

**ANALISIS KESELESAAN TERMAL PADA RUANG PERALIHAN DALAM  
KAWASAN BANGUNAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN UJIKAJI**

**MOHAMAD IZZAT BIN MOHD MESRI**

**Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Thermal Bendalir) dengan kepujian**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal**

**UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA**

**2017**

## **PENGAKUAN**

Saya akui bahawa tesis ini yang bertajuk " Analisis Keselesaan Terma Pada Ruang Peralihan Dalam Kawasan Bangunan Menggunakan Pendekatan Eksperimen" adalah hasil kerja saya sendiri kecuali dinamakan di dalam rujukan

Tandatangan : .....

Nama : Mohamad Izzat Bin Mohd Mesri

Tarikh : 16 Jun 2017

## **PENGESAHAN PENYELIA**

Saya akui bahawa telah membaca tesis ini dan pada pandangan saya tesis ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir) dengan Kepujian.

Tandatangan : .....

Nama penyelia : Dr Tee Boon Tuan

Tarikh : 16 Jun 2017

## **DEDIKASI**

Khas buat Mak dan Ayah

## ABSTRACT

The main purpose of this study was to investigate the condition of thermal comfort in the lobby of the Faculty of Mechanical Engineering and the Faculty of Engineering and Technology will compare with the Malaysian Standard MS 1525: 2014 and ASHRAE 55. Variables involved are personal variables of the dress and activities and environment variables the mean radiant temperature, average temperature, air humidity and air speed. Physical measurements were carried out by residents and non-residents of the state. The questionnaire was also conducted during the measurement in the presence of building occupants to determine the level of thermal comfort of the building occupants questionnaire. The measurement results will also be broken down into several parts, namely the analysis of objective measurement, subjective measurements analysis and linear regression between objective measurement and subjective measurements. The analysis of this study, including expectations Average Vote "Predicted Mean Vote" (PMV) and the percentage of dissatisfied expected "Predicted Percentage of Dissatisfied" (PPD) for the measurement of physical and rated the sensation of thermal "thermal sensation vote" (TSV) through subjective evaluation. In addition, linear regression analysis was conducted between PMV and TSV with cooperatives temperature by using SPSS to know the relationship between both data. The measurements revealed that both the lobby not meet the standard and require some modifications in order to meet the standards recommended because in certain periods when the density of the buildings in the lobby FKM and FTK increased, environmental conditions become uncomfortable

## INTISARI

*Tujuan utama kajian ini adalah untuk menyiasat keadaan keselesaan termal di lobi Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dan Fakulti Teknologi Kejuruteraan dan akan membandingkan dengan Malaysia Standard MS 1525:2014 dan ASHRAE 55. Antara pembolehubah yang terlibat adalah pembolehubah peribadi iaitu tahap berpakaian dan aktiviti yang dijalankan serta pembolehubah persekitaran iaitu suhu min radian, suhu purata, kelembapan udara dan kelajuan udara. Pengukuran fizikal telah dijalankan dengan penghuni dan tanpa penghuni keadaan. Soal selidik juga telah dijalankan sewaktu pengukuran dengan kehadiran penghuni bangunan bagi mengetahui tahap keselesaan termal penghuni bangunan dari hasil soal selidik. Hasil pengukuran juga akan dipecahkan kepada beberapa bahagian iaitu analisis pengukuran objektif, analisis pengukuran subjektif dan regresi linear diantara pengukuran objektif dan pengukuran subjektif. Analisis kajian ini termasuk Jangkaan Purata Undi “Predicted Mean Vote” (PMV) dan peratusan yang tidak berpuas hati yang dijangka “Predicted Percentage of Dissatisfied” (PPD) untuk ukuran fizikal dan undian sensasi termal “thermal sensation vote” (TSV) melalui penilaian subjektif. Selain itu, analisis regresi linear dalam dijalankan antara PMV dan TSV dengan suhu koperasi dengan menggunakan perisian SPSS untuk mengetahui hubungan antara kedua-dua data. Hasil dari pengukuran tersebut mendapati kedua-dua lobi kurang menepati piawaian dan memerlukan sedikit pengubahsuaian supaya menepati piawaian yang disyorkan kerana pada tempoh-tempoh tertentu apabila kepadatan pengguna bangunan di lobi FKM dan FTK meningkat, keadaan persekitaran menjadi kurang selesa.*

## **PENGHARGAAN**

Saya ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang membantu saya dalam menjayakan projek ini. Ucapan jutaan terima kasih kepada penyelia saya Dr. Tee Boon Tuan yang banyak memberi tunjuk ajar, nasihat, pendapat, dan dorongan sepanjang projek ini berlangsung.

