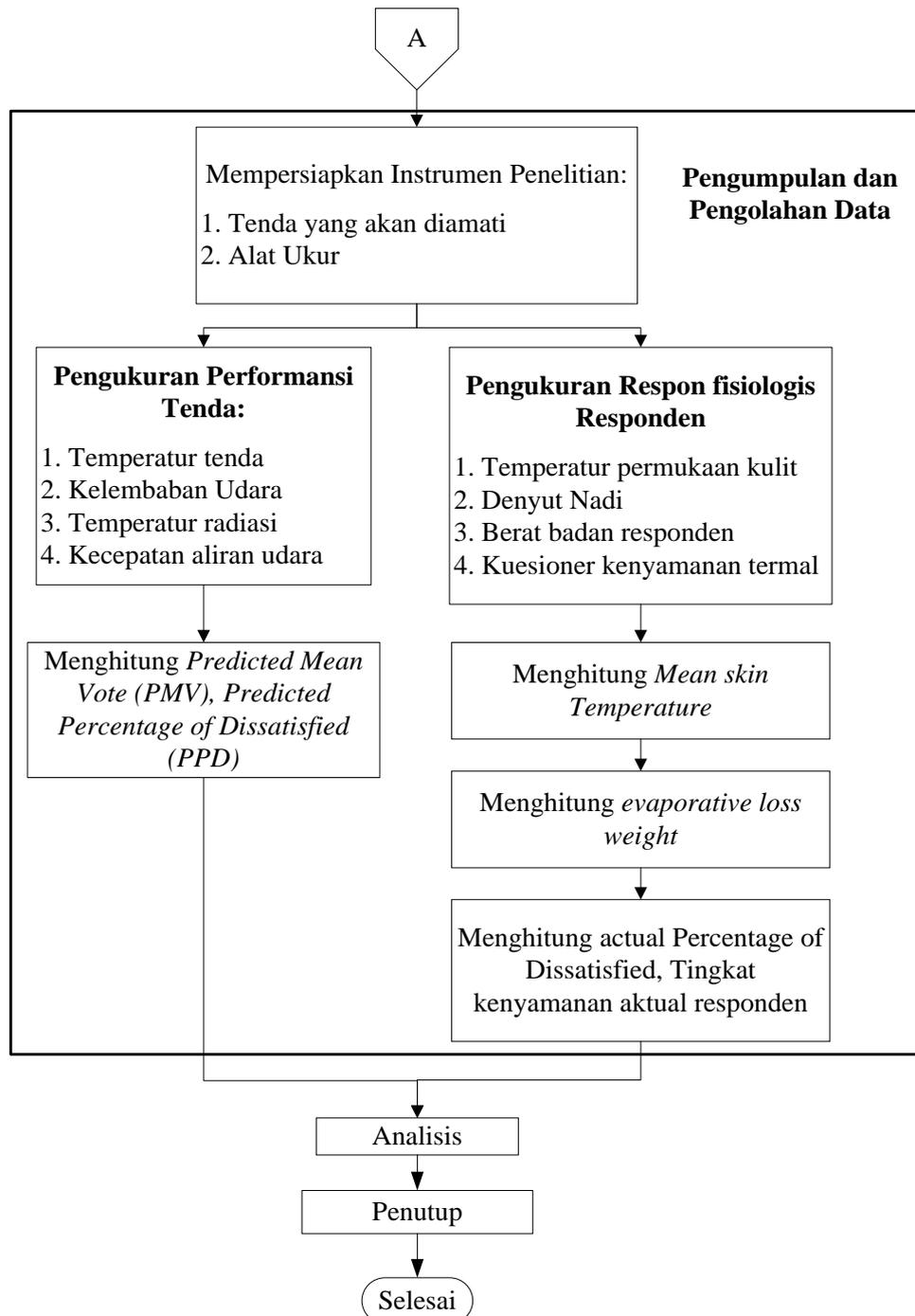
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Metodologi penelitian menggambarkan tahapan sistematis pelaksanaan penelitian dari awal sampai akhir. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 5. Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.2 Tahapan Pra Penelitian

Tahapan ini merupakan dasar dilakukannya penelitian. Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian dirumuskan pada tahapan ini dengan menggunakan informasi dari beberapa sumber. Tahapan pra penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Studi literatur mengenai bencana, tenda yang akan dijadikan sebagai objek dalam penelitian ini dan metode yang dapat digunakan untuk mengukur kenyamanan termal, dan respon fisiologis yang dirasakan oleh responden.
2. Mengidentifikasi, lalu merumuskan permasalahan berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya.
3. Menetapkan tujuan dilakukannya penelitian ini.
4. Menentukan batasan-batasan dalam penelitian ini sehingga pada pelaksanaan penelitian, dapat lebih terfokus.

3.3 Menentukan Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode *simple random sampling*, dimana setiap anggota populasi memiliki kesempatan yang sama untuk menjadi sampel.

Populasi yang digunakan pada penelitian ini adalah mahasiswa yang berada di kota Padang, yaitu mahasiswa yang menjalankan perkuliahan di kota Padang. Hal ini dikarenakan kota Padang merupakan salah satu daerah yang berpotensi terjadi bencana, dan faktor iklim kota Padang yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Sifat penelitian yang dilakukan ini adalah eksperimental sehingga, berdasarkan aturan penentuan jumlah sampel oleh Gay dan Diehl (1992) dalam Wiyadi(2009) maka jumlah responden minimal yang dibutuhkan adalah 15 orang responden.

Pengambilan data dilakukan secara random, yaitu masing-masing responden memilih waktu secara acak, dengan mempertimbangkan ketersediaan waktu dari masing-masing responden. Setiap responden akan mencoba kedua jenis tenda pada empat periode waktu penelitian yang telah ditetapkan. Sehingga ada 16 perlakuan yang akan diterima oleh masing-masing responden.

3.4 Pengumpulan Data

Beberapa tahap yang dilakukan dalam pengumpulan data ini antara lain:

1. Menetapkan data-data yang akan diukur

Beberapa data yang akan diukur pada penelitian ini adalah:

- a. Temperatur tenda ($^{\circ}\text{C}$)
- b. Temperatur radiant ($^{\circ}\text{C}$)
- c. Kelembaban udara (%)
- d. Kecepatan angin (m/s)
- e. Temperatur kulit responden ($^{\circ}\text{C}$)
- f. Denyut nadi responden (denyut/menit)

2. Mempersiapkan alat ukur

Beberapa alat ukur yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini antara lain:

- a. *Thermorecorder*, alat ini dibutuhkan untuk mengetahui temperatur di dalam tenda, dan temperatur kulit responden selama penelitian dilakukan.
- b. *Glovesmeter*, alat ini digunakan untuk mengetahui temperatur radiant di dalam tenda, karena temperatur radiant tidak dapat diukur secara langsung, dengan bantuan alat ukur ini dapat diketahui panas yang berada disekitar alat ukur, yaitu dengan menyerap panas yang ada di sekitar alat ukur ini.
- c. *Anemometer*, alat ini dibutuhkan untuk mengetahui laju angin di sekitar tenda.
- d. *Humidity Logger*, alat yang digunakan untuk mengukur kelembaban udara di dalam tenda.
- e. *Heart Rate Monitor*, alat ini digunakan untuk mengukur denyut nadi responden selama berada di dalam tenda.
- f. Kuesioner PMV, alat yang digunakan untuk mengetahui penilaian responden terhadap kenyamanan termal di dalam tenda. Bentuk Kuesioner dapat dilihat pada Lampiran A. Butir pertanyaan yang digunakan mengacu kepada penelitian yang dilakukan oleh Amin

(2004) , dan parameter PMV yang telah di standarkan oleh ASHRAE (1989).

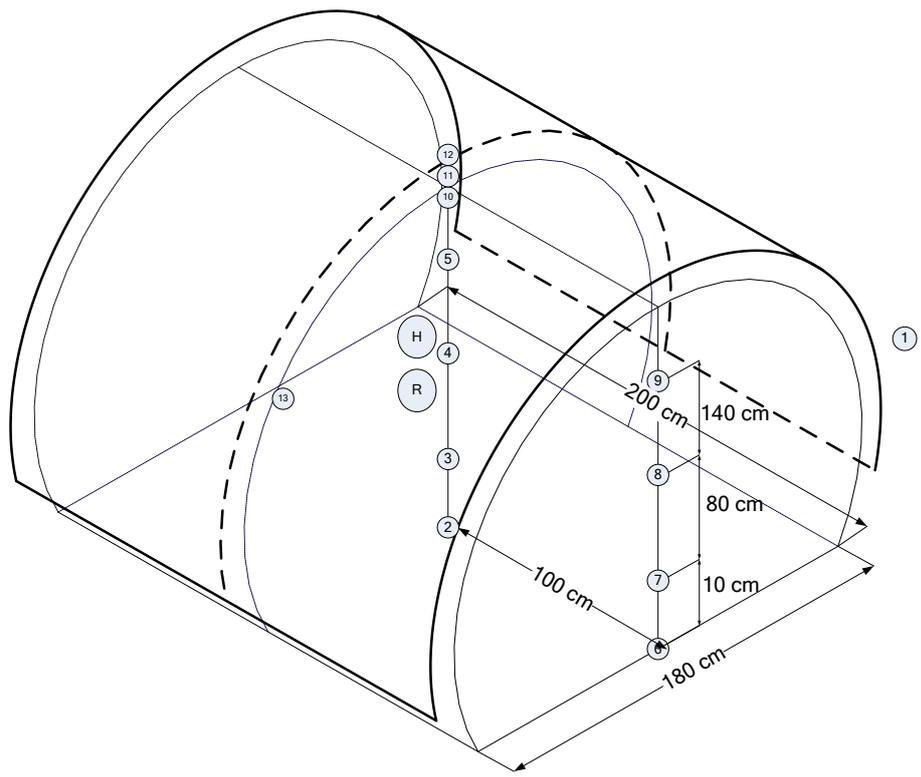
3. Menetapkan titik pengukuran

Beberapa alat ukur akan dipasang pada tenda untuk mengetahui beberapa parameter PMV. Pemasangan alat ukur dilakukan pada beberapa titik seperti yang terlihat pada Gambar 6. Penetapan titik pengukuran berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Crawford.C (2002).

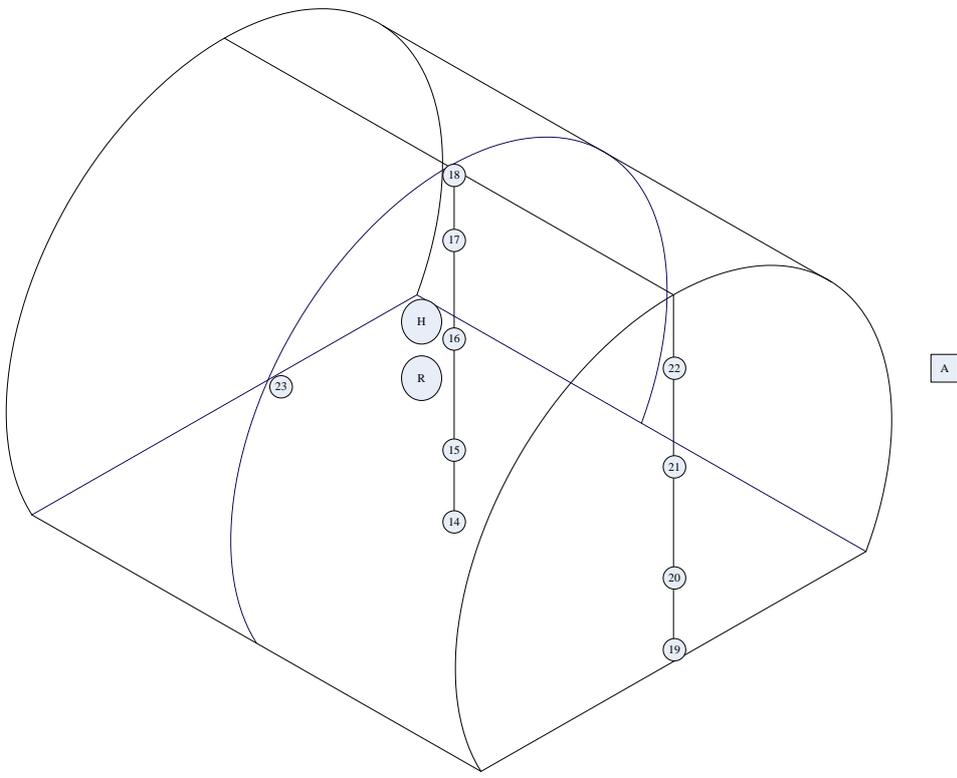
Berdasarkan hasil pengukuran tempertaur oleh Yoki (2010), dapat diketahui bahwa perubahan temperatur yang signifikan terjadi pada saat pagi, siang, sore dan malam hari, sehingga dapat ditetapkan waktu pengambilan data pada beberapa periode waktu berikut selama dua jam, yaitu:

- a. Jam 7.00 – 9.00 WIB
- b. Jam 11.00 – 13.00 WIB
- c. Jam 15.00 – 17.00 WIB
- d. Jam 19.00 – 21.00 WIB

Lama waktu pengamatan selama 2 jam ini ditetapkan karena pada saat waktu pengamatan selama 2 jam, respon yang dirasakan oleh responden mulai stabil.



(a)



(b)

Gambar 6. Bagan Penempatan alat ukur; (a) tenda *double layer*, (b) tenda *single layer*

Keterangan gambar:

-  Anemometer
-  Glovemeter
-  Thermorecorder
-  *Humidity Logger*

4. Pengukuran

Pengukuran temperatur, radiasi, kelembaban udara, laju angin, dilakukan pada periode waktu yang ditetapkan. Sedangkan untuk *mean skin temperatur* diukur pada awal responden memasuki tenda, saat berada di tenda dan pada saat responden keluar dari tenda.

Responden tidak diperkenankan mengkonsumsi makanan dan minuman selama berada di tenda. Hal ini perlu dilakukan agar dapat dilihat berapa besar berat badan dan kadar air responden yang hilang selama melakukan penelitian. Jenis pekerjaan yang dilakukan oleh responden adalah *sedentary work*, yaitu pekerjaan dalam posisi duduk atau berbaring

Pengukuran juga dilakukan pada responden terhadap beberapa parameter fisiologis seperti temperatur kulit, denyut nadi dan berat badan. Metode pengukuran yang dilakukan terhadap responden:

a. Sebelum memasuki tenda

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui keadaan fisiologis awal responden.

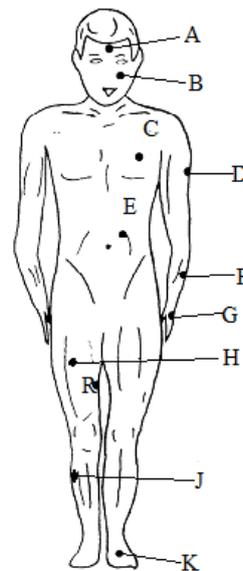
b. Saat berada di dalam tenda

Pengukuran saat berada di dalam tenda dilakukan selama 2 jam, dengan menggunakan alat *thermorecorder*, dan alat pengukur denyut nadi, sehingga dapat diketahui perubahan parameter fisiologi responden selama berada dalam tenda.

c. Setelah keluar dari tenda

Pengukuran pada fase ini, ditujukan untuk mengetahui keadaan fisiologis akhir responden setelah kembali ke lingkungan awal, dan dilakukan 10 menit setelah responden keluar dari tenda.

Berat badan dan kadar air dari responden diukur dengan menggunakan timbangan digital, agar hasil pengukuran yang didapat lebih akurat. Pengukuran *mean skin temperature* dilakukan dengan menggunakan metode Ramanathan, yang mengukur temperatur kulit pada empat titik, yaitu lengan, dada, paha, dan kaki. Titik pengukuran untuk metode Ramanathan pada gambar berikut ini adalah pada titik C, D, H, dan J.



Gambar 7. Peta Pengukuran *Mean Skin Temperature*

3.5 Pengolahan Data

Beberapa pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini antara lain adalah:

1. *Predicted mean vote (PMV)*

Predicted mean vote ini diukur dengan menggunakan model persamaan matematis yang diperkenalkan oleh Fanger (1982). Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kenyamanan termal

responden di dalam tenda dengan mempertimbangkan enam parameter PMV. Perhitungan PMV pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kalkulator PMV yang disediakan oleh Luma Sense Technologies, yang telah memiliki lisensi resmi dari ASHRAE dan telah memenuhi standar ISO 7730. Kalkulator yang digunakan tersebut menggunakan persamaan (2) yang berhubungan dengan persamaan (3). Terdapat beberapa tetapan atau batasan yang ditetapkan oleh Fanger (1982), pada persamaan (4) dan (5).

2. *Predicted percentage of Dissatisfied (PPD)*

Predicted percentage of Dissatisfied dihitung berdasarkan nilai PMV yang telah dihitung sebelumnya.

3. *Mean skin temperature*

Perhitungan temperatur permukaan kulit ini dilakukan dengan menggunakan metode Ramanathan. Tujuan pengukuran ini dilakukan adalah untuk mengetahui perubahan kondisi fisik responden saat sebelum dan sesudah berada di dalam tenda. Perhitungan *mean skin temperature* dengan metode Ramanathan dilakukan dengan menggunakan persamaan (7).

4. Tingkat kenyamanan aktual responden dan *Actual Percentage of dissatisfied*

Perhitungan ini dilakukan berdasarkan kuesioner yang diberikan kepada responden pada saat responden berada di dalam tenda.

3.6 Analisis

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui hasil penelitian yang telah dilakukan. Beberapa hal penting yang menjadi poin analisis adalah nilai PMV dengan model matematis Fanger, dan nilai PMV dari hasil kuesioner yang diisi responden.

3.7 Penutup

Kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya terdapat pada bagian ini.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Data-data yang dibutuhkan dan pengolahan yang dilakukan pada penelitian ini akan dijabarkan pada bab ini.

4.1 Performansi Termal Tenda

Performansi termal tenda dapat dilihat berdasarkan temperatur, kelembaban udara dan nilai *glove temperature*. Berdasarkan data tersebut juga dapat ditentukan kenyamanan termal dari masing-masing tenda.