Di samping itu, ucapan terima kasih juga kepada Dr Mohamad Firdaus Bin Sukri iaitu pemeriksa kedua yang menilai projek saya ini. Beliau telah membantu saya dalam memberikan cadangan dan nasihat untuk memperbaiki projek saya. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dalam menyediakan alatan dan tempat untuk menjalankan kajian ini dan tidak lupa juga pihak daripada Fakulti Teknologi Kejuruteraan yang sudi memberi kerjasama memberi kebenaran menjalankan kajian di tempat mereka.

Tambahan, ucapan penghargaan kepada penolong jurutera, Encik Asjufri Bin Muhajir, dalam membantu saya untuk pengendalian alat dan pengangkutan sepanjang projek ini berlangsung. Tidak lupa juga kepada semua responden yang terlibat dalam soal selidik, ucapan terima kasih kepada mereka.

Akhir, ucapan jutaan terima kasih kepada ahli keluarga dalam memberi dorongan dan sokongan untuk menyiapkan projek ini.

## ISI KANDUNGAN

PENGAKUAN .....	ii
PENGESAHAN PENYELIA .....	iii
DEDIKASI .....	iv
ABSTRACT .....	v
INTISARI .....	vi
PENGHARGAAN .....	vii
SENARAI JADUAL .....	i
SENARAI RAJAH .....	iii
SENARAI SINGKATAN .....	vii
SENARAI SIMBOL .....	ix
SENARAI LAMPIRAN .....	x
<b>BAB 1</b> .....	<b>1</b>
Pengenalan .....	1
1.1 Latar belakang kajian .....	1
1.2 Pernyataan Masalah .....	2
1.3 Objektif .....	4
1.4 Skop Kajian .....	4
1.5 Kaedah Umum .....	4
<b>BAB2</b> .....	<b>7</b>
KAJIAN ILMIAH .....	7
2.0 Pengenalan .....	7
2.1 Definisi Keselesaan Termal .....	7



2.2	Faktor-Faktor Mempengaruhi Keselesaan Termal.....	8
2.3	Piawaian Untuk Keselesaan Termal.....	9
2.4	Kajian-Kajian Terdahulu .....	11
2.4.1	Kajian “Thermal Comfort And Accupant Adaptive Behaviour In Japanese University Buildings With Free Running And Cooling Mode Offices During Summer” oleh (Mustapa et al. 2016) .....	11
2.4.1.1	Kaedah Kajian .....	11
2.4.1.2	Analisis Kajian .....	14
2.4.2	Kajian “Field Study On Adaptive Thermal Comfort In Office Buildings In Malaysia, Indonesia, Singapore, And Japan During Hot And Humid Season” oleh (Damiati et al. 2016).....	18
2.4.2.1	Kaedah Kajian .....	18
2.4.2.2	..Analisis Kajian .....	22
2.4.3	Kajian “Thermal Comfort Assessment Of Large-Scale Hospitals In Tropical Climates: a Case Study Of Universiti Kebangsaan Malaysia Medical Centre (UKMMC)” oleh (Azizpour et al. 2013) .....	28
2.4.3.1	Kaedah Kajian .....	28
2.4.3.2	Analisis Kajian .....	31
2.4.4	Kajian “Field Experiments On Thermal Comfort In Campus Classrooms In Taiwan” oleh (Hwang et al. 2006) .....	34
2.4.4.1	Kaedah Kajian .....	34
2.4.4.2	Analisis Kajian .....	35
2.4.5	Kajian “Thermal Comfort In The Humid Tropics: Field Experiments In Air Conditioned And Naturally Ventilated Buildings In Singapore” oleh (De dear et al. 1991).....	39
2.4.5.1	Kaedah Kajian .....	39
2.4.5.2	Analisis Kajian .....	40
2.5	Perbandingan Keseluruhan Kajian Ilmiah.....	42
<b>BAB 3</b>	.....	<b>44</b>

METODOLOGI KAJIAN.....	44
3.0 Pengenalan.....	44
3.1 Pemilihan Kawasan Kajian.....	44
3.1.1 Kawasan Lobi FKM.....	45
3.1.2 Kawasan Lobi FTK.....	46
3.2 Kaedah Pengukuran Alat.....	47
3.2.1 Kaedah Kajian Dijalankan.....	50
3.2.1.1 Pengukuran Tanpa Kehadiran Penghuni Bangunan.....	50
3.2.1.2 Pengukuran Dengan Kehadiran Penghuni Bangunan.....	53
3.2.1.3 Penentukuran (Calibration).....	55
3.3 Soal Selidik Atau Tinjauan.....	57
3.3.1 Pemilihan Responden.....	59
3.4 Analisis Dapatan Kajian.....	59
3.4.1 Perbandingan Hasil Kajian Antara Data Pengukuran Dan Piawaian.....	59
3.4.2 Analisis Undian Berdasarkan Taksiran Subjektif ( Subjective Assessment )..	60
3.4.3 Perbandingan Data Antara Soal Selidik Dan Pengukuran.....	60
<b>BAB 4</b> .....	61
ANALISIS HASIL KAJIAN.....	61
4.0 Hasil Kajian.....	61
4.1 Perbandingan Hasil Kajian Antara Data Pengukuran dan Piawaian Malaysia.....	63
4.1.1. Lobi FKM (Kehadiran Penghuni Bangunan) Waktu Pagi, Tengah hari, dan Petang.....	64
4.1.2 Lobi FKM (Tanpa Kehadiran Penghuni Bangunan) Waktu Pagi Dan Waktu Petang.....	76
4.1.3 Keadaan Persekitaran Lobi FKM Sewaktu Pengukuran.....	79
4.1.4 Lobi FTK (Kehadiran Penghuni Bangunan) Waktu Pagi, Tengah hari, dan Petang.....	80

4.1.5	Lobi FTK (Tanpa Kehadiran Penghuni Bangunan) Waktu Pagi Dan Waktu Petang.....	89
4.1.6	Keadaan Persekitaran Lobi FTK Sewaktu Pengukuran .....	93
4.2	Rumusan Perbandingan Lobi FKM dan Lobi FTK.....	94
4.3	Analisis Kajian Antara Pengukuran dan Soal selidik (Pengukuran Subjektif).....	97
4.3.1	Pengukuran Objektif bagi lobi FTK.....	97
4.3.2	Pengukuran Subjektif (Soal Selidik) bagi lobi FTK .....	98
4.3.3	Korelasi (Correlation) Diantara Pengukuran Objektif Dan Pengukuran Subjektif Untuk Lobi FTK.....	104
4.3.4	Pengukuran Objektif Bagi Lobi FKM.....	106
4.3.5	Pengukuran Subjektif (Soal Selidik) bagi Lobi FKM.....	107
4.3.6	Korelasi (Correlation) Diantara Pengukuran Objektif Dan Pengukuran Subjektif Untuk Lobi FKM.....	113
4.4	Perbandingan projek dengan kajian yang pernah dilakukan .....	115
<b>BAB 5</b>	.....	117
<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	.....	117
5.1	Kesimpulan.....	117
5.2	Cadangan.....	118
5.2.1	Cadangan Untuk Penambahbaikan Keadaan Bangunan .....	118
5.2.2	Cadangan Untuk Kajian Akan Datang.....	118
<b>Rujukan</b>	.....	119