4.1.1 Temperatur Tenda dan Lingkungan

Pengukuran temperatur tenda dilakukan pada empat periode waktu yaitu:

07:00 – 09:00 WIB,

11:00 – 13:00 WIB,

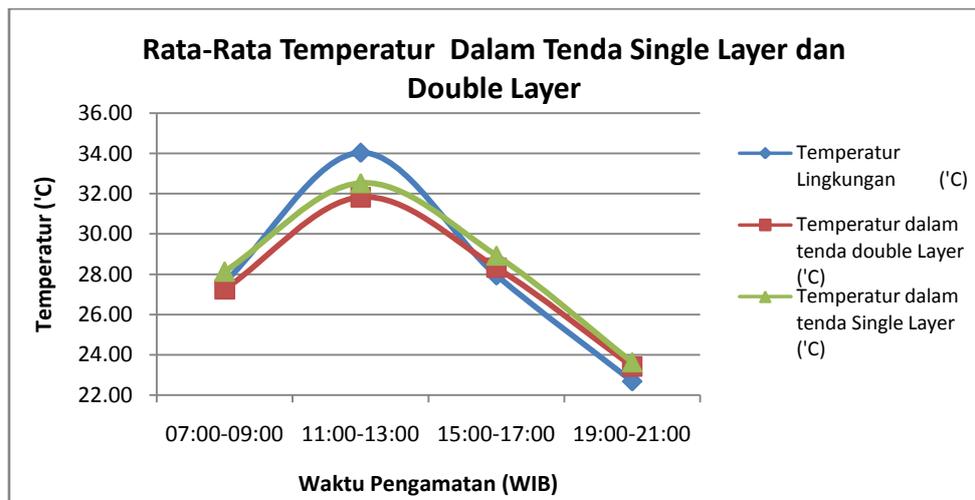
15:00 – 17:00 WIB, dan

19:00 – 21:00. WIB

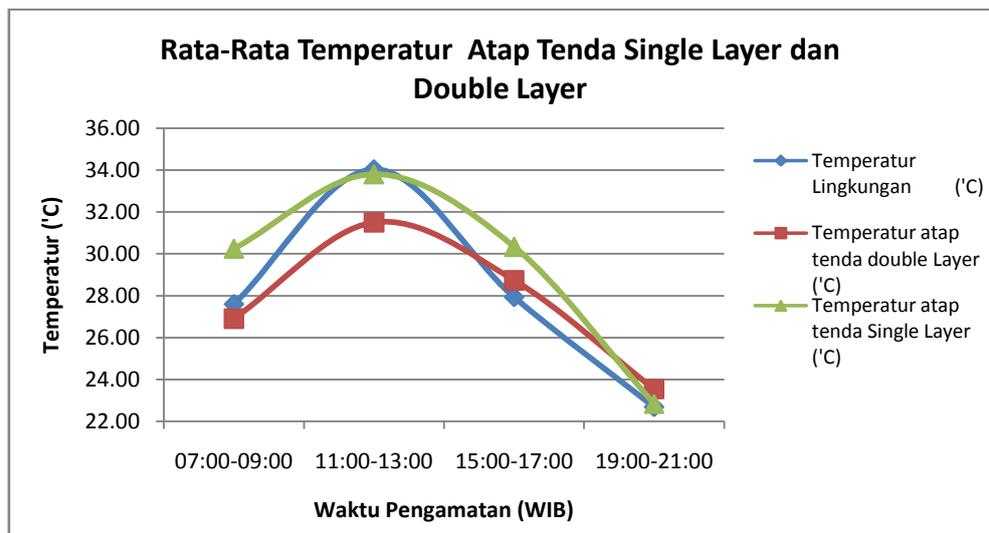
Pengukuran dilakukan selama 16 hari dengan kondisi tenda dalam keadaan terbuka dan 1 orang responden pada masing-masing tenda dengan interval pengumpulan data selama 5 menit, lalu kemudian dihitung rata-rata temperatur selama 15 menit. Data temperatur di dalam tenda yang digunakan adalah rata-rata dari titik 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,9,10, dan 13 untuk tenda *double layer* , sedangkan untuk tenda *single layer* , temperatur rata-rata didapatkan dari pengukuran pada titik 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, dan 23. Rata-rata temperatur dalam tenda dan atap tenda untuk tenda *single layer* dan *double layer* dapat dilihat pada Tabel 4 dan secara grafis ditampilkan pada Gambar 8 untuk temperatur dalam tenda, dan Gambar 9 untuk temperatur atap tenda.

Tabel 4. Data Temperatur Dalam dan Atap Tenda *Single layer* dan *Double layer*

Waktu Pengamatan	Temperatur Lingkungan (°C)	Temperatur atap tenda double Layer (°C)	Temperatur atap tenda Single Layer (°C)	Temperatur dalam tenda double Layer (°C)	Temperatur dalam tenda Single Layer (°C)
07:00-09:00	27,60	26,90	30,26	27,25	28,13
11:00-13:00	34,04	31,50	33,80	31,82	32,53
15:00-17:00	27,94	28,74	30,33	28,32	28,93
19:00-21:00	22,68	23,54	22,84	23,42	23,63



Gambar 8. Rata-Rata Temperatur Dalam Tenda *Single layer* dan *Double layer*



Gambar 9. Rata-Rata Temperatur Atap Tenda *Single layer* dan *Double layer*

Perbandingan data temperatur juga dilakukan terhadap masing-masing titik pengukuran. Perbandingan tersebut dilakukan terhadap titik pengukuran baik secara horizontal, maupun vertikal. Temperatur rata-rata pada setiap titik pengukuran untuk tenda *single layer* dapat dilihat pada Tabel 5, dan Tabel 6 untuk temperatur rata-rata pada tenda *double layer* .

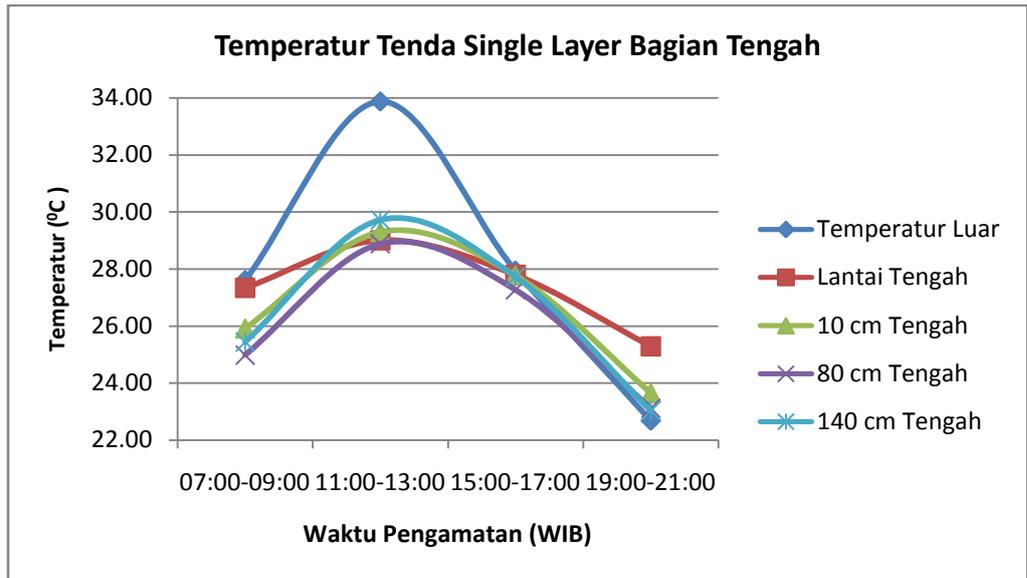
Tabel 5. Temperatur Tenda *Single layer*

Waktu Pengamatan	Temperatur Luar (C)	Temperatur Tenda Single Layer (C)							
		Lantai tengah	10 cm tengah	80 cm tengah	140 cm tengah	Lantai depan	10 cm depan	80 cm depan	140 cm depan
07:00-09:00	27,60	28,69	26,31	25,84	26,84	29,61	27,85	26,82	28,35
11:00-13:00	33,88	31,16	29,88	30,26	31,73	32,41	30,43	30,62	33,22
15:00-17:00	27,94	29,09	27,87	27,90	28,21	28,95	28,06	28,02	29,32
19:00-21:00	22,68	25,49	23,32	23,21	23,19	24,52	23,54	23,61	23,75

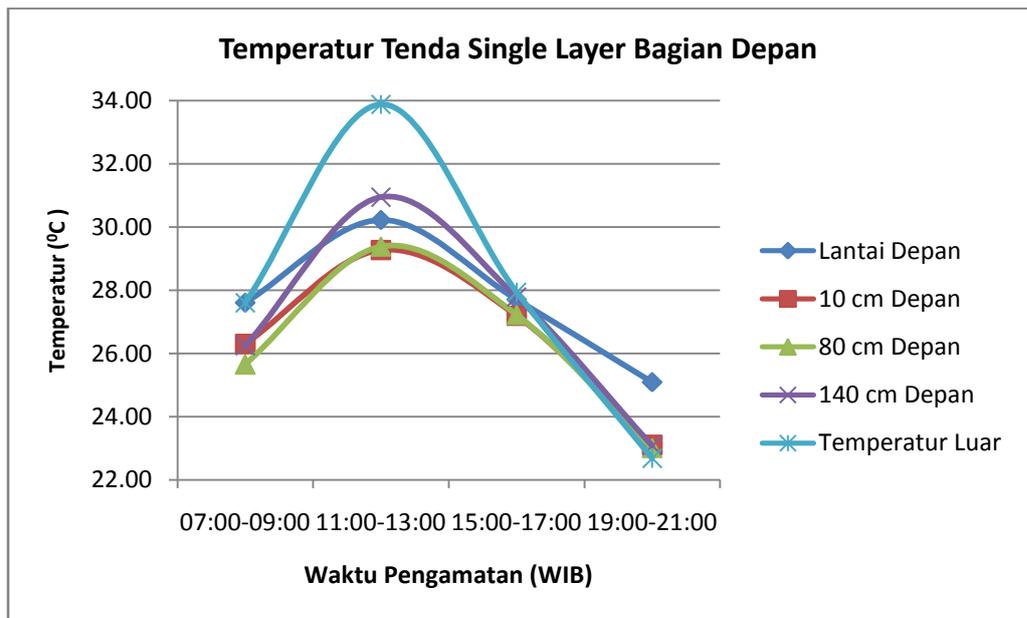
Tabel 6. Temperatur Tenda *Double layer*

Waktu	Temperatur Luar (C)	Temperatur Tenda Double Layer (C)							
		Lantai tengah	10 cm tengah	80 cm tengah	140 cm tengah	Lantai depan	10 cm depan	80 cm depan	140 cm depan
07:00-09:00	27,60	27,34	25,92	24,98	25,44	27,61	26,30	25,65	26,24
11:00-13:00	33,88	29,01	29,30	28,88	29,72	30,22	29,27	29,39	30,94
15:00-17:00	27,94	27,79	27,77	27,27	27,73	27,70	27,19	27,23	27,79
19:00-21:00	22,68	25,29	23,65	23,12	23,03	25,09	23,12	23,01	23,08

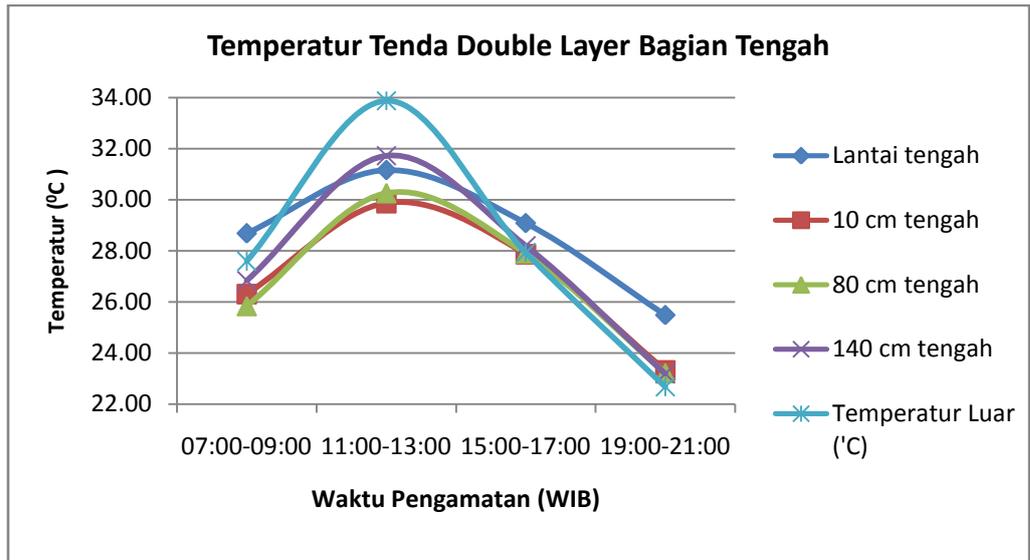
Perbandingan temperatur secara vertikal berdasarkan ketinggian titik pengukuran dibagi dua, yaitu pengukuran pada bagian depan atau di dekat pintu, dan pengukuran di bagian tengah dari tenda. Grafik perbandingan temperatur dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11 untuk tenda *single layer* , Gambar 12 dan 13 untuk tenda *double layer* .



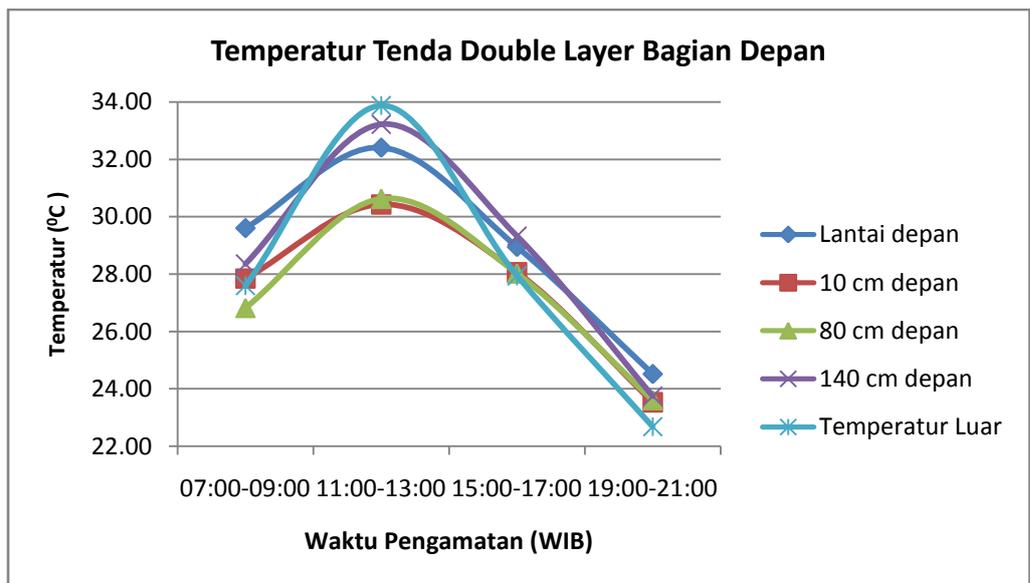
Gambar 10. Rata-Rata Temperatur Tenda *Single layer* Bagian Tengah



Gambar 11. Rata-Rata Temperatur Tenda *Single layer* Bagian Depan



Gambar 12. Rata-Rata Temperatur Tenda *Double Layer* Bagian Tengah



Gambar 13. Rata-Rata Temperatur Tenda *Double layer* Bagian Depan

Berdasarkan grafik yang telah ditampilkan pada Gambar 10, 11, 12, dan 13 dapat dilihat bahwa temperatur pada ketinggian 80 cm lebih rendah dibanding titik pengukuran pada ketinggian lainnya sedangkan temperatur lantai rata-rata paling tinggi dibandingkan titik pengukuran lainnya pada pagi hari, sedangkan pada siang dan sore hari temperatur cenderung meningkat sesuai dengan ketinggian. Hasil pengukuran pada malam hari menunjukkan hasil yang berbeda dengan pengukuran pada

siang hari, yaitu temperatur berbanding terbalik dengan ketinggian. Data hasil pengukuran temperatur setiap titik pengamatan dapat dilihat pada lampiran B.

4.1.2 *Glove Temperature*

Pengukuran *Glove temperature* dilakukan untuk mengetahui temperatur radiant di dalam tenda. Hasil pengukuran untuk *Glove temperature* tenda *single layer* pada pukul 07:00-09:00 ditampilkan pada Tabel 7 dan Tabel 8 untuk nilai *Glove temperature* pada tenda *double layer*.

Tabel 7. *Glove Temperature Tenda Single layer Pukul 07:00-09:00*

Hari Ke- Menit ke-	Glove Temperature (°C)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
1	35,87	33,93	32,40	31,97	32,60	32,77	32,13	32,03
2	25,37	24,60	25,27	26,23	27,87	28,10	27,73	28,03
3	24,03	24,67	25,73	25,77	26,07	27,77	28,17	30,20
4	22,67	23,60	39,03	29,47	75,80	30,23	33,90	30,07
5	34,03	32,97	34,93	36,33	37,10	33,57	32,27	31,50
6	24,10	24,27	25,47	26,97	26,13	25,77	25,99	25,91
7	22,70	21,87	21,60	22,43	22,90	24,33	25,10	26,47
8	21,37	22,13	22,30	23,90	26,40	25,37	25,70	25,90
9	23,40	23,43	23,63	23,67	29,83	32,10	31,73	31,27
10	22,87	24,43	32,20	32,07	31,13	31,13	30,09	29,37
11	22,73	23,90	28,07	28,83	30,10	30,83	35,23	32,70
12	24,00	23,27	23,10	23,57	23,40	22,97	23,20	23,13
13	24,70	23,87	23,60	24,43	24,90	26,33	27,10	28,47
14	23,40	28,20	28,90	30,13	31,43	32,60	31,93	32,17
15	23,83	27,77	27,90	29,17	31,33	33,13	31,67	32,23
16	23,73	24,23	24,33	25,20	26,53	30,93	30,27	31,03
Rata-Rata	24,93	25,45	27,40	27,51	31,47	29,25	29,51	29,41

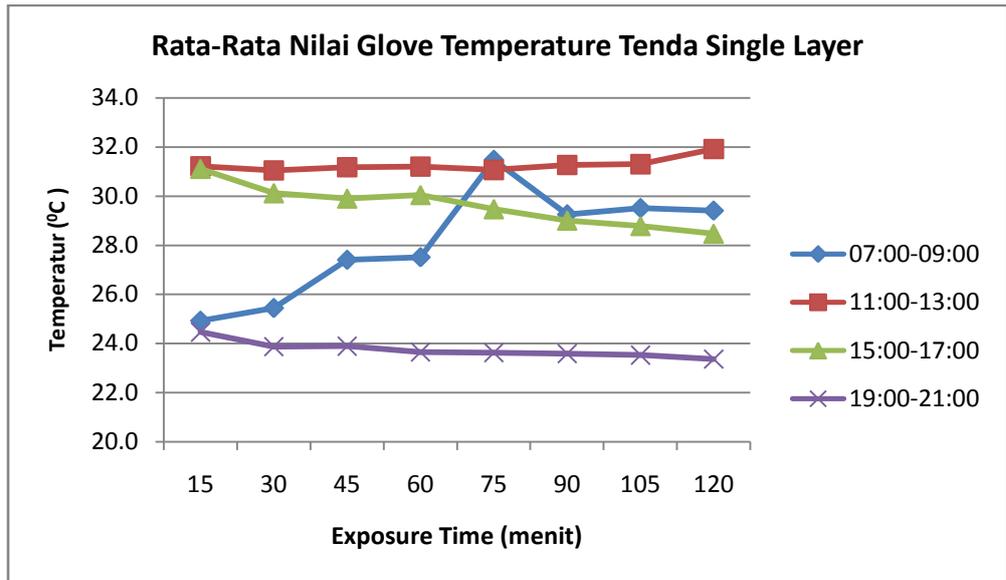
Tabel 8. *Glove Temperature Tenda Double layer Pukul 07:00-09:00*

Hari Ke- Menit ke-	Glove Temperature (°C)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
1	38,30	35,73	34,53	34,23	35,17	35,37	34,60	34,04
2	25,63	25,57	26,53	27,93	29,67	30,07	29,80	29,53
3	25,13	26,20	27,23	26,93	27,43	29,23	29,67	33,10
4	24,80	29,70	29,77	43,10	37,60	34,47	35,80	39,63
5	35,03	33,97	35,93	37,33	38,10	34,57	33,27	32,50
6	24,67	25,50	26,40	27,77	26,97	25,48	25,50	24,99
7	22,47	21,50	21,33	21,60	23,00	25,73	26,73	28,80
8	21,03	21,97	22,33	23,73	25,93	26,03	26,70	26,90
9	23,88	24,30	23,87	24,30	26,53	32,30	37,43	35,27
10	23,17	25,00	27,10	35,93	36,10	34,93	32,00	29,64
11	22,47	21,50	21,33	21,60	23,00	25,73	26,73	28,80
12	24,97	25,80	26,70	28,07	27,27	25,78	25,80	25,29
13	24,47	23,50	23,33	23,60	25,00	27,73	28,73	30,80
14	20,90	21,70	27,57	31,10	33,43	35,10	36,97	39,03
15	22,03	24,83	27,07	29,73	33,40	36,20	37,27	39,30
16	21,63	22,53	23,80	25,20	28,00	32,70	32,60	34,20
Rata-Rata	25,04	25,58	26,55	28,89	29,79	30,71	31,22	31,99

Secara keseluruhan dapat dibandingkan nilai rata-rata *glove temperature* masing-masing tenda untuk semua periode waktu pengukuran. Data rata-rata nilai *glove temperature* untuk setiap periode waktu pengukuran untuk tenda *single layer* dapat dilihat pada Tabel 9. Grafik perbandingan nilai *glove temperature* untuk setiap periode waktu pengukuran pada tenda *single layer* ditampilkan pada Gambar 14.