## SENARAI JADUAL

Jadual 2.1 : Maklumat bangunan serta pengguna bangunan. (Mustapa et al. 2016) .....	12
Jadual 2.2 : Jenis-jenis alat pengukur seta parameter yang diukur oleh setiap alat.....	13
Jadual 2.3 : Skala yang diguna pakai untuk soal selidik keselesaan termal (Mustapa et al. 2016) .....	14
Jadual 2.4 : Data kajian yang dilakukan pada musim panas (Mustapa et al. 2016) .....	15
Jadual 2.5 : Nilai peratusan kaitan antara responden TP dan individu TSV untuk mod “cooling load (CL)” dan “free running (FR)”. (Mustapa et al. 2016) .....	16
Jadual 2.6 : Peratusan tindakan penyesuaian (Mustapa et al. 2016).....	17
Jadual 2.7 : Bilangan responden dan borang soal selidik untuk 4 buah negara .....	19
Jadual 2.8 : Skala untuk sensasi termal dan keutamaan termal (Damiati et al. 2016).....	21
Jadual 2.9 : Skala untuk persepsi mereka pada kelembapan dan kelembapan yang diinginkan (Damiati et al. 2016).....	21
Jadual 2.10 : Data parameter untuk 4 buah negara (Damiati et al. 2016).....	22
Jadual 2.11 : Purata nilai sensasi termal dan keutamaan termal (Damiati et al. 2016).....	23
Jadual 2.12 : Perbandingan kajian dengan piawai tempatan (Damiati et al. 2016) .....	26
Jadual 2.13 : Purata nilai HF dan nilai HP (Damiati et al. 2016) .....	27
Jadual 2.14 : Pergerakan udara untuk setiap negara (Damiati et al. 2016) .....	27
Jadual 2.15 : 10 Kawasan kajian dan maklumatnya pengguna bangunan (Azizpour et al. 2013) .....	30
Jadual 2.16 : Data keadaan termal untuk 10 kawasan zon (Azizpour et al. 2013).....	32
Jadual 2.17 : Data sensasi termal untuk 10 zon kawasan (Azizpour et al. 2013).....	32
Jadual 2.18 : Data demografi pengguna bangunan (de Dear et al. 1991) .....	39
Jadual 2.19 : Data mengenai iklim-micro persekitaran dalam bangunan (de Dear et al. 1991) .....	40

Jadual 2. 20 : Undian keselesaan termal pada bangunan yang menggunakan sistem penyaman udara. (de Dear et al. 1991) .....	41
Jadual 2.21: Jadual perbandingan kajian .....	42
Jadual 3.1 : Nama kuar (probe) serta fungsi.....	48
Jadual 3.2: Parameter dan nama kuar .....	49
Jadual 3.3: Kuantiti fizikal serta unit .....	50
Jadual 3.4 Skala yang digunakan untuk undian Sensasi termal (“thermal sensation vote”, TSV) dan Keutamaan termal (“thermal preference”,Tp).....	58
Jadual 3.5 : Skala yang digunakan dalam borang soal selidik .....	58
Jadual 4.1: Data parameter yang direkodkan sewaktu tanpa kehadiran pengguna bangunan di lobi FKM .....	61
Jadual 4.2: Data parameter yang direkodkan sewaktu kehadiran pengguna bangunan di lobi FKM .....	62
Jadual 4.3: Data parameter yang direkodkan sewaktu kehadiran pengguna bangunan di lobi FTK .....	62
Jadual 4.4: Data parameter yang direkodkan sewaktu tanpa kehadiran pengguna bangunan di lobi FTK .....	63
Jadual 4.5 : Perbandingan antara lobi FKM dan lobi FTK .....	95
Jadual 4.6: Data suhu operative (°C), PMV, PPD (%), dan keadaan haba di lobi FTK .....	97
Jadual 4.7: Taburan responden yang terlibat di lobi FTK.....	98
Jadual 4.8: Undian sensasi termal (TSV) berdasarkan kedudukan dan jantina.....	99
Jadual 4.9: Undian persekitaran haba (TPV) yang diinginkan.....	100
Jadual 4.10: Data suhu operative (°C), PMV, PPD (%), dan keadaan haba di lobi FKM..	106
Jadual 4.11: Taburan responden yang terlibat di lobi FKM.....	108
Jadual 4.12: Jadual taburan undian sensasi termal mengikut jantina .....	109
Jadual 4.13: Jadual taburan undian persekitaran haba yang diinginkan oleh responden...	110