Tabel 9. *Rata-Rata Glove Temperature Tenda Single layer*

Waktu Penelitian	Exposure Time (menit)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
07:00-09:00	24,9	25,4	27,4	27,5	31,5	29,2	29,5	29,4
11:00-13:00	31,2	31,0	31,2	31,2	31,1	31,3	31,3	31,9
15:00-17:00	31,1	30,1	29,9	30,0	29,5	29,0	28,8	28,5
19:00-21:00	24,5	23,9	23,9	23,7	23,6	23,6	23,5	23,4

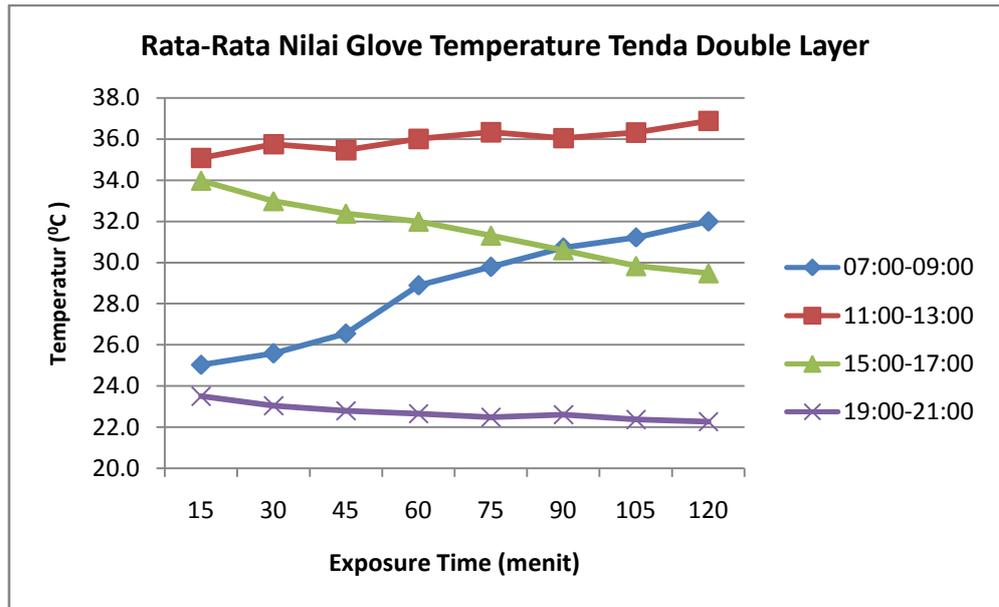


Gambar 14. Rata-Rata *Glove Temperature* Tenda *Single layer*

Data rata-rata nilai *glove temperature* untuk setiap periode waktu pengukuran untuk tenda *double layer* dapat dilihat pada Tabel 10 dan grafik perbandingan nilai *glove temperature* untuk setiap periode waktu pengukuran pada tenda *double layer* ditampilkan pada Gambar 16.

Tabel 10. Rata-Rata *Glove Temperature* Tenda *Double layer*

Waktu Penelitian	Exposure Time (menit)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
07:00-09:00	25,0	25,6	26,6	28,9	29,8	30,7	31,2	32,0
11:00-13:00	35,1	35,8	35,5	36,0	36,3	36,0	36,3	36,9
15:00-17:00	34,0	33,0	32,4	32,0	31,3	30,6	29,8	29,5
19:00-21:00	23,5	23,0	22,8	22,7	22,5	22,6	22,4	22,3



Gambar 15. Rata-Rata *Glove Temperature* Tenda Double layer

Hasil pengukuran *glove temperature* untuk masing-masing periode pengukuran dapat dilihat selengkapnya pada lampiran C.

4.1.3 Kelembaban Udara

Data kelembaban udara diukur di titik H dari masing-masing tenda, yaitu tenda *single layer* dan *double layer*. Tabel 11 menampilkan data kelembaban udara tenda *single layer* pada pukul 07:00-09:00, dan Tabel 12 untuk tenda *double layer*. Rekapitulasi nilai kelembaban udara rata-rata untuk setiap periode waktu pengukuran pada tenda *single layer* dapat dilihat pada Tabel 13. Rata-rata ini didapatkan berdasarkan data pengukuran selama 16 hari. Secara grafis, rata-rata kelembaban udara untuk masing-masing periode pengukuran dapat ditampilkan pada Gambar 17 untuk tenda *single layer*.

Tabel 11. Kelembaban Udara Tenda *Single layer* Pukul 07:00-09:00

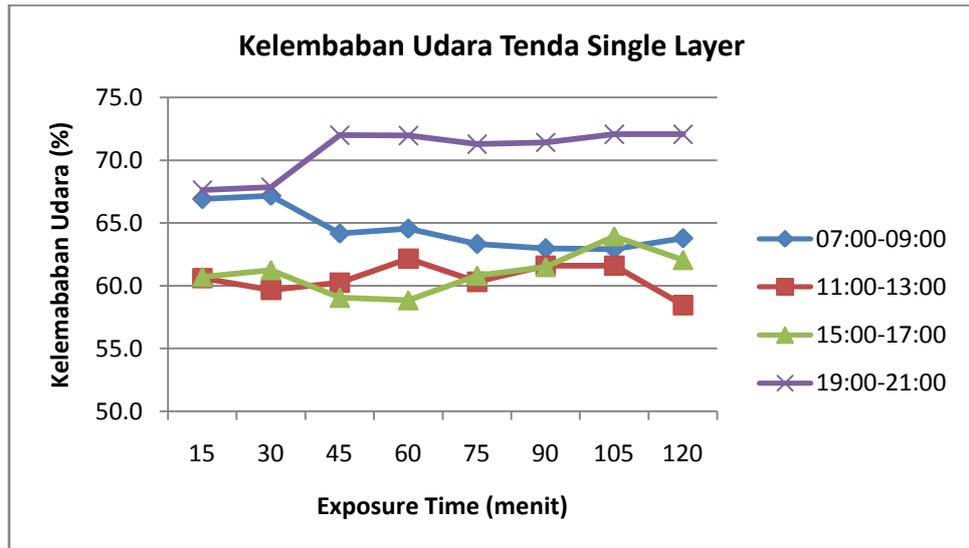
Hari Ke- Menit ke-	Kelembaban Udara (%)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
1	64,00	64,33	49,67	51,00	52,67	58,67	59,00	60,33
2	92,33	93,67	91,67	93,67	92,00	94,00	95,00	97,00
3	90,00	85,67	83,00	92,00	90,00	90,00	87,67	89,67
4	67,00	67,00	62,33	62,33	53,00	53,00	53,00	53,00
5	67,00	67,00	67,00	67,00	65,33	53,00	53,00	53,00
6	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00
7	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00
8	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00
9	67,00	67,00	62,33	62,33	53,00	53,00	53,00	53,00
10	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00
11	67,00	67,00	67,00	67,00	65,33	53,00	53,00	53,00
12	53,00	53,00	53,00	53,00	62,33	67,00	67,00	67,00
13	64,00	64,33	49,67	51,00	52,67	58,67	59,00	60,33
14	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	60,33
15	67,00	57,67	53,00	45,33	53,00	53,00	53,00	53,00
16	51,00	67,00	67,00	67,00	53,00	53,00	53,00	53,00
Rata-Rata	66,90	67,17	64,17	64,54	63,33	62,96	62,92	63,79

Tabel 12. Kelembaban Udara Tenda *Double layer* Pukul 07:00-09:00

Hari Ke- Menit ke-	Kelembaban Udara (%)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
1	71,00	55,67	48,67	42,33	55,67	58,33	59,67	60,00
2	83,00	86,33	79,33	70,67	70,67	73,33	73,67	73,33
3	72,33	77,33	80,33	82,33	82,00	83,00	86,00	86,67
4	85,33	82,00	75,00	67,00	66,67	65,67	66,33	60,00
5	73,00	76,67	73,33	67,67	59,00	58,33	57,67	60,00
6	80,33	88,67	83,33	85,67	82,33	83,00	82,19	81,48
7	84,33	89,67	90,33	89,67	83,33	81,57	79,30	77,20
8	78,00	79,33	81,00	83,33	81,00	81,67	82,33	77,00
9	85,33	82,00	75,00	67,00	66,67	65,67	66,33	60,00
10	74,00	77,00	72,00	72,33	71,33	71,67	65,00	60,67
11	82,67	84,67	83,67	77,00	76,67	74,00	70,33	65,33
12	51,33	56,67	59,00	63,33	65,33	68,67	73,33	77,67
13	71,00	55,67	48,67	42,33	55,67	58,33	59,67	60,00
14	74,00	71,67	76,00	67,67	66,67	65,00	60,33	61,33
15	79,33	73,67	73,00	70,33	64,67	61,67	65,67	62,67
16	77,67	83,00	78,00	79,00	70,33	67,33	66,67	57,67
Rata-Rata	76,42	76,25	73,54	70,48	69,88	69,83	69,66	67,56

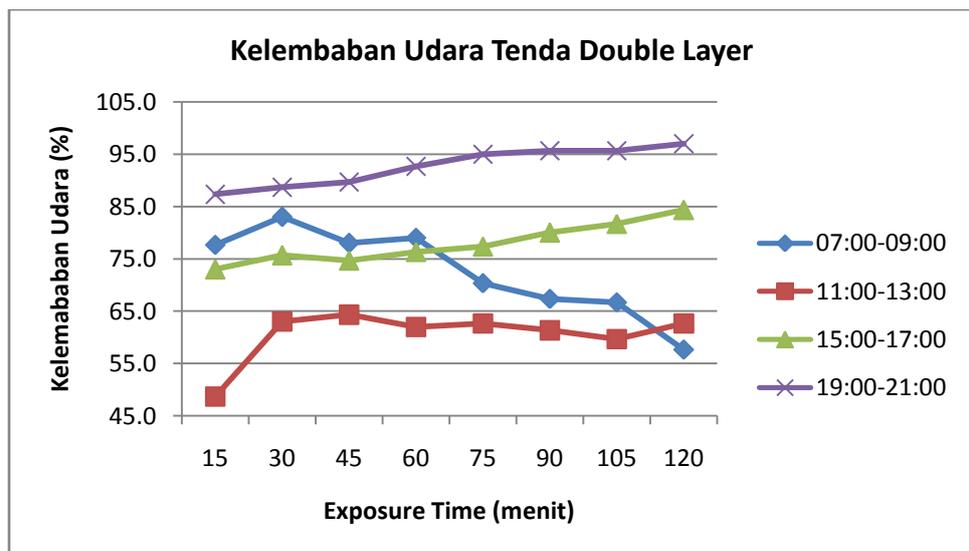
Tabel 13. Rata-Rata Kelembaban Udara Tenda *Single layer*

Waktu Penelitian	Exposure Time (menit)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
07:00-09:00	66,9	67,2	64,2	64,5	63,3	63,0	62,9	63,8
11:00-13:00	60,6	59,7	60,3	62,2	60,3	61,6	61,6	58,5
15:00-17:00	60,7	61,3	59,0	58,9	60,8	61,5	63,9	62,1
19:00-21:00	67,6	67,9	72,0	72,0	71,3	71,4	72,1	72,1



Gambar 16. Rata-Rata Kelembaban Udara Tenda *Single layer*

Grafik perbandingan nilai kelembaban udara untuk setiap periode waktu pengukuran pada tenda *double layer* ditampilkan pada Gambar 18.



Gambar 17. Rata-Rata Kelembaban Udara Tenda *Double layer*

Hasil pengukuran kelembaban udara untuk periode waktu pengukuran lainnya dapat dilihat selengkapnya pada lampiran D.

4.1.4 Kecepatan Angin

Kecepatan angin diukur pada titik dengan ketinggian sama dengan tinggi pintu tenda, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kecepatan angin yang dapat masuk ke dalam tenda. Tabel 7 menampilkan hasil pengukuran kecepatan angin untuk kedua tenda.

Tabel 14. Kecepatan Angin pada setiap periode Waktu Pengukuran

Hari ke-	Kecepatan Angin (m/s)			
	07:00-09:00	11:00-13:00	15:00-17:00	19:00-21:00
1	0,4	0	0,4	0,4
	0,4	0	0,4	0,4
	0,8	0,4	0	0,8
	0,4	1,7	0	0,4
	0,8	1,7	0,4	0,4
	0,8	0,4	0,4	0,4
	1,3	0,8	0	0
	0,8	1,7	0	0
2	0,4	0,4	0	0
	0	0	0	0
	0	0,4	1,3	0
	0	0	1,3	0,4
	0	0	0	0,4
	0	0	0	0
	0	0,4	0,4	0
	0	0	0,4	0
3	0	0,4	2,2	0
	0	0	2,2	0
	0	1,3	0,4	0
	0	0	0,4	0,4
	0	0,8	0,4	0
	0	0	0,8	0,4
	0	0,8	0	0
	0	0,4	0	0
4	0	0,4	0	0
	0	0,8	0	0
	0,4	0,4	0,4	0
	0,4	0	0,4	0
	0,4	0,4	0	0
	0	0,8	0	0
	0,4	0,8	0,9	0
	0,4	1,7	0	0
5	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0,4	0
	0	0	0	0
	0	0	0,4	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0

Tabel 14. Kecepatan Angin pada setiap periode Waktu Pengukuran (Lanjutan)

Hari ke-	Kecepatan Angin (m/s)			
	07:00-09:00	11:00-13:00	15:00-17:00	19:00-21:00
6	0,4	0	0	0
	0,4	0,8	0	0
	0,4	0,4	0	0
	0	0	0	0
	0	0,4	0,4	0
	0	0	0	0
	0	0	0,4	0
	0	0	0	0
7	0	0	0,9	0
	0	0	0	0
	0	0	1,3	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0,4
	0	0	0,4	0
	0	0	0,9	0
	0	0	0,4	0
8	0	0,4	0	0
	0	0	0,9	0
	0	0	0,4	0
	0	0	0	0
	0	0,4	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0,4	0
	0	0	0	0
9	0,1	0	0	0
	0,9	0	0,9	0
	0	0,4	0	0
	0,9	0	0,9	0
	0	0	0	0
	0,5	0	0	0
	0	0,4	0,9	0
	0	0	0,4	0
10	0	0,4	0	0
	0,4	0,9	1,8	0,4
	0	0,4	0,4	0
	0	0,9	0	0
	0,4	0	0,4	0
	0	0,9	0	0,8
	0,9	0,4	0	0
	0	0,4	0	0
11	0	0	1,3	0
	0	0	0,9	0
	0	0,4	0,9	0,4
	0	0,8	1,3	0
	0	0,4	0,4	0
	0	0	0	0,4
	0	0	0	0
	0	0,9	0	0

Tabel 14. Kecepatan Angin pada setiap periode Waktu Pengukuran (Lanjutan)

Hari ke-	Kecepatan Angin (m/s)			
	07:00-09:00	11:00-13:00	15:00-17:00	19:00-21:00
12	0	0,4	0	0
	0,4	0	0,4	0
	0,4	0,9	0	0
	0,4	0	0	0
	0	0	0,4	0
	0	1,3	1,3	0
	0	0,9	0	0
	0	0,9	0	0
13	0,4	0,9	0	0
	0,4	0,9	0,4	0
	0	0,4	0	0
	0	0,4	0,4	0
	0	0,4	0	0
	0	1,8	0	0
	0,4	0,4	0	0
	0,4	0,4	0	0
14	0	0	0,4	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0,4	0	0
	0	0,4	0	0
	0	0,4	0	0
	0	0,9	0	0
15	0	0,4	0	0
	0,4	0	0,4	0
	0,4	0,9	0	0
	0,4	0	0	0
	0	0	0,4	0
	0	1,3	1,3	0
	0	0,9	0	0
	0	0,9	0	0
16	0,4	0,9	0	0
	0,4	0,9	0,4	0
	0	0,4	0	0
	0	0,4	0,4	0
	0	0,4	0	0
	0	1,8	0	0
	0,4	0,4	0	0
	0,4	0,4	0	0

4.1.5 *Predicted Mean Vote (PMV) dan Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)*

Nilai PMV merupakan skala yang menunjukkan nilai kenyamanan termal yang dirasakan seseorang pada sebuah kondisi termal. Nilai PMV dihitung dengan menggunakan persamaan (2) dan (3). Data-data yang telah didapatkan dari hasil pengukuran yaitu temperatur tenda, *Glove temperature*, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Sementara untuk nilai resistansi pakaian dan tingkat aktivitas responden ditentukan berdasarkan kondisi responden pada saat penelitian.

Jenis pakaian yang digunakan pada penelitian pagi hingga sore hari adalah:

Pria : Pakaian dalam + Baju lengan pendek + Celana panjang

Wanita : Pakaian dalam + Baju lengan panjang + Celana panjang

Sehingga dapat dihitung nilai resistansi pakainnya adalah:

Pria = $0,07 + 0,19 + 0,24 = 0,50$ clo

Wanita = $0,04 + 0,25 + 0,24 = 0,53$ clo

Sedangkan pada malam hari, responden menambahkan jaket untuk melindungi tubuh, maka nilai resistansi pakaian untuk malam hari adalah:

Pria = $0,50 + 0,25 = 0,75$ clo

Wanita = $0,53 + 0,25 = 0,78$ clo

Nilai tingkat aktivitas yang digunakan pada perhitungan = 1, hal ini dikarenakan selama berada di dalam tenda, responden hanya melakukan kegiatan ringan seperti duduk, membaca, ataupun menonton. Kegiatan tersebut berdasarkan Tabel 2, nilai tingkat aktivitasnya adalah 1.

Untuk mempermudah perhitungan dan mengurangi resiko *human error*, maka perhitungan PMV dilakukan dengan menggunakan kalkulator PMV yang dikembangkan oleh Luma Sense Technologies yang telah memenuhi standar ISO 7730, dan telah diakui secara resmi oleh ASHRAE.

Hasil perhitungan PMV untuk periode waktu pukul 07:00-09:00 WIB berdasarkan persamaan (2) dan (3) ditampilkan pada Tabel 15 untuk tenda *single layer*, dan Tabel 16 untuk tenda *double layer*.

Tabel 15. Nilai PMV Tenda *Single layer* pada Pukul 07:00-09:00

No	Temperatur tenda (°C)	Radiant Temperature (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban udara (%)	Resistansi Pakaian (clo)	Tingkat Aktivitas (met)	PMV	PPD (%)	PMV Rata-Rata	PPD Rata-Rata
1	26,0	38,3	0,4	64,0	0,5	1	1,39	45,24	2,85	84,86
	29,4	35,7	0,4	64,3	0,5	1	2,03	78,43		
	30,1	34,5	0,8	49,7	0,5	1	1,62	57,81		
	33,0	34,2	0,4	51,0	0,5	1	2,77	97,60		
	36,3	35,2	0,8	52,7	0,5	1	4,12	100,00		
	33,8	35,4	0,8	58,7	0,5	1	3,26	99,79		
	35,4	34,6	1,3	59,0	0,5	1	3,86	100,00		
35,4	34,0	0,8	60,3	0,5	1	3,74	99,99			
2	26,0	25,6	0,4	92,3	0,5	1	-0,37	7,85	1,26	48,29
	25,2	25,6	0	93,7	0,5	1	0,16	5,52		
	28,5	26,5	0	91,7	0,5	1	1,07	29,11		
	28,4	27,9	0	93,7	0,5	1	1,32	41,61		
	29,5	29,7	0	92,0	0,5	1	1,87	70,73		
	30,6	30,1	0	94,0	0,5	1	2,19	84,84		
	30,2	29,8	0	95,0	0,5	1	2,07	80,09		
29,1	29,5	0	97,0	0,5	1	1,79	66,55			
3	25,4	25,1	0	90,0	0,5	1	0,09	5,17	1,19	38,06
	25,8	26,2	0	85,7	0,5	1	0,32	7,17		
	27,1	27,2	0	83,0	0,5	1	0,79	18,09		
	27,3	26,9	0	92,0	0,5	1	0,87	21,17		
	27,7	27,4	0	90,0	0,5	1	1,03	27,40		
	29,3	29,2	0	90,0	0,5	1	1,71	62,70		
	29,2	29,7	0	87,7	0,5	1	1,74	63,94		
31,6	33,1	0	89,7	0,5	1	2,95	98,88			
4	24,0	24,8	0	67,0	0,5	1	-0,47	9,57	2,53	66,85
	25,7	29,7	0	67,0	0,5	1	0,76	17,35		
	27,4	29,8	0,4	62,3	0,5	1	0,45	9,16		
	33,0	43,1	0,4	62,3	0,5	1	4,42	100,00		
	32,4	37,6	0,4	53,0	0,5	1	3,17	99,64		
	33,0	34,5	0	53,0	0,5	1	3,02	99,23		
	33,8	35,8	0,4	53,0	0,5	1	3,31	99,85		
38,8	39,6	0,4	53,0	0,5	1	5,54	100,00			
5	25,4	35,0	0	67,0	0,5	1	1,65	59,43	2,77	90,00
	27,1	34,0	0	67,0	0,5	1	1,85	69,93		
	28,8	35,9	0	67,0	0,5	1	2,61	95,58		
	30,1	37,3	0	67,0	0,5	1	3,18	99,66		
	33,6	38,1	0	65,3	0,5	1	4,04	100,00		
	33,8	34,6	0	53,0	0,5	1	3,18	99,66		
	33,0	33,3	0	53,0	0,5	1	2,78	97,61		
34,4	32,5	0	53,0	0,5	1	2,84	98,14			

Tabel 15. Nilai PMV Tenda *Single layer* pada Pukul 07:00-09:00
(Lanjutan)

No	Temperatur tenda (°C)	Radiant Temperature (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban udara (%)	Resistensi Pakaian (clo)	Tingkat Aktivitas (met)	PMV	PPD (%)	PMV Rata-Rata	PPD Rata-Rata
6	24,9	24,7	0,4	67,0	0,5	1	-1,07	29,17	-0,37	19,49
	25,2	25,5	0,4	67,0	0,5	1	-0,85	20,50		
	26,4	26,4	0,4	67,0	0,5	1	-0,34	7,46		
	28,4	27,8	0	67,0	0,5	1	1,01	26,52		
	27,0	27,0	0	67,0	0,5	1	0,56	11,64		
	24,5	25,5	0	67,0	0,5	1	-0,26	6,39		
	22,5	25,5	0	67,0	0,5	1	-0,69	15,19		
20,4	25,0	0	67,0	0,5	1	-1,27	39,06	-0,45	16,11	
7	29,1	22,5	0	67,0	0,5	1	0,22			6,02
	29,1	21,5	0	67,0	0,5	1	0,05			5,05
	22,7	21,3	0	67,0	0,5	1	-1,36			43,32
	23,4	21,6	0	67,0	0,5	1	-1,14			32,39
	23,5	23,0	0	67,0	0,5	1	-0,89			22,02
	23,6	25,7	0	67,0	0,5	1	-0,41			8,56
	23,7	26,7	0	67,0	0,5	1	-0,22	6,01		
23,8	28,8	0	67,0	0,5	1	0,16	5,51	-0,13	19,90	
8	23,4	21,0	0	67,0	0,5	1	-1,24			37,53
	23,7	22,0	0	67,0	0,5	1	-1,03			27,47
	23,0	22,3	0	67,0	0,5	1	-1,11			31,15
	25,8	23,7	0	67,0	0,5	1	-0,26			6,39
	28,2	25,9	0	67,0	0,5	1	0,65			13,88
	27,5	26,0	0	67,0	0,5	1	0,51			10,58
	28,2	26,7	0	67,0	0,5	1	0,77	17,64		
27,5	26,9	0	67,0	0,5	1	0,67	14,53	0,80	45,22	
9	23,2	23,9	0,1	67,0	0,5	1	-0,81			18,87
	25,3	24,3	0,9	67,0	0,5	1	-1,50			50,95
	28,7	23,9	0	62,3	0,5	1	0,32			7,19
	31,8	24,3	0,9	62,3	0,5	1	1,05			28,36
	30,5	26,5	0	53,0	0,5	1	1,05			28,33
	30,1	32,3	0,5	53,0	0,5	1	1,51			51,90
	28,6	37,4	0	53,0	0,5	1	2,71	96,89		
27,5	35,3	0	53,0	0,5	1	2,05	79,26	1,74	62,23	
10	25,6	23,2	0	67,0	0,5	1	-0,40			8,44
	27,9	25,0	0,4	67,0	0,5	1	-0,07			5,10
	29,9	27,1	0	67,0	0,5	1	1,21			35,78
	31,2	35,9	0	67,0	0,5	1	3,14			99,58
	32,0	36,1	0,4	67,0	0,5	1	2,95			98,92
	32,2	34,9	0	67,0	0,5	1	3,15			99,59
	31,2	32,0	0,9	67,0	0,5	1	1,85	69,67		
32,1	29,6	0	67,0	0,5	1	2,09	80,78	0,42	34,43	
11	23,3	22,5	0	67,0	0,5	1	-1,03			27,51
	25,1	21,5	0	67,0	0,5	1	-0,79			18,30
	25,3	21,3	0	67,0	0,5	1	-0,77			17,66
	28,9	21,6	0	67,0	0,5	1	0,01			5,00
	31,5	23,0	0	65,3	0,5	1	0,69			15,01
	33,4	25,7	0	53,0	0,5	1	1,36			43,53
	34,7	26,7	0	53,0	0,5	1	1,78	66,28		
34,5	28,8	0	53,0	0,5	1	2,12	82,12	-0,63	18,27	
12	24,9	25,0	0	53,0	0,5	1	-0,37			7,87
	23,7	25,8	0,4	53,0	0,5	1	-1,38			44,51
	23,4	26,7	0,4	53,0	0,5	1	-1,34			42,74
	23,9	28,1	0,4	53,0	0,5	1	-0,98			25,55
	23,7	27,3	0	62,3	0,5	1	-0,16			5,51
	23,9	25,8	0	67,0	0,5	1	-0,33			7,31
	24,5	25,8	0	67,0	0,5	1	-0,19	5,78		
24,4	25,3	0	67,0	0,5	1	-0,30	6,89			

Tabel 15. Nilai PMV Tenda *Single layer* pada Pukul 07:00-09:00 (Lanjutan)

No	Temperatur tenda (°C)	Radiant Temperature (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban udara (%)	Resistensi Pakaian (clo)	Tingkat Aktivitas (met)	PMV	PPD (%)	PMV Rata-Rata	PPD Rata-Rata
13	24,9	24,5	0,4	64,0	0,5	1	-1,13	32,26	-0,78	21,94
	23,7	23,5	0,4	64,3	0,5	1	-1,63	58,18		
	23,4	23,3	0	49,7	0,5	1	-1,00	26,13		
	23,9	23,6	0	51,0	0,5	1	-0,83	19,68		
	23,7	25,0	0	52,7	0,5	1	-0,62	13,08		
	23,9	27,7	0	58,7	0,5	1	-0,06	5,08		
	24,5	28,7	0,4	59,0	0,5	1	-0,64	13,73		
24,4	30,8	0,4	60,3	0,5	1	-0,34	7,39			
14	22,6	20,9	0	53,0	0,5	1	-1,54	53,31	1,80	67,94
	25,8	21,7	0	53,0	0,5	1	-0,71	15,82		
	27,5	27,6	0	53,0	0,5	1	0,64	13,75		
	29,7	31,1	0	53,0	0,5	1	1,74	64,24		
	32,3	33,4	0	53,0	0,5	1	2,70	96,78		
	33,0	35,1	0	53,0	0,5	1	3,16	99,63		
	35,5	37,0	0	53,0	0,5	1	3,93	100,00		
35,7	39,0	0	60,3	0,5	1	4,51	100,00			
15	24,0	22,0	0	67,0	0,5	1	-0,93	23,44	1,60	56,72
	26,1	24,8	0,4	57,7	0,5	1	-0,74	16,69		
	28,8	27,1	0,4	53,0	0,5	1	0,37	7,90		
	28,6	29,7	0,4	45,3	0,5	1	0,65	13,99		
	31,0	33,4	0	53,0	0,5	1	2,43	91,93		
	32,5	36,2	0	53,0	0,5	1	3,28	99,81		
	33,3	37,3	0	53,0	0,5	1	3,65	99,99		
33,7	39,3	0	53,0	0,5	1	4,13	100,00			
16	24,4	21,6	0,4	51,0	0,5	1	-1,79	66,90	0,45	54,37
	23,1	22,5	0,4	67,0	0,5	1	-1,92	73,37		
	24,6	23,8	0	67,0	0,5	1	-0,51	10,53		
	25,5	25,2	0	67,0	0,5	1	-0,06	5,08		
	27,8	28,0	0	53,0	0,5	1	0,78	17,86		
	31,2	32,7	0	53,0	0,5	1	2,34	89,59		
	31,0	32,6	0,4	53,0	0,5	1	1,92	73,10		
33,3	34,2	0,4	53,0	0,5	1	2,89	98,55			
Rata-Rata									0,94	46,54
Standar Deviasi									1,22	23,99

Data Perhitungan PMV dan PPD untuk tenda *double layer* pukul 07:00-09:00 dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Nilai PMV Tenda *Double layer* pada Pukul 07:00-09:00

No	Temperatur tenda (°C)	Radiant Temperature (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban udara (%)	Resistensi Pakaian (clo)	Tingkat Aktivitas (met)	PMV	PPD (%)	PMV Rata-Rata	PPD Rata-Rata
1	24,9	35,9	0,4	71,0	0,5	1	0,70	15,50	1,79	62,83
	28,2	33,9	0,4	55,7	0,5	1	1,28	39,32		
	30,1	32,4	0,8	48,7	0,5	1	1,31	40,91		
	31,8	32,0	0,4	42,3	0,5	1	1,93	73,48		
	33,8	32,6	0,8	55,7	0,5	1	2,84	98,18		
	32,9	32,8	0,8	58,3	0,5	1	2,53	94,19		
	31,7	32,1	1,3	59,7	0,5	1	1,90	72,35		
31,2	32,0	0,8	60,0	0,5	1	1,83	68,68			
2	25,0	25,4	0,4	83,0	0,5	1	-0,79	18,21	0,49	20,97
	24,4	24,6	0	86,3	0,5	1	-0,27	6,51		
	25,4	25,3	0	79,3	0,5	1	0,03	5,02		
	26,5	26,2	0	70,7	0,5	1	0,36	7,66		
	28,2	27,9	0	70,7	0,5	1	1,03	27,58		
	28,9	28,1	0	73,3	0,5	1	1,25	37,67		
	28,6	27,7	0	73,7	0,5	1	1,13	31,93		
28,5	28,0	0	73,3	0,5	1	1,15	33,23			

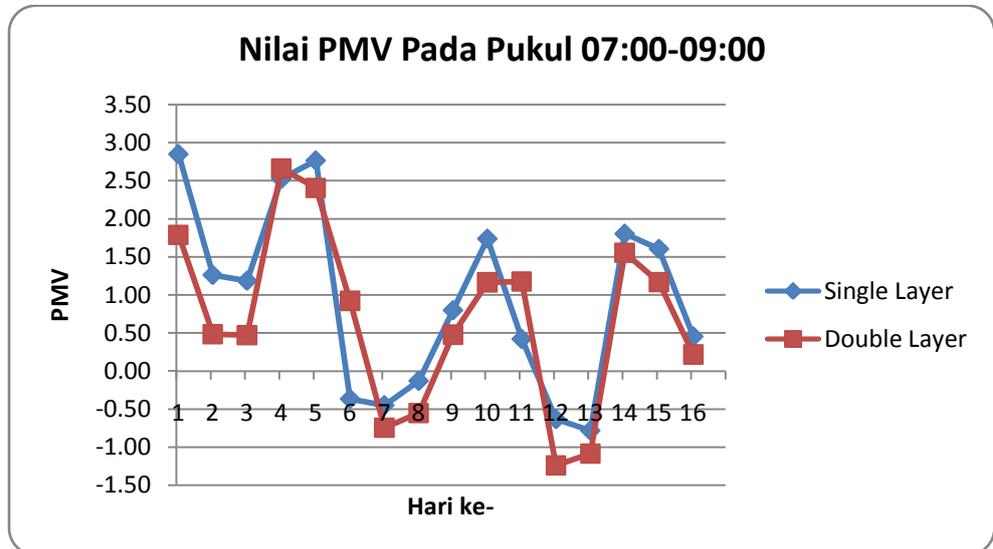
Tabel 16. Nilai PMV Tenda *Double layer* pada Pukul 07:00-09:00
(Lanjutan)

No	Temperatur tenda(C)	Radiant Temperature (C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban udara (%)	Resistansi Pakaian (clo)	Tingkat Aktivitas (met)	PMV	PPD (%)	PMV Rata-Rata	PPD Rata-Rata
3	23,5	24,0	0	72,3	0,5	1	-0,69	15,02	0,47	22,97
	24,1	24,7	0	77,3	0,5	1	-0,40	8,28		
	25,3	25,7	0	80,3	0,5	1	0,10	5,21		
	25,4	25,8	0	82,3	0,5	1	0,15	5,45		
	25,9	26,1	0	82,0	0,5	1	0,30	6,84		
	27,5	27,8	0	83,0	0,5	1	0,96	24,76		
	27,9	28,2	0	86,0	0,5	1	1,17	34,07		
30,8	30,2	0	86,7	0,5	1	2,17	84,13			
4	22,8	22,7	0	85,3	0,5	1	-0,97	24,96	2,66	65,81
	24,3	23,6	0	82,0	0,5	1	-0,49	10,08		
	26,4	39,0	0,4	75,0	0,5	1	1,77	65,40		
	30,9	29,5	0,4	67,0	0,5	1	1,55	53,75		
	35,8	75,8	0,4	66,7	0,5	1	12,01	100,00		
	31,3	30,2	0	65,7	0,5	1	2,05	78,98		
	32,3	33,9	0,4	66,3	0,5	1	2,69	96,62		
34,4	30,1	0,4	60,0	0,5	1	2,69	96,70			
5	23,8	34,0	0	73,0	0,5	1	1,13	32,29	2,41	79,66
	25,1	33,0	0	76,7	0,5	1	1,29	39,95		
	26,4	34,9	0	73,3	0,5	1	1,93	73,55		
	30,0	36,3	0	67,7	0,5	1	2,96	98,94		
	32,6	37,1	0	59,0	0,5	1	3,55	99,97		
	33,3	33,6	0	58,3	0,5	1	2,96	98,97		
	33,0	32,3	0	57,7	0,5	1	2,65	96,12		
34,6	31,5	0	60,0	0,5	1	2,76	97,48			
6	24,0	24,1	0,4	80,3	0,5	1	-1,32	41,54	0,92	56,49
	24,4	24,3	0,4	88,7	0,5	1	-1,10	30,51		
	27,4	25,5	0,4	83,3	0,5	1	-0,01	5,00		
	34,0	27,0	0	85,7	0,5	1	2,15	83,12		
	34,0	26,1	0	82,3	0,5	1	1,95	74,58		
	34,0	25,8	0	83,0	0,5	1	1,89	71,84		
	34,0	26,0	0	82,2	0,5	1	1,92	73,24		
34,0	25,9	0	81,5	0,5	1	1,90	72,09			
7	23,0	22,7	0	84,3	0,5	1	-0,94	23,68	-0,75	21,47
	22,0	21,9	0	89,7	0,5	1	-1,26	38,32		
	21,8	21,6	0	90,3	0,5	1	-1,35	42,94		
	22,9	22,4	0	89,7	0,5	1	-0,96	24,56		
	23,1	22,9	0	83,3	0,5	1	-0,87	20,92		
	23,8	24,3	0	81,6	0,5	1	-0,48	9,87		
	24,4	25,1	0	79,3	0,5	1	-0,23	6,15		
25,0	26,5	0	77,2	0,5	1	0,12	5,28			
8	21,2	21,4	0	78,0	0,5	1	-1,61	57,22	-0,55	21,03
	21,9	22,1	0	79,3	0,5	1	-1,31	40,89		
	22,1	22,3	0	81,0	0,5	1	-1,22	36,56		
	23,7	23,9	0	83,3	0,5	1	-0,57	11,87		
	25,5	26,4	0	81,0	0,5	1	0,25	6,28		
	24,9	25,4	0	81,7	0,5	1	-0,05	5,05		
	25,4	25,7	0	82,3	0,5	1	0,13	5,35		
24,8	25,9	0	77,0	0,5	1	-0,02	5,01			
9	22,8	23,4	0,1	85,3	0,5	1	-0,85	20,35	0,48	42,39
	24,3	23,4	0,9	82,0	0,5	1	-1,88	71,14		
	26,6	23,6	0	75,0	0,5	1	-0,03	5,01		
	29,2	23,7	0,9	67,0	0,5	1	-0,03	5,02		
	30,3	29,8	0	66,7	0,5	1	1,78	65,95		
	30,1	32,1	0,5	65,7	0,5	1	1,61	56,97		
	28,8	31,7	0	66,3	0,5	1	1,80	67,38		
27,7	31,3	0	60,0	0,5	1	1,43	47,26			

Tabel 16. Nilai PMV Tenda *Double layer* pada Pukul 07:00-09:00
(Lanjutan)

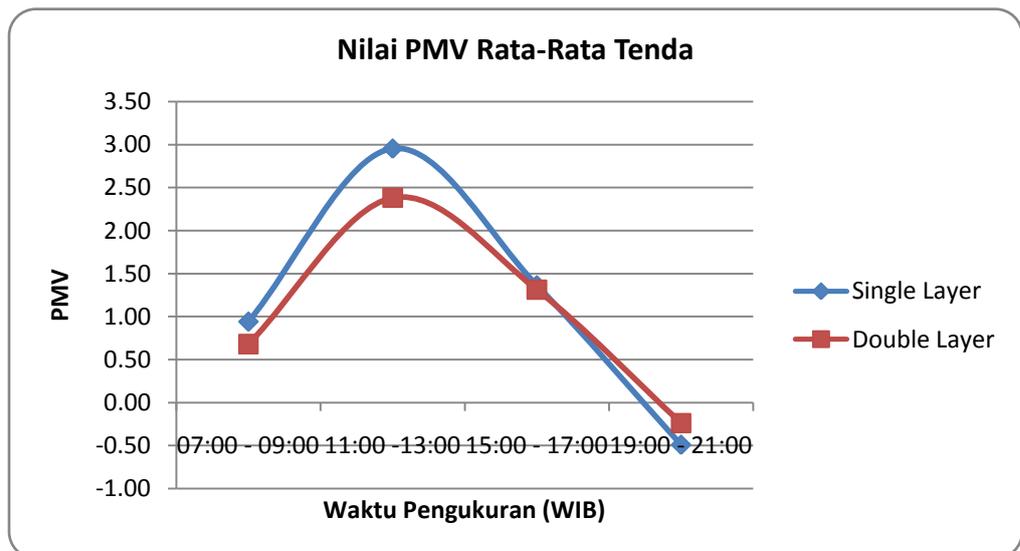
No	Temperatur tenda(C)	Radiant Temperature (C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban udara (%)	Resistansi Pakaian (clo)	Tingkat Aktivitas (met)	PMV	PPD (%)	PMV Rata-Rata	PPD Rata-Rata
10	24,5	22,9	0	74,0	0,5	1	-0,63	13,34	1,17	51,83
	26,2	24,4	0,4	77,0	0,5	1	-0,60	12,73		
	28,0	32,2	0	72,0	0,5	1	1,79	66,52		
	28,7	32,1	0	72,3	0,5	1	1,91	72,63		
	29,5	31,1	0,4	71,3	0,5	1	1,41	46,42		
	30,2	31,1	0	71,7	0,5	1	2,05	79,19		
	31,7	30,1	0,9	65,0	0,5	1	1,77	65,39		
	30,3	29,4	0	60,7	0,5	1	1,64	58,45		
11	22,6	22,7	0	82,7	0,5	1	-1,03	27,71	1,18	50,52
	24,1	23,9	0	84,7	0,5	1	-0,47	9,64		
	24,5	28,1	0	83,7	0,5	1	0,34	7,40		
	27,0	28,8	0	77,0	0,5	1	0,99	25,68		
	29,1	30,1	0	76,7	0,5	1	1,69	61,46		
	30,2	30,8	0	74,0	0,5	1	2,02	77,93		
	32,6	35,2	0	70,3	0,5	1	3,34	99,87		
	31,5	32,7	0	65,3	0,5	1	2,55	94,51		
12	23,6	24,0	0	51,3	0,5	1	-0,82	19,43	-1,24	39,18
	23,3	23,3	0,4	56,7	0,5	1	-1,84	69,16		
	23,2	23,1	0,4	59,0	0,5	1	-1,89	71,73		
	23,5	23,6	0,4	63,3	0,5	1	-1,69	61,61		
	23,3	23,4	0	65,3	0,5	1	-0,87	21,26		
	23,0	23,0	0	68,7	0,5	1	-0,99	25,94		
	23,2	23,2	0	73,3	0,5	1	-0,88	21,44		
	22,9	23,1	0	77,7	0,5	1	-0,92	22,88		
13	23,6	24,7	0,4	71,0	0,5	1	-1,44	47,63	-1,08	32,19
	23,3	23,9	0,4	55,7	0,5	1	-1,76	65,03		
	23,2	23,6	0	48,7	0,5	1	-1,00	26,38		
	23,5	24,4	0	42,3	0,5	1	-0,84	20,11		
	23,3	24,9	0	55,7	0,5	1	-0,70	15,28		
	23,0	26,3	0	58,3	0,5	1	-0,50	10,33		
	23,2	27,1	0,4	59,7	0,5	1	-1,28	39,67		
	22,9	28,5	0,4	60,0	0,5	1	-1,15	33,07		
14	23,4	23,4	0	74,0	0,5	1	-0,80	18,53	1,55	61,66
	24,7	28,2	0	71,7	0,5	1	0,31	7,05		
	27,3	28,9	0	76,0	0,5	1	1,07	29,41		
	29,9	30,1	0	67,7	0,5	1	1,77	65,91		
	31,0	31,4	0	66,7	0,5	1	2,23	85,94		
	31,8	32,6	0	65,0	0,5	1	2,59	95,27		
	32,7	31,9	0	60,3	0,5	1	2,56	94,59		
	33,1	32,2	0	61,3	0,5	1	2,69	96,61		
15	22,9	23,8	0	79,3	0,5	1	-0,79	18,32	1,17	51,48
	25,3	27,8	0,4	73,7	0,5	1	-0,41	8,49		
	26,8	27,9	0,4	73,0	0,5	1	0,08	5,14		
	28,4	29,2	0,4	70,3	0,5	1	0,76	17,23		
	30,6	31,3	0	64,7	0,5	1	2,10	81,10		
	31,9	33,1	0	61,7	0,5	1	2,67	96,38		
	31,5	31,7	0	65,7	0,5	1	2,35	89,76		
	32,4	32,2	0	62,7	0,5	1	2,60	95,41		
16	23,2	23,7	0,4	77,7	0,5	1	-1,63	58,44	0,22	40,88
	23,0	24,2	0,4	83,0	0,5	1	-1,60	56,75		
	24,0	24,3	0	78,0	0,5	1	-0,47	9,67		
	24,8	25,2	0	79,0	0,5	1	-0,12	5,29		
	26,5	26,5	0	70,3	0,5	1	0,41	8,46		
	30,2	30,9	0	67,3	0,5	1	1,98	76,07		
	30,0	30,3	0,4	66,7	0,5	1	1,40	45,59		
	31,2	31,0	0,4	57,7	0,5	1	1,79	66,78		
Rata-Rata									0,68	45,09
Standar Deviasi									1,16	18,06

Grafik nilai PMV tenda *single layer* dan *double layer* pada pukul 07:00-09:00 dapat dilihat pada Gambar 19. Nilai PMV yang ditampilkan adalah nilai PMV untuk masing-masing tenda selama 16 hari pengamatan.

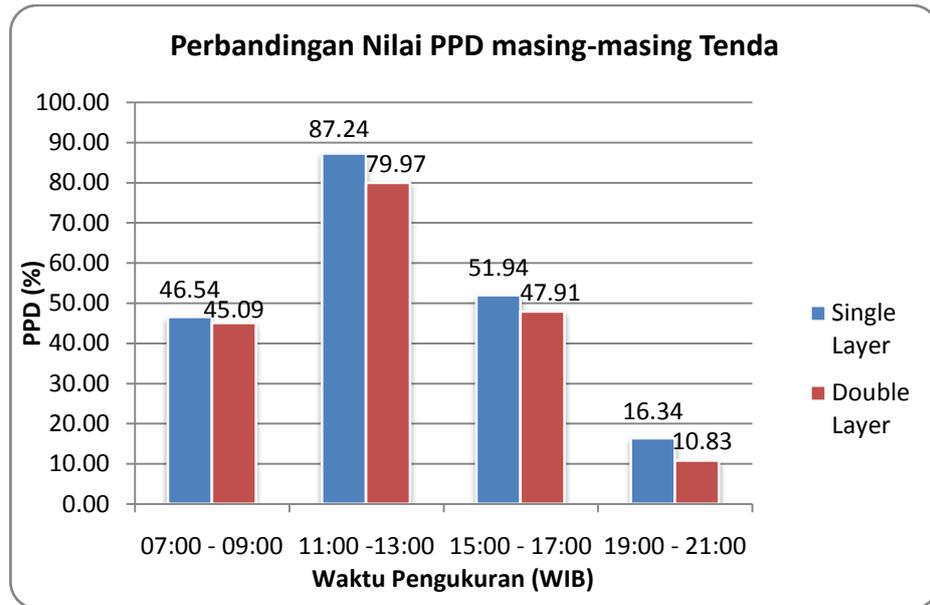


Gambar 18. Grafik Nilai PMV pada pukul 07:00-09:00

Berdasarkan nilai PMV yang telah didapat untuk masing-masing tenda pada setiap periode waktu, maka dapat ditampilkan perbandingan nilai PMV dan PPD rata-rata untuk setiap tenda pada Gambar 19 dan 20.



Gambar 19. Grafik Nilai PMV Rata-Rata Tenda



Gambar 20. Grafik Nilai PPD Rata-Rata Tenda

Perhitungan nilai PMV dan PPD masing-masing tenda untuk periode waktu pengukuran lainnya dapat dilihat pada lampiran E.

4.2 Respon Fisiologis Responden

Respon fisiologis responden yang dipertimbangkan kali ini adalah temperatur kulit, denyut nadi, *evaporative loss weight*, dan penilaian responden secara subjektif melalui kuesioner.

4.2.1 Temperatur Permukaan Kulit

Data temperatur kulit dikumpulkan dengan melakukan pengukuran pada 4 titik, yaitu dada, lengan atas, paha dan betis. Temperatur rata-rata permukaan kulit (*mean skin temperatur*) di hitung dengan menggunakan metode Ramanathan sesuai dengan persamaan (7). Berikut perhitungan untuk responden hari pertama tenda *single layer* pada pukul 07:00-09:00.

Diketahui temperatur titik-titik pengamatan:

Dada (D)	= 32,3 °C
Lengan Atas (LA)	= 32,2 °C
Paha (P)	= 30,2 °C
Betis (B)	= 30,3 °C

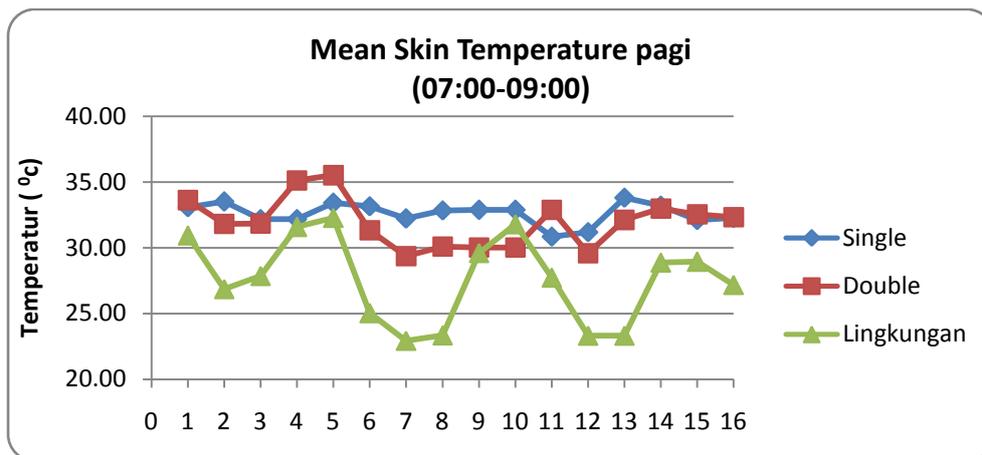
Maka, dapat dihitung nilai T_{sk} :

$$\begin{aligned} T_{sk} &= 0,3 (D+LA) + 0,2 (P+B) \\ &= 0,3 (32,3 + 32,2) + 0,2 (30,2 + 30,3) = 31,45 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk setiap data dengan interval pengamatan 5 menit. Hasil perhitungan tersebut dicari nilai T_{sk} rata-rata untuk setiap harinya. Perhitungan yang lebih detail dapat dilihat pada lampiran F. Nilai Temperatur rata-rata kulit pada pukul 07:00-09:00 dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Nilai Temperatur rata-rata kulit pada pukul 07:00-09:00

Waktu	Hari ke-	Mean Skin Temperatue (C)		
		Lingkungan	Single	Double
07:00-09:00	1	30,94	33,08	33,62
	2	26,86	33,51	31,82
	3	27,85	32,17	31,85
	4	31,59	32,17	35,11
	5	32,28	33,40	35,52
	6	25,03	33,15	31,33
	7	22,93	32,22	29,37
	8	23,35	32,84	30,10
	9	29,61	32,87	30,02
	10	31,80	32,87	30,02
	11	27,73	30,85	32,88
	12	23,32	31,19	29,58
	13	23,32	33,81	32,12
	14	28,88	33,20	32,97
	15	28,94	32,11	32,54
	16	27,18	32,26	32,32



Gambar 21. Grafik Nilai Temperatur rata-rata kulit pada pukul 07:00-09:00

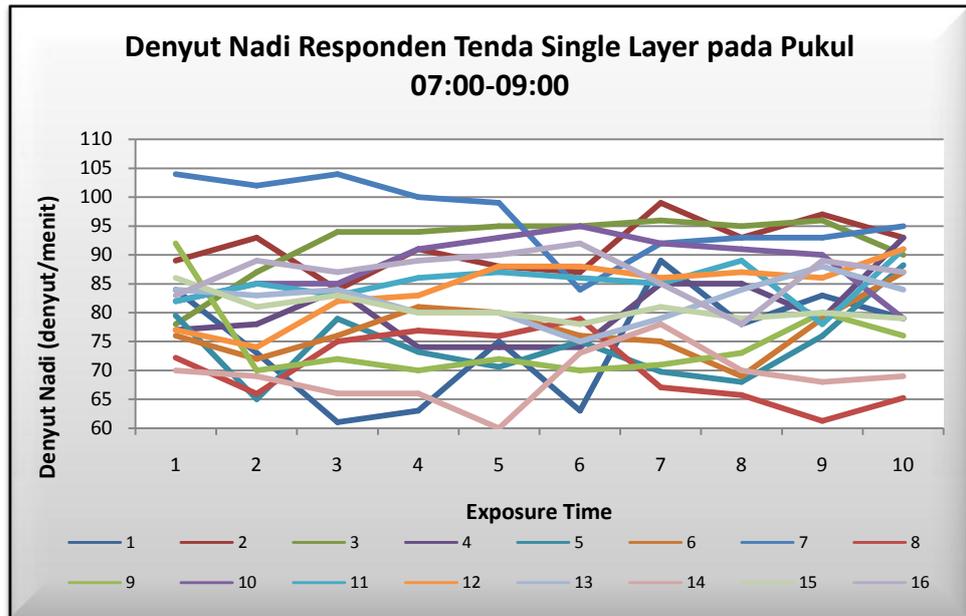
Hasil pengukuran pada ke-empat titik tersebut dapat dilihat pada lampiran F.

4.2.2 Denyut Nadi

Denyut nadi responden di ukur dengan interval 15 menit. Tabel 18 menampilkan denyut nadi responden pada pukul 07:00-09:00 untu tenda *single layer* .

Tabel 18. Denyut nadi Responden tenda *Single layer* pada pukul 07:00-09:00

Hari ke-	Denyut Nadi (denyut/menit)									
	Sebelum	Selama Penelitian (menit ke-)								Sesudah
		15	30	45	60	75	90	105	120	
1	89	93	84	91	88	87	99	93	97	93
2	78	87	94	94	95	95	96	95	96	90
3	77	78	84	74	74	74	85	85	79	93
4	79	65	79	73	71	75	70	68	76	88
5	76	72	76	81	80	76	75	69	79	87
6	104	102	104	100	99	84	92	93	93	95
7	72	66	75	77	76	79	67	66	61	65
8	92	70	72	70	72	70	71	73	80	76
9	82	85	85	91	93	95	92	91	90	79
10	82	85	83	86	87	86	85	89	78	91
11	84	73	61	63	75	63	89	78	83	79
12	77	74	82	83	88	88	86	87	86	91
13	84	83	84	80	80	75	79	84	88	84
14	70	69	66	66	60	73	78	70	68	69
15	86	81	83	80	80	78	81	79	80	79
16	83	89	87	89	90	92	85	78	89	87
Rata-Rata	82	79	81	81	82	81	83	81	83	84

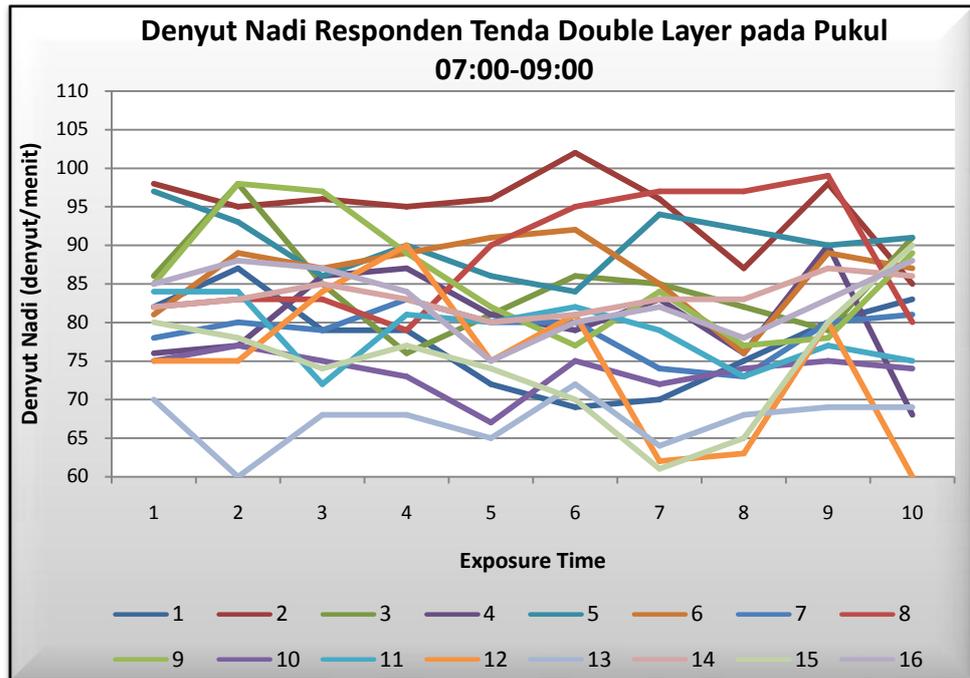


Gambar 22. Grafik Denyut Nadi Responden Tenda *Single layer* Pada Pukul 07:00-09:00

Denyut nadi responden pada tenda *double layer* selama pengamatan, dapat dilihat pada Tabel 19, dan grafik nilai denyut nadi responden dapat dilihat pada Gambar 23.

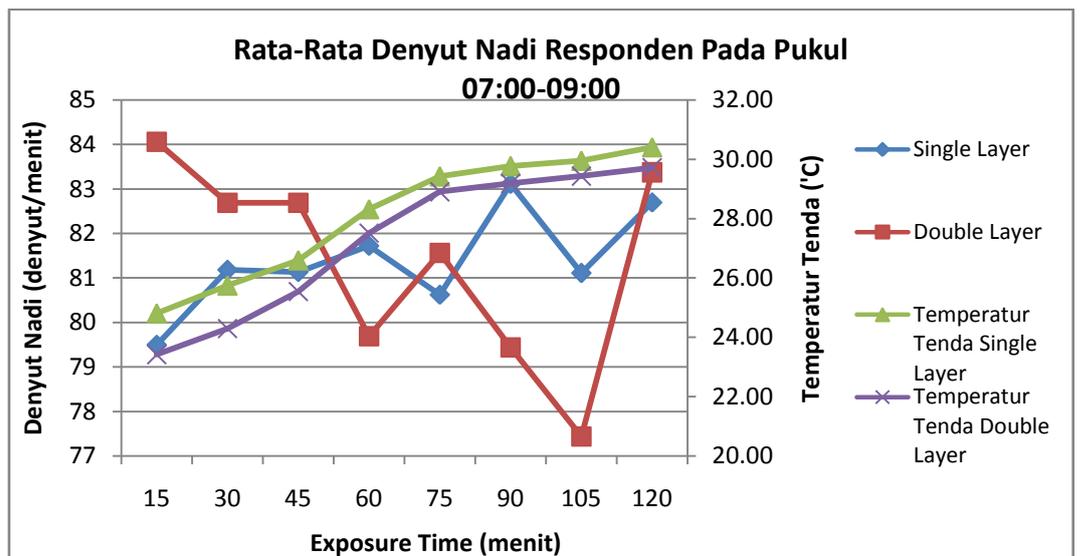
Tabel 19. Denyut nadi Responden tenda *Double layer* pada pukul 07:00-09:00

Hari ke-	Denyut Nadi (denyut/menit)									
	Sebelum	Selama Penelitian (menit ke-)								Sesudah
		15	30	45	60	75	90	105	120	
1	98	95	96	95	96	102	96	87	98	85
2	86	98	85	76	81	86	85	82	79	91
3	76	77	86	87	81	79	83	76	90	68
4	97	93	86	90	86	84	94	92	90	91
5	81	89	87	89	91	92	85	76	89	87
6	78	80	79	83	80	80	74	73	80	81
7	82	83	83	79	90	95	97	97	99	80
8	85	98	97	89	82	77	84	77	78	89
9	75	77	75	73	67	75	72	74	75	74
10	84	84	72	81	80	82	79	73	77	75
11	82	87	79	79	72	69	70	75	80	83
12	75	75	84	90	75	81	62	63	80	60
13	70	60	68	68	65	72	64	68	69	69
14	82	83	85	83	80	81	83	83	87	86
15	80	78	74	77	74	70	61	65	80	90
16	85	88	87	84	75	80	82	78	83	88
Rata-Rata	82	84	83	83	80	82	79	77	83	81



Gambar 23. Grafik Denyut Nadi Responden Tenda *Double layer* Pada Pukul 07:00-09:00

Perbandingan denyut nadi rata-rata responden tenda *single layer* dan *double layer* ditampilkan pada Gambar 24. Denyut nadi rata-rata tersebut didapatkan berdasarkan data 16 hari pengamatan yang dilakukan pada masing-masing tenda.



Gambar 24. Grafik Denyut Nadi Rata-Rata Responden Tenda *Double layer* dan *Single layer* Pada Pukul 07:00-09:00

Rekapitulasi data denyut nadi responden untuk masing-tenda pada periode waktu pengukuran lainnya dapat dilihat pada lampiran G.

4.2.3 *Evaporative Loss Weight*

Berat badan dan kadar air responden diukur pada saat sebelum responden masuk tenda dan setelah responden keluar dari tenda. Perubahan berat badan dan kadar air responden selama berada di dalam tenda disebut dengan *evaporative loss weight*. Contoh perhitungan selisih berat badan dan kadar air adalah sebagai berikut:

Data responden hari pertama, tenda *single layer* pada pukul 07:00-09:00

Berat badan awal	= 46	kg
Berat badan akhir	= 45,9	kg
Kadar air awal	= 65,4	%
Kadar air akhir	= 65,5	%

Maka,

$$\begin{aligned}\Delta \text{ berat badan} &= 46 - 45,9 = 0,1 \text{ kg} \\ \Delta \text{ kadar air} &= 65,4 - 65,5 = -0,1 \text{ \%}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dilihat bahwa responden pada tenda *single layer* mengalami kehilangan berat badan senilai 0,1 kg dan penambahan kadar air sebesar 0,1 %. Sementara itu pada periode pengukuran yang sama, responden lainnya pada tenda *double layer* mengalami kehilangan berat badan sebesar 0,1 kg tanpa kehilangan kadar air. Hasil perhitungan untuk 15 reponden lainnya untuk tenda *single layer* pada pukul 07:00-09:00 dapat dilihat pada Tabel 20, dan untuk tenda *double layer* pada Tabel 21.

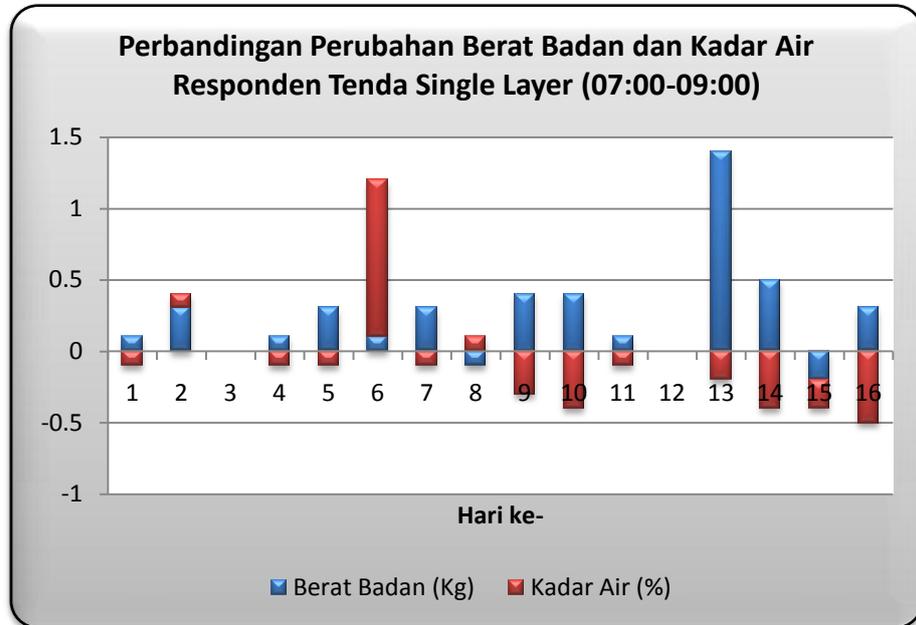
Tabel 20. Perubahan Berat Badan dan Kadar Air Responden Tenda *Single layer* pada pukul 07:00-09:00

Hari ke-	Berat Badan (Kg)			Kadar Air (%)		
	Sebelum	Sesudah	Δ	Sebelum	Sesudah	Δ
1	46,0	45,9	0,1	65,4	65,5	-0,1
2	46,2	45,9	0,3	58,1	58,0	0,1
3	60,5	60,5	0,0	58,5	58,5	0,0
4	63,8	63,7	0,1	54,9	55,0	-0,1
5	53,1	52,8	0,3	50,5	50,6	-0,1
6	50,8	50,7	0,1	53,3	52,2	1,1
7	52,3	52,0	0,3	53,5	53,6	-0,1
8	52,6	52,7	-0,1	55,4	55,3	0,1
9	60,1	59,7	0,4	58,3	58,6	-0,3
10	38,7	38,3	0,4	58,7	59,1	-0,4
11	62,8	62,7	0,1	56,8	56,9	-0,1
12	51,0	51,0	0,0	56,5	56,5	0,0
13	58,7	57,3	1,4	59,7	59,9	-0,2
14	61,1	60,6	0,5	57,8	58,2	-0,4
15	64,8	65,0	-0,2	55,9	56,1	-0,2
16	50,8	50,5	0,3	53,5	54,0	-0,5
Rata-rata			0,25			-0,075

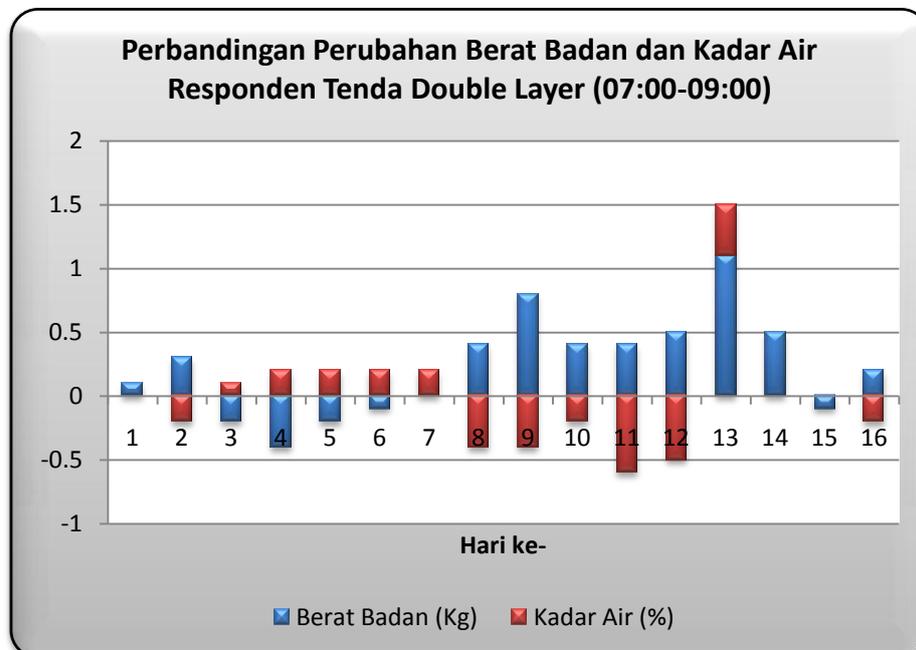
Tabel 21. Perubahan Berat Badan dan Kadar Air Responden Tenda *Single layer* pada pukul 07:00-09:00

Hari ke-	Berat Badan (Kg)			Kadar Air (%)		
	Sebelum	Sesudah	Δ	Sebelum	Sesudah	Δ
1	49,7	49,6	0,1	52,8	52,8	0,0
2	52,8	52,5	0,3	55,0	55,2	-0,2
3	37,5	37,7	-0,2	59,5	59,4	0,1
4	46,0	46,4	-0,4	65,5	65,3	0,2
5	46,9	47,1	-0,2	57,4	57,2	0,2
6	52,2	52,3	-0,1	53,2	53,0	0,2
7	59,9	59,9	0,0	58,5	58,3	0,2
8	52,4	52,0	0,4	53,5	53,9	-0,4
9	58,2	57,4	0,8	59,4	59,8	-0,4
10	51,4	51,0	0,4	55,6	55,8	-0,2
11	50,6	50,2	0,4	51,4	52,0	-0,6
12	64,7	64,2	0,5	54,7	55,2	-0,5
13	61,5	60,4	1,1	57,6	57,2	0,4
14	61,1	60,6	0,5	57,6	57,6	0,0
15	60,7	60,8	-0,1	48,5	48,5	0,0
16	52,4	52,2	0,2	58,4	58,6	-0,2
Rata-rata			0,2			-0,1

Gambar 25 memperlihatkan hubungan perubahan nilai berat badan dan kadar air setiap responden selama pengamatan untuk tenda *single layer* pada pukul 07:00-09:00, dan Gambar 26 untuk tenda *double layer*.



Gambar 25. Perbandingan Perubahan Berat Badan dan Kadar Air Responden Tenda *Single layer* (07:00-09:00)



Gambar 26. Perbandingan Perubahan Berat Badan dan Kadar Air Responden Tenda *Double layer* (07:00-09:00)

Perhitungan *evaporative loss weight* untuk periode waktu lainnya dapat dilihat pada lampiran F.

4.2.4 Kuesioner Kenyamanan Termal

Terdapat beberapa poin yang dinilai dengan menggunakan kuesioner ini diantaranya yaitu sensasi termal responden dan tingkat kenyamanan yang dialami oleh responden. Tabel 22 menunjukkan rekapitulasi sensasi termal yang dirasakan responden tenda *single layer* pada pukul 07:00-09:00, sedangkan Tabel 23 menunjukkan sensasi termal tenda *double layer*.

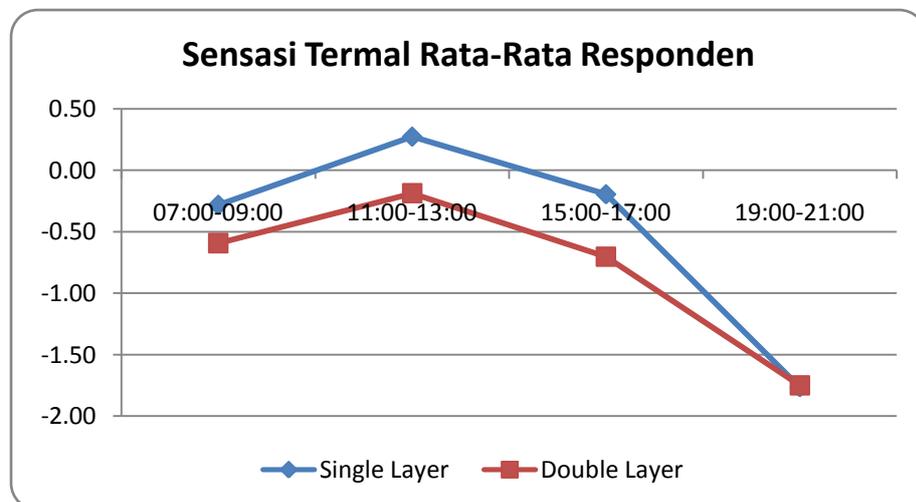
Tabel 22. Sensasi Termal Tenda *Single layer* Pukul 07:00-09:00

	Nilai Sensasi Termal								Rata-rata	Sensasi Termal
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	-2	-2	-1	-1	0	0	0	0	-0,8	Cukup Sejuk
2	-2	-2	-1	-1	1	1	0	0	-0,5	Cukup Sejuk
3	-2	-2	1	0	0	0	1	1	-0,1	Cukup Sejuk
4	-1	1	2	1	1	1	1	1	0,9	Sedikit Panas
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Sedikit Panas
6	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2,0	Sejuk
7	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-2,4	Sangat Sejuk
8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-0,8	Cukup Sejuk
9	0	0	0	1	1	0	1	1	0,5	Sedikit Panas
10	1	1	2	2	1	1	0	0	1,0	Sedikit Panas
11	0	1	1	1	1	2	2	2	1,3	Panas
12	-1	0	0	1	1	1	2	0	0,5	Sedikit Panas
13	-1	0	0	0	0	1	1	1	0,3	Sedikit Panas
14	-1	-2	-2	-2	-1	1	1	1	-0,6	Cukup Sejuk
15	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3,0	Sangat Sejuk
16	0	0	0	0	0	1	1	0	0,3	Sedikit Panas
Rata-Rata									-0,28	Cukup Sejuk

Tabel 23. Sensasi Termal Tenda *Double layer* Pukul 07:00-09:00

	Nilai Sensasi Termal								Rata-rata	Sensasi Termal
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	-1	0	1	1	1	1	1	2	0,8	Sedikit Panas
2	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2,6	Sangat Sejuk
3	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	0	-1,9	Sejuk
4	-3	-2	0	0	0	0	0	0	-0,6	Cukup Sejuk
5	-2	-1	-1	0	1	1	1	1	0,0	Netral
6	-2	-2	-2	-1	0	0	-1	-1	-1,1	Sejuk
7	-2	-2	-2	-3	-3	-1	-1	0	-1,8	Sejuk
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	Netral
9	0	0	1	1	1	1	-1	-1	0,3	Sedikit Panas
10	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-2	-2,4	Sangat Sejuk
11	-2	1	2	2	2	2	1	0	1,0	Sedikit Panas
12	-2	-1	1	1	1	0	0	0	0,0	Netral
13	0	0	0	0	0	1	1	1	0,4	Sedikit Panas
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	Netral
15	-1	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-1	-1,9	Sejuk
16	0	0	0	1	1	1	0	0	0,4	Sedikit Panas
Rata-Rata									-0,59	Cukup Sejuk

Perbandingan sensasi termal yang dirasakan oleh responden untuk setiap waktu dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Sensasi Termal Rata-Rata Responden

Berdasarkan hasil kuesioner tersebut dapat dinilai tingkat kenyamanan responden selama berada di tenda, berikut tingkat kenyamanan untuk tenda *single layer* dan *double layer* pada pukul 07:00-09:00.

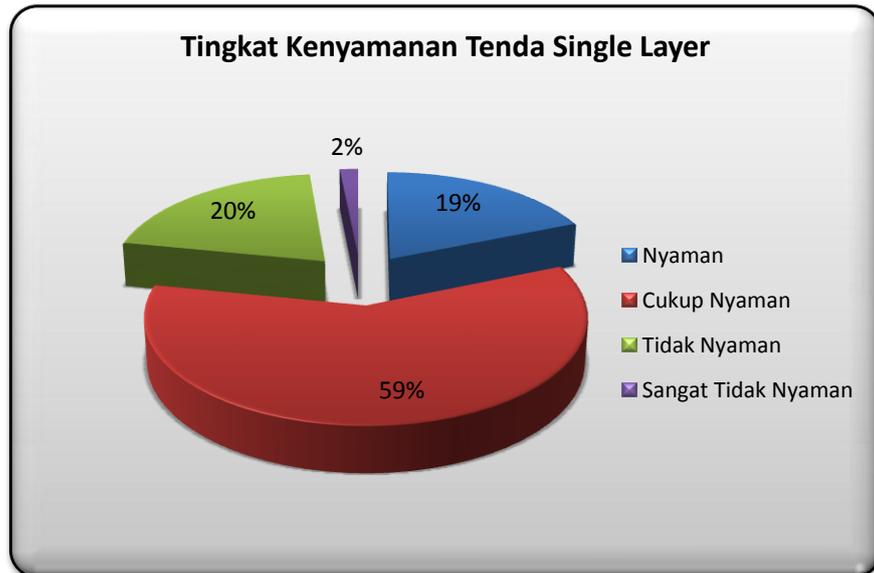
Tabel 24. Tingkat Kenyamanan Tenda *Single layer* Pukul 07:00-09:00

	Nilai Sensasi Termal								Rata-rata	Sensasi Termal
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
3	1	1	1	1	1	2	2	2	1,4	Cukup Nyaman
4	1	2	2	2	2	2	2	2	1,9	Cukup Nyaman
5	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0	Cukup Nyaman
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0	Cukup Nyaman
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
10	2	2	2	2	2	1	1	1	1,6	Cukup Nyaman
11	1	1	2	2	2	3	3	3	2,1	Tidak Nyaman
12	1	2	2	2	2	2	2	2	1,9	Cukup Nyaman
13	2	2	1	1	1	1	2	2	1,5	Cukup Nyaman
14	2	1	1	1	2	2	2	2	1,6	Cukup Nyaman
15	1	1	1	2	3	3	2	3	2,0	Cukup Nyaman
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
Rata-Rata									1,50	Cukup Nyaman

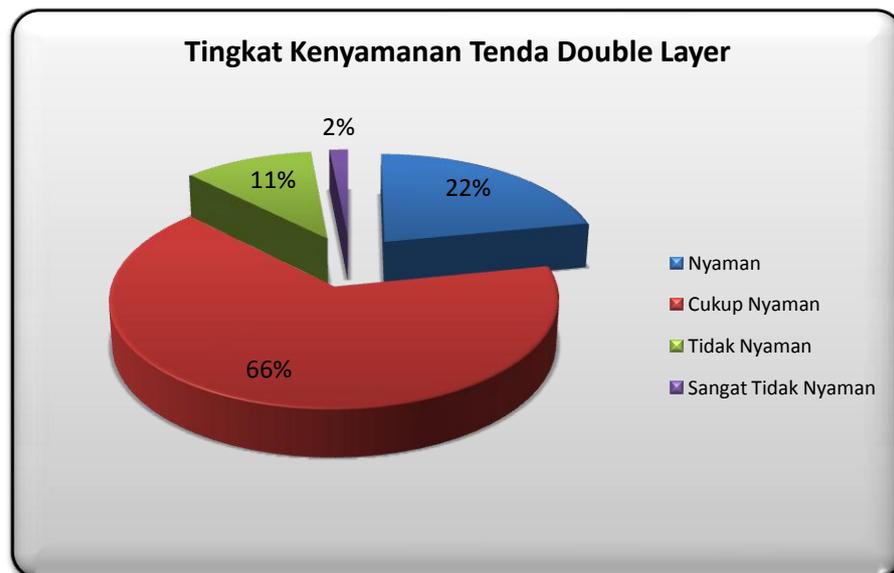
Tabel 25. Tingkat Kenyamanan Tenda *Double layer* Pukul 07:00-09:00

	Nilai Sensasi Termal								Rata-rata	Sensasi Termal
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	2	2	2	2	2	2	2	1,9	Cukup Nyaman
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
3	1	3	2	2	2	2	1	1	1,8	Cukup Nyaman
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
6	1	1	1	1	2	2	1	1	1,3	Cukup Nyaman
7	2	2	2	3	2	1	2	2	2,0	Cukup Nyaman
8	2	2	1	1	1	1	1	1	1,3	Cukup Nyaman
9	2	2	2	2	2	2	2	1	1,9	Cukup Nyaman
10	1	1	1	1	2	3	3	1	1,6	Cukup Nyaman
11	1	1	3	3	3	3	2	2	2,3	Tidak Nyaman
12	1	2	3	3	3	3	2	2	2,4	Tidak Nyaman
13	1	1	2	2	2	2	2	2	1,8	Cukup Nyaman
14	1	1	1	1	1	2	2	2	1,4	Cukup Nyaman
15	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0	Cukup Nyaman
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Nyaman
Rata-Rata									1,59	Cukup Nyaman

Gambar 28 menampilkan persentase tingkat kenyamanan responden dari kedua tenda secara keseluruhan.



Gambar 28. Persentase Tingkat Kenyamanan Responden Tenda *Single layer*



Gambar 29. Persentase Tingkat Kenyamanan Responden Tenda *Double layer*

Responden juga memberikan pendapat mengenai apa yang mereka inginkan terhadap kondisi termal tenda. Keinginan responden terhadap kondisi termal ini dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26. Nilai Keinginan Responden terhadap Lingkungan Tenda
Single layer Pukul 07:00-09:00

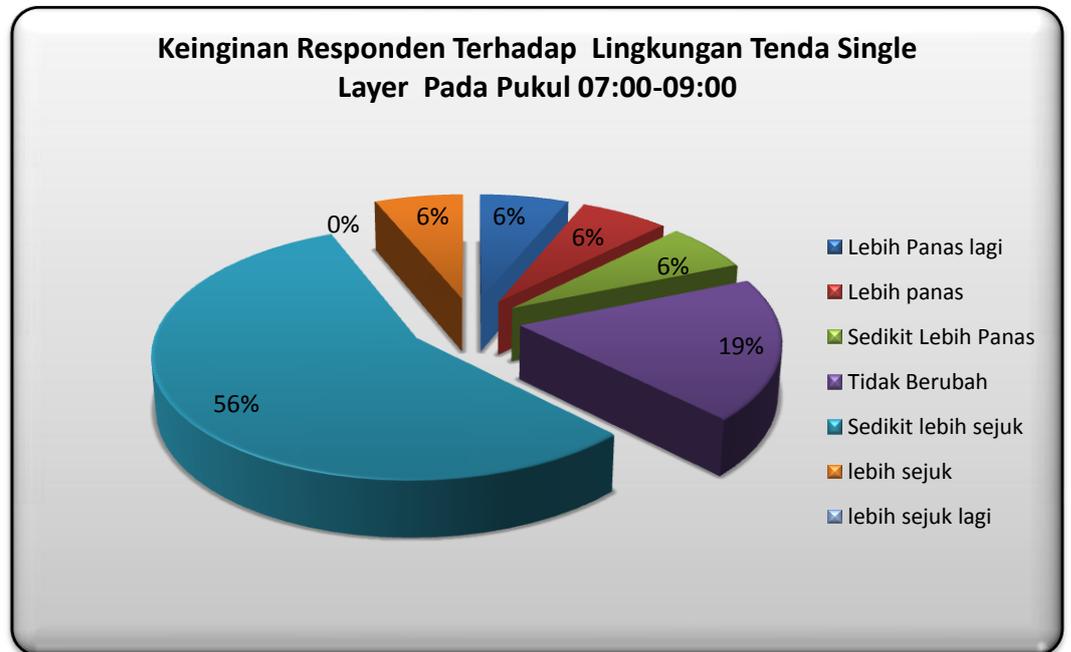
	Nilai Keinginan Responden Terhadap Lingkungan								Rata-rata	Sensasi Termal
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0,8	Sedikit lebih sejuk
2	1	1	0	-1	-1	1	1	1	0,4	Sedikit Lebih Panas
3	0	0	0	0	0	-1	-1	0	-0,3	Sedikit lebih sejuk
4	0	0	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-0,9	Sedikit lebih sejuk
5	0	-1	-1	-1	-2	-2	-1	0	-1,0	Sedikit lebih sejuk
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	Tidak Berubah
7	1	1	1	1	1	2	2	3	1,5	Lebih panas
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	Tidak Berubah
9	0	0	-1	-1	0	0	0	0	-0,3	Sedikit lebih sejuk
10	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-0,8	Sedikit lebih sejuk
11	0	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-1,1	lebih sejuk
12	0	0	0	-1	-1	-1	-2	-1	-0,8	Sedikit lebih sejuk
13	1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-0,3	Sedikit lebih sejuk
14	0	0	0	0	-1	-2	-2	-2	-0,9	Sedikit lebih sejuk
15	1	1	2	3	3	3	3	3	2,4	Lebih Panas lagi
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	Tidak Berubah
Rata-Rata									-0,16	Sedikit lebih sejuk

Tabel 27. Nilai Keinginan Responden terhadap Lingkungan Tenda
Double layer Pukul 07:00-09:00

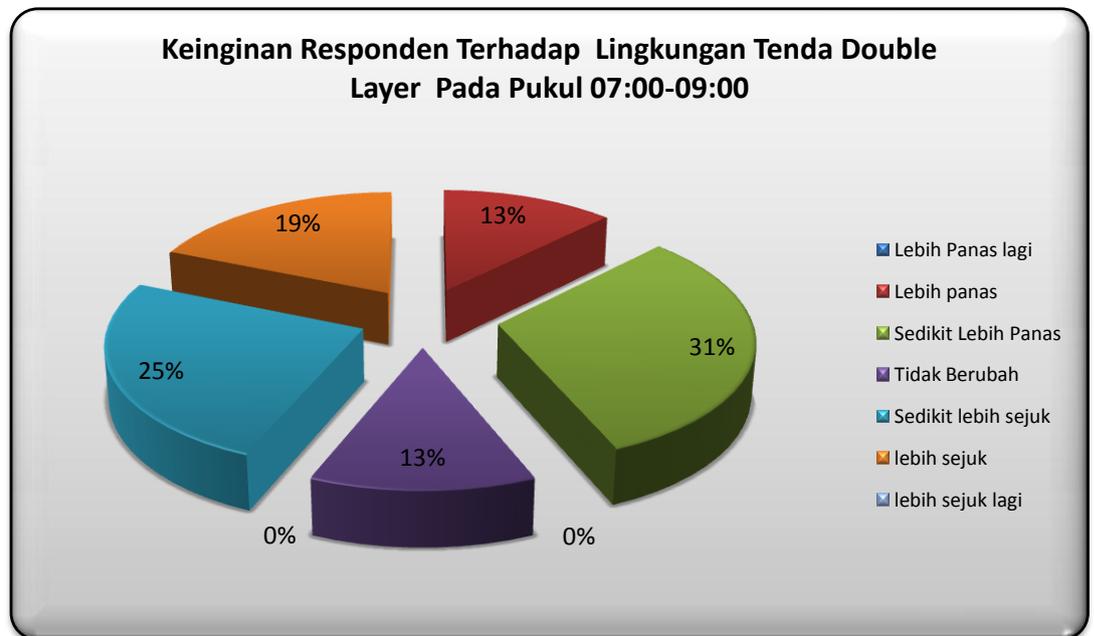
	Nilai Keinginan Responden Terhadap Lingkungan								Rata-rata	Sensasi Termal
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-0,8	Sedikit lebih sejuk
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	Tidak Berubah
3	1	3	3	3	1	1	1	0	1,6	Lebih panas
4	2	1	-1	0	0	0	0	0	0,3	Sedikit Lebih Panas
5	0	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-1,5	lebih sejuk
6	1	1	1	0	0	0	0	0	0,4	Sedikit Lebih Panas
7	1	1	2	3	2	1	1	1	1,5	Lebih panas
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	Tidak Berubah
9	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-0,6	Sedikit lebih sejuk
10	0	0	0	0	1	2	2	1	0,8	Sedikit Lebih Panas
11	0	-2	-2	-2	-3	-3	-2	-1	-1,9	lebih sejuk
12	0	-1	-2	-3	-3	-3	-2	-2	-2,0	lebih sejuk
13	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0,6	Sedikit lebih sejuk
14	0	0	0	0	0	-1	-2	-1	-0,5	Sedikit lebih sejuk
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Sedikit Lebih Panas
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0	Sedikit Lebih Panas
Rata-Rata									-0,09	Sedikit lebih sejuk

Berdasarkan Tabel 26 dan Tabel 27, dapat ditampilkan secara grafis pada Gambar 30 dan 31 untuk memperlihatkan persentase masing-masing

keinginan responden terhadap kondisi lingkungan termal setiap tenda pada pukul 07:00-09:00.



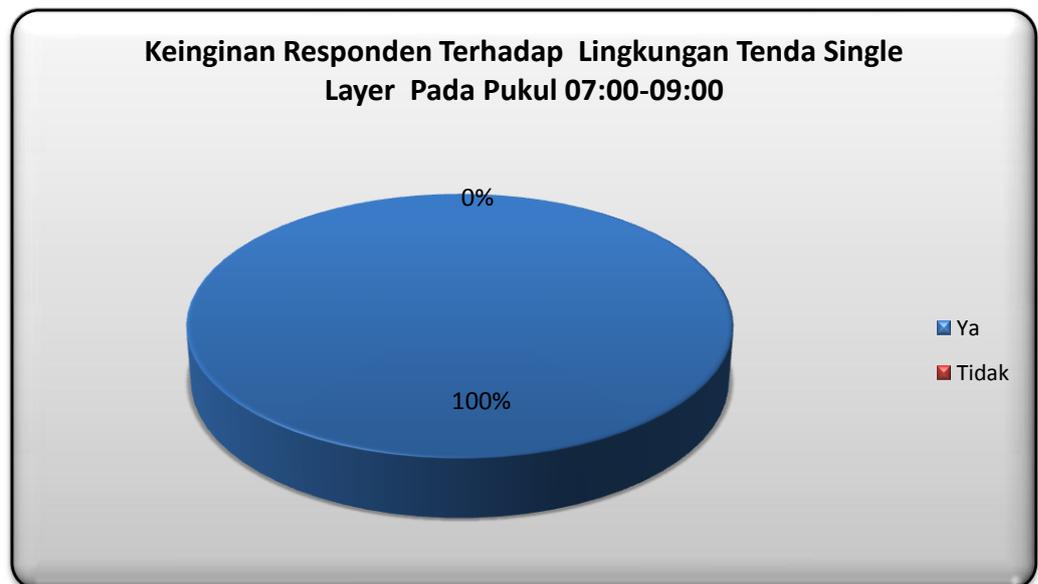
Gambar 30. Persentase Keinginan Responden Terhadap Lingkungan Tenda *Single layer*



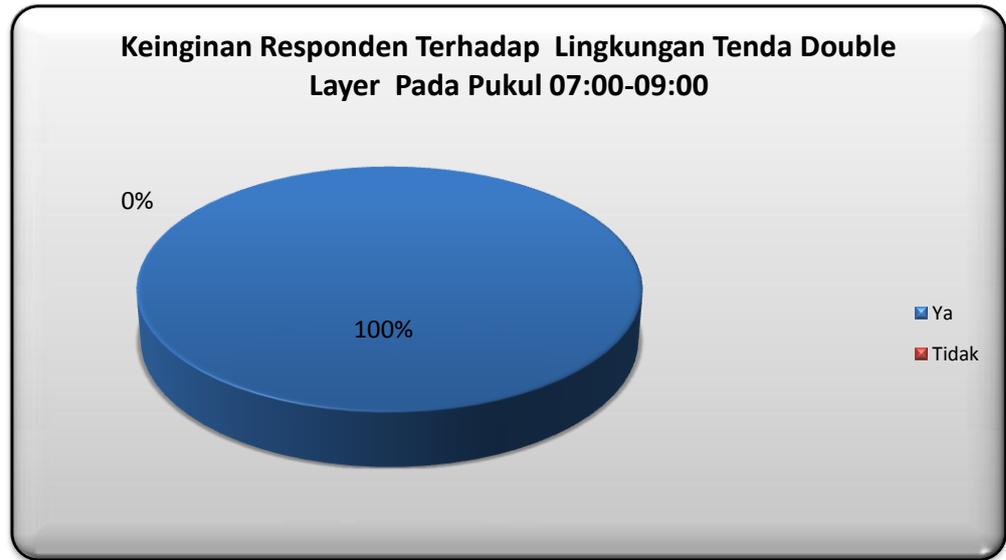
Gambar 31. Persentase Keinginan Responden Terhadap Lingkungan Tenda *Double layer*

Terlihat dari grafik diatas, pada tenda *single layer* terdapat 56% responden menginginkan kondisi termal yang lebih panas lagi, hal ini menunjukkan bahwa responden merasa cukup sejuk berada di dalam tenda. Responden pada tenda *double layer* cenderung lebih bervariasi keinginannya terhadap lingkungan termal, namun 25% responden menginginkan kondisi termal yang lebih panas lagi, sementara 19% lainnya ingin kondisi termal yang lebih sejuk lagi.

Berdasarkan hasil kuisioner, juga dapat dilihat tingkat penerimaan responden terhadap kondisi termal yang mereka rasakan, setelah dilakukan rekapitulasi, pada pukul 07:00-09:00 baik tenda *single layer* maupun tenda *double layer*, 100% responden masih dapat menerima kondisi termal yang mereka rasakan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 32 dan 33 berikut.



Gambar 32. Persentase Tingkat Penerimaan Responden Terhadap Lingkungan Tenda *Single layer*



Gambar 33. Persentase Tingkat Penerimaan Responden Terhadap Lingkungan Tenda *Single layer*

Rekapitulasi kuesioner kenyamanan termal untuk masing-masing periode waktu dapat dilihat di lampiran I.

BAB V ANALISIS

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapat sebelumnya, terdapat beberapa hal yang dapat dianalisis. Secara garis besar, analisis dilakukan terhadap performansi termal tenda yang diuji, dan respon fisiologis responden terhadap kondisi termal tenda.

5.1 Performansi Termal Tenda

Performansi termal tenda dapat dilihat berdasarkan hasil pengukuran temperatur pada masing-masing titik pengukuran. Secara umum, pengukuran dilakukan dibagian tengah tenda dan di bagian depan atau bagian dekat pintu tenda. Jika dilihat perbandingan nilai temperatur pada kedua lokasi ini, temperatur di bagian depan lebih rendah daripada bagian tengah tenda. Hal tersebut diakibatkan karena lokasi pengukuran di bagian depan terpengaruh oleh angin yang masuk, dan udara di luar tenda, sehingga mengakibatkan temperatur lebih rendah. Lain hal dengan bagian tengah tenda yang temperatur udaranya cenderung lebih tinggi, beberapa hal yang menyebabkan tingginya temperatur ini antara lain:

1. Intensitas angin yang masuk lebih kecil daripada bagian depan tenda
2. Panas yang diserap oleh atap dan dinding tenda secara konduksi terakumulasi pada bagian tengah tenda sehingga mengakibatkan naiknya temperatur di lokasi pengukuran ini

Secara Vertikal, juga terdapat perbedaan temperatur terhadap ketinggian, Parsons K.C (1993) menyatakan bahwa akan ada perbedaan temperatur secara vertikal, karena udara hanagat akan berpindah keatas, sehingga temperatur pada ketinggian kepala akan lebih tinggi daripada temperatur pada bagian kaki. Temperatur titik pengukuran pada pukul 07:00-09.00. Temperatur di ketinggian 80 cm lebih rendah dibandingkan dengan titik lain pada ketinggian 10 cm dan 140 cm, hal ini diakibatkan karena titik pengukuran 80 cm ini setara dengan bagian tengah pintu tenda, sehingga titik pengukuran ini juga dipengaruhi oleh angin yang masuk.

Tingginya temperatur pada titik 140 cm, diakibatkan oleh pengaruh panas yang diserap oleh bagian atap tenda. Sedangkan temperatur paling tinggi pada pagi hari yaitu pada bagian lantai, hal ini diakibatkan oleh beberapa hal seperti:

1. Panas tubuh responden yang duduk/berbaring di tenda
2. Panas dari peralatan yang dibawa oleh responden seperti laptop, tas, dan buku-buku
3. Panas yang diserap oleh lantai tenda dari tanah

Temperatur pada siang dan sore hari menunjukkan hasil yang berbeda dengan pengukuran pada pagi hari. Titik pengukuran 140 cm memiliki temperatur yang paling tinggi diantara titik pengukuran lainnya. Hal ini dikarenakan matahari berada tepat di atas tenda, sehingga bagian atap tenda menyerap panas lebih banyak dibandingkan pada saat pagi hari. Sehingga semakin tinggi titik pengukuran, maka semakin tinggi pula temperatur pada titik tersebut. Kondisi sebaliknya terjadi pada malam hari, dimana pada malam hari tidak ada lagi sinar matahari, sehingga temperatur luar tenda menurun, hal ini memengaruhi temperatur pada masing-masing titik. Semakin tinggi titik pengukuran, maka akan semakin rendah temperatur pada titik tersebut. Hal tersebut dapat terjadi karena apabila semakin dekat temperatur dengan bagian luar tenda, maka titik pengukuran tersebut akan mudah terpengaruh oleh temperatur luar tenda.

5.2 Kenyamanan Termal Tenda

Kenyamanan termal tenda dilihat beberapa hal, yaitu nilai PMV dan PPD yang didapat berdasarkan kondisi aktual tenda dan kondisi responden yang berada di dalam tenda. Nilai PPD di ketahui untuk mengetahui berapa persentase responden yang merasakan tidak nyaman terhadap kondisi termal tenda. Selain itu kenyamanan termal tenda juga dilihat

berdasarkan penilaian responden mealalu kuisioner yang diberikan pada saat responden berada di dalam tenda.

Secara umum, tenda *double layer* memberikan kenyamanan lebih baik kepada responden daripada tenda *single layer*, hal ini dapat dilihat dari nilai PMV tenda *double layer* lebih mendekati nilai 0 atau kondisi ideal daripada tenda *single layer*. Beberapa parameter dasar yang mempengaruhi kenyamanan termal adalah (Parsons K.C, 1993):

1. Temperatur

Temperatur tubuh manusia merupakan indikator penting dari beberapa kondisi seperti kenyamanan, *heat or cold stress*, dan performansi. Tubuh manusia selalu memiliki mekanisme pengendalian panas untuk menjaga temperatur tubuh berada sekitar 37⁰C. Temperatur tubuh manusia ini sangat dipengaruhi oleh temperatur yang berada disekitarnya. Kontak langsung terhadap permukaan padat, air, ataupun fluida lainnya akan sangat mempengaruhi perpindahan dari dan menuju tubuh manusia, dalam hal ini akan berlaku hukum termodinamika yang menyatakan bahwa temperatur akan berpindah dari tempat dengan temperatur tinggi ke tempat dengan temperatur rendah.

2. *Radiant Temperature*

Perpindahan panas juga terjadi secara radiasi, dimana panas tidak membutuhkan media apapun untuk dapat berpindah. Perpindahan panas secara radiasi terjadi antara matahari dan bumi. Perpindahan panas secara radiasi ini merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik yang mengandung sinar X (gelombang pendek) dan gelombang radio. Sehingga dalam hal ini temperatur radiant bergantung pada cahaya yang terdapat dalam suatu tempat.

3. Kecepatan Udara

Kombinasi antara kecepatan aliran udara dan temperatur lingkungan akan mempengaruhi temperatur tubuh, karena akan mempengaruhi

perpindahan udara panas seperti yang dinyatakan dalam hukum termodinamika.

4. Kelembaban Udara

Sama seperti temperatur, kelembaban udara di sebuah tempat akan mempengaruhi terjadinya perpindahan panas dari dan menuju tubuh. Jika temperatur lingkungan tinggi, maka kulit akan mengeluarkan keringat, dan jika terus menerus terkena panas, maka keringat di permukaan kulit akan menguap, sehingga pada saat terjadi penguapan, keringat memindahkan panas dari tubuh ke lingkungan. Hal ini akan sulit terjadi jika kelembaban udara tinggi, karena kadar air di udara sudah cukup tinggi, hal ini akan mengakibatkan manusia merasa lebih gerah, karena panas tubuh tidak dapat berpindah ke lingkungan

Berdasarkan parameter dasar di atas, tenda *double layer* yang memiliki lapisan pada bagian atap yang bersifat reflektif dapat memberikan kenyamanan lebih baik karena dapat menurunkan temperatur di dalam tenda dengan menghambat terjadinya perpindahan panas dari dan menuju tenda.

Temperatur lingkungan harus tetap diperhatikan dalam sebuah perancangan, karena jika temperatur tenda mencapai di luar batas nyaman manusia, maka akan menyebabkan beberapa masalah, seperti yang ditampilkan pada tabel berikut (Muflichatun,2006):

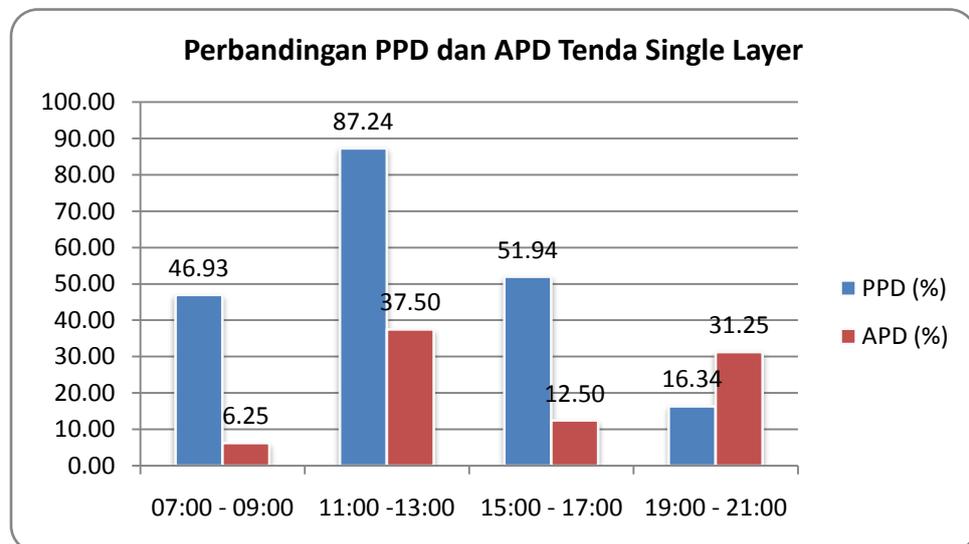
Tabel 28. Efek Temperatur Terhadap Tubuh

	Tingkat temperatur (°C)	Efek terhadap tubuh
1.	± 49 °C	Temperatur yang dapat ditahan sekitar 1 jam tetapi jauh di atas tingkat kemampuan fisik dan mental
2.	± 30 °C	Aktivitas mental dan daya tangkap mulai menurun dan cenderung untuk membuat kesalahan dalam pekerjaan
3.	± 24 °C	Kondisi optimum
4.	± 10 °C	Kekakuan fisik yang ekstrim mulai muncul.

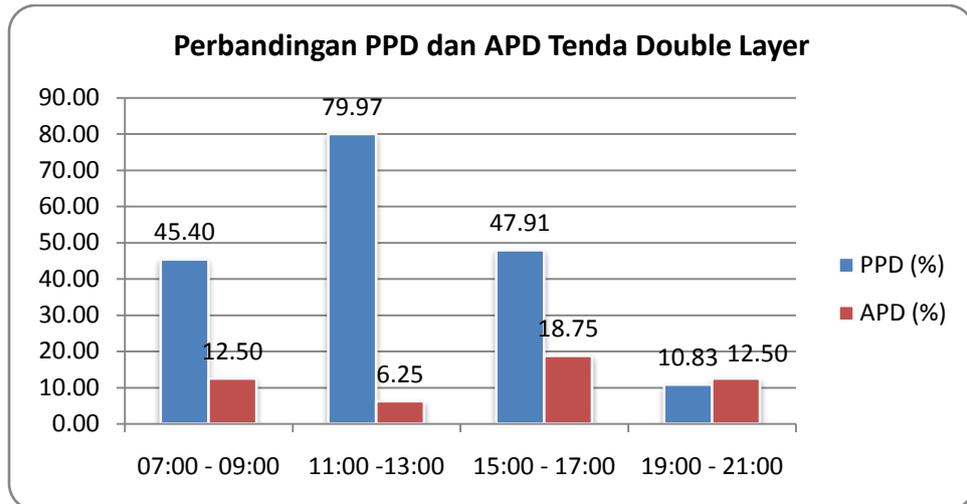
Dapat diperhatikan berdasarkan tabel di atas, bahwa temperatur rata-rata tenda yaitu $\pm 30^{\circ}\text{C}$, hal ini dapat mengurangi daya tangkap dan ada kemungkinan menimbulkan kesalahan jika bekerja, akan tetapi hal ini tidak terlalu berpengaruh pada tenda, karena tenda darurat ini biasa digunakan hanya untuk beristirahat. Sehingga kondisi kedua tenda saat ini dapat diterima, akan tetapi tenda *double layer* dapat memberikan kenyamanan lebih baik daripada tenda *single layer*.

5.3 *Dissatisfied*

Dissatisfied atau perasaan tidak puas terhadap kondisi termal tenda dihitung dengan dua cara yaitu berdasarkan nilai PMV yang didapatkan yaitu dengan nilai PPD, dan berdasarkan kuisioner yang diberikan pada responden saat berada di dalam tenda yang disebut dengan APD (*Actual Percentage of Dissatisfied*). Perbandingan nilai PPD dan APD untuk tenda *single layer* dapat dilihat pada Gambar 32, dan untuk tenda *double layer* pada Gambar 33.



Gambar 34. Perbandingan PPD dan APD Tenda *Single layer*



Gambar 35. Perbandingan PPD dan APD Tenda *Double layer*

Berdasarkan grafik yang telah ditampilkan dapat dilihat bahwa pada siang hari baik tenda *single layer* ataupun tenda *double layer* nilai PPD bervariasi di atas 40%, bahkan pada pukul 11:00-13:00 nilai PPD mencapai 80%, sedangkan nilai APD pada siang hari yang dirasakan oleh responden hanya 37,5 % untuk tenda *single layer* dan 6,25% untuk tenda *double layer*. Perbedaan yang sangat signifikan antara nilai PPD dan APD terjadi karena kemampuan adaptasi yang dimiliki manusia.

Adaptasi yang dilakukan oleh manusia dapat digolongkan menjadi 2 jenis (Nikolopoulou,2003):

1. *Physical Adaptation*, atau adaptasi fisik merupakan usaha atau adaptasi yang dilakukan oleh seseorang untuk menyesuaikan dirinya sendiri terhadap lingkungan. Adaptasi fisik ini terbagi dua yaitu reaktif dan interaktif. Adaptasi reaktif hanya dilakukan dengan menyesuaikan diri sendiri untuk mencapai kenyamanan termal, seperti dengan mengganti jenis pakaian yang digunakan, mengubah posisi kerja dan lain sebagainya. Sedangkan adaptasi interaktif adalah dengan melakukan perubahan terhadap kondisi lingkungan itu sendiri untuk mencapai kenyamanan termal, seperti menghidupkan pendingin udara, membuka jendela dan sebagainya.

2. *Physiological Adaptation*, atau adaptasi fisiologis adalah proses adaptasi yang dilakukan dengan cara menambah *exposure time* sehingga tubuh dapat memberikan respon fisiologis yang berbeda. Karena tubuh memiliki kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan, sehingga semakin lama seseorang berada pada sebuah lingkungan maka tubuh akan dapat menyesuaikan diri dengan memberikan respon fisiologi yang sesuai.
3. *Psychological Adaptation*, berbeda dengan *physical adaptation and physiological adaptation*. *Psychological adaptation* mempengaruhi manusia dengan merubah persepsi seseorang terhadap kondisi termal. Hal-hal yang dapat merubah persepsi seseorang terhadap kenyamanan termal tersebut antara lain *naturalness*, *experience*, ekspektasi, dan stimulus lingkungan.

Berdasarkan 3 jenis adaptasi di atas, yang menyebabkan perbedaan signifikan antara nilai PPD dan APD adalah adaptasi psikologis, diantaranya:

1. *Naturalness* mempengaruhi responden dalam mempersepsikan kondisi termal di dalam tenda dengan mempertimbangkan kondisi termal yang telah biasa diterima di luar ruangan. Responden pada penelitian ini merupakan orang-orang yang tinggal di daerah tropis sehingga telah terbiasa dengan temperatur panas, sebaliknya pada malam hari, nilai APD sedikit lebih tinggi daripada PPD, hal ini karena responden yang terbiasa dengan iklim tropis tidak bisa menyesuaikan diri dengan temperatur dingin.
2. *Experience* atau pengalaman juga mempengaruhi persepsi seseorang terhadap kondisi termal. Dalam hal ini responden yang pernah menggunakan tenda sebelumnya memiliki persepsi yang berbeda dengan responden yang belum pernah menggunakan tenda.
3. Stimulus lingkungan juga merupakan hal yang sangat mempengaruhi persepsi responden terhadap lingkungan termal. Stimulus lingkungan

ini seperti alasan seseorang berada di dalam tenda, dan kegiatan yang dilakukan responden di dalam tenda juga berpengaruh.

Sebagian besar responden merasakan nyaman berada di dalam tenda pada pagi hingga sore hari dikarenakan pada siang sampai sore hari responden memiliki kegiatan yang bisa dilakukan seperti membaca, menulis dan kegiatan lainnya. sedangkan pada malam hari kegiatan tersebut tidak bisa dilakukan karena kurangnya penerangan, sehingga mempengaruhi persepsi responden terhadap kenyamanan termal tenda.

5.4 Respon Fisiologis Responden

Tubuh manusia memiliki sistem pengaturan tersendiri terhadap kondisi termal yang berada disekitarnya. Banyak jenis respon yang dapat diberikan tubuh secara fisiologis diantaranya temperatur kulit, denyut nadi, dan *evaporative loss weight*.

Nurmianto (2008), menyatakan bahwa pada saat manusia berada di luar batasan nyaman itu berarti ada masalah dengan sistem pertukaran panas tubuh, sehingga dibutuhkan suatu usaha untuk memperbaiki sistem pertukaran panas tersebut.

5.4.1 Temperatur Kulit

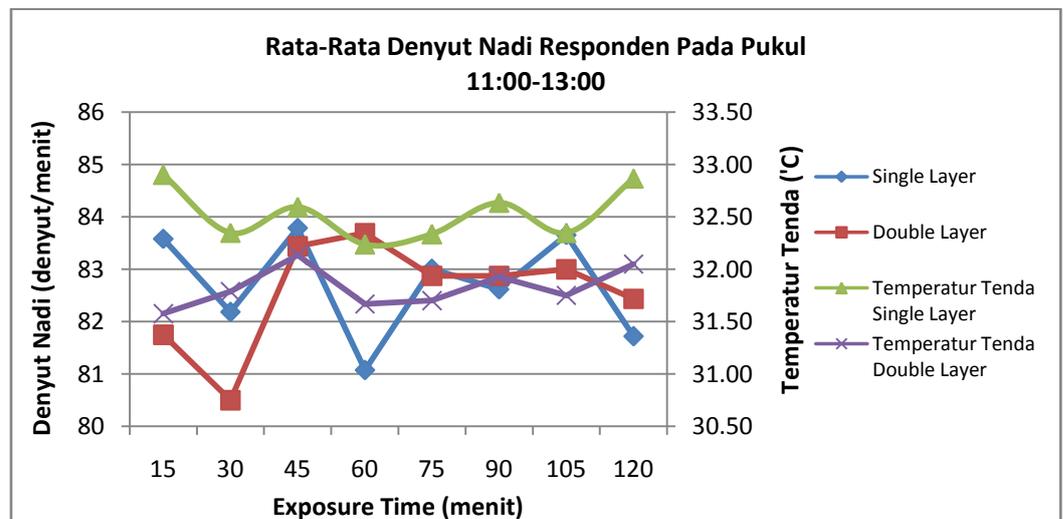
Kulit merupakan bagian terluar tubuh yang langsung berhubungan dengan udara luar. Temperatur tubuh berbeda dengan temperatur kulit, kulit memiliki peranan tersendiri disaat temperatur disekitar panas, akan terjadi perpindahan panas secara evaporasi, sehingga tubuh mengeluarkan keringat untuk mendinginkan tubuh. Manusia memiliki kemampuan untuk menjaga suhu tubuh agar tetap konstan, hal ini terlihat selama penelitian, temperatur tubuh responden tidak begitu jauh berbeda antara tenda *single layer* dan *double layer*. Bahkan disaat temperatur lingkungan menurun, tubuh tetap mampu untuk menjaga suhu tubuh untuk tetap konstan.

Malam hari saat temperatur lingkungan sangat turun mencapai 20°C, responden tenda *single layer* memiliki temperatur kulit rata-rata lebih tinggi daripada responden tenda *double layer*. Hal ini disebabkan tubuh responden pada tenda *single layer* lebih tubuh mengalami kehilangan banyak panas, sehingga temperatur di permukaan kulit sedikit lebih meningkat.

Rohlens dan Nelvins (1971) dalam Parsons K.C menyatakan bahwa temperatur kulit yang optimal untuk *sedentary activity* adalah berkisar antara 34-35°C. Rata-rata temperatur kulit pada tenda *single layer* lebih tinggi daripada tenda *double layer*, hal ini disebabkan karena temperatur di tenda *single layer* lebih tinggi, sehingga mempengaruhi temperatur kulit responden.

5.4.2 Denyut Nadi

Denyut nadi merupakan salah satu parameter fisiologis yang dapat digunakan untuk mengetahui respon tubuh terhadap kondisi lingkungan. Menurut Nurmianto (2005), denyut nadi akan meningkat pada temperatur yang tinggi. Hal tersebut tidak terlalu terlihat pada penelitian ini, karena tidak ada perubahan temperatur yang signifikan dari lingkungan. Gambar 36 menunjukkan denyut nadi responden pada pukul 11:00-13:00.



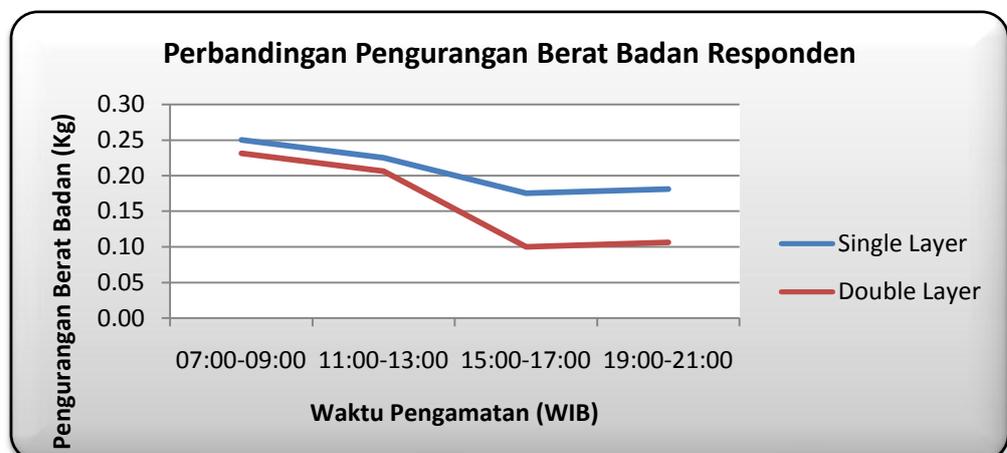
Gambar 36. Rata-Rata Denyut Nadi Responden Pada Pukul 11:00-13:00

Berdasarkan rentang nilai denyut nadi yang telah didapatkan, terlihat bahwa denyut nadi responden cenderung stabil, hal ini terjadi karena tidak ada perubahan temperatur yang signifikan selama penelitian. Hal yang sama juga terjadi pada periode penelitian lainnya, seperti pada sore hari, walaupun terjadi penurunan temperatur yang cukup signifikan selama penelitian yaitu 3°C , tetapi denyut nadi responden tidak mengalami perubahan berarti atau terlihat konstan.

5.4.3 *Evaporative Loss Weight*

Salah satu bentuk respon tubuh terhadap kondisi termal adalah dengan mengeluarkan cairan berupa keringat untuk membasahi permukaan kulit pada saat temperatur sekitar meningkat. Hal ini terjadi karena pada saat temperatur sekitar meningkat, maka seseorang akan lebih banyak melibatkan proses evaporasi dalam proses transfer panasnya tubuhnya, akan tetapi jika kelembaban udara sekitar tinggi maka proses evaporasi dapat dikurangi.

Pengukuran *evaporative loss weight* yang dilakukan pada saat penelitian adalah dengan mengukur berat badan dan kadar air masing-masing responden pada saat sebelum dan setelah keluar dari tenda. Gambar 37 memperlihatkan perbandingan perubahan berat badan responden untuk masing-masing tenda pada setiap waktu pengukuran.



Gambar 37. Perbandingan Pengurangan Berat Badan Responden

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa pengurangan berat badan yang lebih besar terjadi pada pagi dan siang hari, hal ini terjadi karena temperatur dan temperatur radiant pada masing-masing tenda lebih tinggi sehingga lebih banyak terjadi pengurangan berat badan responden.

Jika dibandingkan kedua jenis tenda, responden pada tenda *single layer* mengalami pengurangan berat badan yang lebih besar daripada responden pada tenda *double layer*. Hal yang menyebabkan responden tenda *single layer* mengalami pengurangan berat badan lebih besar adalah, temperatur dan temperatur radiant tenda *single layer* lebih tinggi, sehingga proses evaporasi lebih besar pada tenda *single layer*. Hal ini merupakan mekanisme tubuh untuk tetap menjaga temperatur tubuh agar tetap konstan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan penelitian ini.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tenda *double layer* lebih nyaman daripada tenda *single layer*, hal ini dapat dilihat dari nilai PMV tenda *double layer* lebih mendekati angka 0.
2. Berdasarkan nilai PMV, pada siang hari yaitu pukul 11:00-13:00, lebih dari 70% responden akan merasa tidak nyaman, akan tetapi berdasarkan *kuesioner* yang diberikan kepada masing-masing responden kondisi termal tersebut masih dapat diterima karena hanya 37,5% responden yang tidak nyaman di tenda *single layer*, dan 6,25% responden untuk tenda *double layer*.
3. Respon fisiologis yang dirasakan responden selama berada di tenda:
 - a. Temperatur kulit, selama penelitian temperatur kulit responden cukup stabil, karena terdapat mekanisme pengaturan panas oleh tubuh.
 - b. Denyut nadi, tidak terlihat perbedaan yang signifikan pada denyut nadi responden selama berada di dalam tenda, karena perbedaan temperatur yang tidak terlalu signifikan. Selain itu jenis aktivitas responden di dalam tenda juga sama, yaitu *sedentary activity*.
 - c. *Evaporative loss weight*, responden pada tenda *single layer* mengalami kehilangan berat badan yang lebih besar daripada responden pada tenda *double layer*, hal ini karena temperatur tenda *single layer* lebih besar, sehingga proses evaporasi lebih mudah terjadi.

4. Tenda yang memberikan kenyamanan lebih baik adalah tenda *double layer*. Kenyamanan tenda *double layer* tidak hanya berdasarkan performansi termal, akan tetapi juga berdasarkan sensasi termal yang dirasakan oleh responden selama berada di tenda.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Jenis pakaian yang digunakan responden saat penelitian sebaiknya tidak usah dibatasi, karena pada malam hari kondisi tenda cukup dingin sehingga butuh jenis pakaian yang lebih tebal dengan nilai resistansi termal lebih dari 0,7 clo.
2. Ukuran layer paling luar pada tenda *double layer* sebaiknya dikurangi, karena dengan ukuran layer pada saat ini, jendela pada tenda *double layer* tertutup sehingga menghambat aliran keluar masuknya angin.
3. Perhitungan kenyamanan termal dapat dilakukan dengan lebih detail, yaitu dengan mengukur jumlah kalor yang berada di dalam tenda dengan mempertimbangkan resistansi termal material tenda.
4. Pengukuran *mean skin temperature* dapat dilakukan dengan menggunakan *infrared thermography*, sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat, dan pengukuran dapat dilakukan lebih mudah.
5. Penelitian agar dapat dilakukan di beberapa tempat dan kelompok responden lebih variatif, sehingga hasil yang didapat lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M (2004). *Sensasi Thermal Pada Masjid Raya Al-Mashun Medan*. Thesis Master. Universitas Diponegoro, Semarang.
- ASHRAE, (1989). *ASHRAE Handbook Fundamentals*. SI Edition. Atlanta : ASHRAE.Inc
- BNPB (2008). *Definisi Bencana*. Diakses pada 16 Maret 2011 dari <http://www.bakornaspb.go.id/website/asp/content.asp?id=30>
- _____. (2008). *Potensi Ancaman Bencana*. Diakses pada 16 Maret 2011 dari http://www.bakornaspb.go.id/website/asp/benc_m.asp?id=30
- _____. (2011). *Data dan Informasi Bencana di Indonesia*. Diakses pada 1 Maret 2011 dari <http://www.dibi.bnpb.go.id/DesInventar/statistics.jsp>.
- Charles. K.E (2003). *Fanger's Thermal Comfort and Draught Models*. IRC-RR-162. National Research of Canada, Ottawa.
- Crawford.C, and Manfield P .(2002). Assesing The Termal Performance of an Emergency Shelter System. *Journal of Energy and Building*. 37, 471-483.
- GITEWS (2008). *Disaster Awarness in Primary School*. Diakses pada 16 April 2011 dari http://www.gitews.org/tsunami_kit/id/E5/sumber_lainnya/Modul%20Disaster%20Awareness%20in%20Primary%20School%20-%20Tsunami.pdf .
- Grandjean, Etienne. (1993). *Fitting The Task To The Man*. 4th Edition. London : Taylor & Francis Inc
- INNOVA (1997). *Thermal Comfort* . Diakses Pada 1 Maret 2011 dari <http://www.innova.dk>
- Mitchell, Duncan. And G.Y.H Windham. (1969). Comparison of Weighting Formulas for Calculating Mean Skin Temperatur. *Journal of Applied Psychology*. 26 (5), 616-622.
- Nikolopouloua, Marialena. And Koen Steemers. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation As a guide for designing urban spaces. *Journal Energy and Building*. 35, 95-101,
- Nugroho, S.P. (2010). *Catatan Akhir Tahun 2010 dan Antisipasi Bencana 2011*. Diakses pada 16 April 2011 dari <http://www.bnpb.go.id/irw/berita.asp?id=240>.
- Nurmianto, Eko. (2005). *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Edisi kedua. Surabaya: Prima Printing.

- Parsons, K.C. (1993). *Human Thermal Environments: The Effect of Hot, Moderate and Cold Enviroments on Human Health, Comfort and Performance*. London: Taylor & Francis.
- Potangaroa, Dr.Regan. (2006). *Climate Responsive Design Tools for Emergency Shelter*. UNHCR
- Sadisun. I. A (2008). *Aspek Fundamental dalam Upaya Mitigasi dan Penanganan Tanggap Darurat Bencana*. Diakses pada 16 Maret 2011 dari http://www.sadisun.enggeol.org/pdf/2008_Paper_Gladian_Panji_Bencana.pdf
- SPHERE (2004). *Humanitarian Charter and Minimum Standards in Disaster Respons*. First edition. Geneva : Oxfam Publishing
- Sugiyono, (2002). *Statistika Untuk Penelitian*. Cetakan IV. Bandung: CV Alfabeta.
- Susanti, Lusi (2010). *Emergency Shelter System for Tropics*. Padang: Universitas Andalas.
- UNHCR (1996). *Handbook for Emergencies*. Second edition. Geneva: UNHCR.
- Wikipedia. 15 Februari 2011. *Transportasi*. Diakses pada 15 Maret 2011, dari <http://id.wikipedia.org/wiki/Transportasi>.
- Wikipedia. 16 April 2011. *Emergency Shelter*. Diakses pada 16 April 2011, dari http://www.wikipedia.org/wiki/Emergency_shelter.
- Wiyadi (2004). Pengukuran Indeks Daya Saing Industri Kecil dan Menengah di Jawa Tengah. *Jurnal Siasat Bisnis*. 13(1), 77-92.
- Yoki, Marfa. (2010). *Perancangan Tenda Pengungsi yang Ergonomis dengan Mempertimbangkan Kenyamanan Termal*. Tugas Akhir. Universitas Andalas, Padang.