## SENARAI RAJAH

Rajah 1.1: Kawasan lobi di luar kelas pada aras bawah di bangunan FKM, UTeM. ....	3
Rajah 1.2 : Kawasan lobi di luar kelas pada aras bawah di bangunan FTK, UTeM. ....	3
Rajah 1.3 : carta aliran untuk kaedah melaksanakan projek .....	6
Rajah 2.1: Alatan pengukuran untuk mengukur suhu udara( $T_a$ ), suhu glob( $T_g$ ),kelembapan relative(RH) dan kelajuan udara( $V_a$ ) dangan ketinggian 1.1 meter dari aras lantai (Mustapa et al. 2016).....	12
Rajah 2.2: Lokasi setiap alat pengukuran diletakkan ( no 1,2,3 adalah lokasi alat diletakkan ) (Mustapa et al. 2016) .....	13
Rajah 2.3: Data histogram untuk lelaki dan perempuan dalam (a) “ free running” dan (b) “ cooling load” (Mustapa et al. 2016).....	17
Rajah 2.4: Contoh bangunan yang dikaji (Damiati et al. 2016) .....	19
Rajah 2.5: Kedudukan alat pengukuran (Damiati et al. 2016) .....	20
Rajah 2.6: Corak perubahan suhu $T_a$ dan $T_g$ (Damiati et al. 2016) .....	23
Rajah 2.7: Hubungan antara TSV dan TP (Damiati et al. 2016).....	24
Rajah 2.8: Perbandingan “comfort temperature” dengan piawaian (Damiati et al. 2016)...	25
Rajah 2.9: Mean comfort temperature and mean air movement (Damiati et al. 2016) .....	28
Rajah 2.10: Kedudukan alat pengukuran (Azizpour et al. 2013) .....	29
Rajah 2.11: Nilai PPD vs nilai PMV (Azizpour et al. 2013) .....	32
Rajah 2.12: Regresi linear antara data pengukuran dan soal selidik (Azizpour et al. 2013)	33
Rajah 2.13: Ciri-ciri responden(Hwang et al. 2006).....	36
Rajah 2.14: Syarat persekitaran dalaman termal berdasarkan carta keselesaan ASHRAE 55 (Hwang et al. 2006) .....	37
Rajah 2.15: Kaedah-kaedah dam menganalisis bebolehterimaan termal (Hwang et al. 2006) .....	38

Rajah 3.1: Kawasan lobi FKM .....	46
Rajah 3.2: Kawasan lobi FTK .....	46
Rajah 3.3 (a): Thermal Microclimate.....	47
Rajah 3.4: Kawasan alat pengukuran di lobi FKM (tanpa kehadiran penghuni bangunan) 51	
Rajah 3.5 : Kawasan alat pengukuran di lobi FTK (tanpa kehadiran penghuni bangunan) 51	
Rajah 3.6 : Lakaran pelan lobi FKM (tanda merah merujuk kedudukan alat diletakkan)...52	
Rajah 3.7: Lakaran pelan lobi FTK (tanda kuning merujuk kedudukan alat diletakkan)...52	
Rajah 3.8: kawasan alat pengukuran diletakkan di lobi FKM (kehadiran penghuni bangunan) .....	53
Rajah 3.9 : kawasan alat pengukuran diletakkan di lobi FTK (kehadiran penghuni bangunan) .....	54
Rajah 3.10: Lakaran pelan lobi FKM (tanda kuning merujuk kedudukan alat diletakkan).54	
Rajah 3.11: Lakaran pelan lobi FTK (tanda kuning merujuk kedudukan alat diletakkan)..55	
Rajah 3.12: Indeks Air Quality (IAQ) .....	55
Rajah 3.13: Sling Psychrometer .....	56
Rajah 3.14: Alat pemegang untuk IAQ.....	56
Rajah 4.1: Data suhu udara, 20 minit pertama, point 1 (FKM), pagi .....	64
Rajah 4.2: Data suhu udara, 20 minit kedua, point 2 (FKM), pagi .....	64
Rajah 4.3 : Data suhu udara, 20 minit ketiga, point 3 (FKM), pagi .....	65
Rajah 4.4: Data kelajuan udara, 20 minit pertama, point 1 (FKM), pagi .....	65
Rajah 4.5 : Data kelajuan udara, 20 minit kedua, point 2 (FKM), pagi.....	66
Rajah 4.6 : Data kelajuan udara, 20 minit ketiga, point 3 (FKM), pagi .....	66
Rajah 4.7 : Data kelembapan relatif, 20 minit pertama, point 1 (FKM), pagi .....	67
Rajah 4.8 : Data kelembapan relatif, 20 minit kedua, point 2 (FKM), pagi .....	67
Rajah 4.9 : Data kelembapan relative, 20 minit ketiga, point 3 (FKM), pagi.....	67
Rajah 4.10 : Data suhu udara, 20 minit pertama, point 1 (FKM), tengah hari.....	68
Rajah 4.11 : Data suhu udara, 20 minit kedua, point 2 (FKM), tengah hari.....	68
Rajah 4.12 : Data suhu udara, 20 minit ketiga, point 3 (FKM), tengah hari.....	69
Rajah 4.13 : Data kelajuan udara, 20 minit pertama, point 1 (FKM), tengah hari.....	69
Rajah 4.14 : Data kelajuan udara, 20 minit kedua, point 2 (FKM), tengah hari.....	70
Rajah 4.15 : Data kelajuan udara, 20 minit ketiga, point 3 (FKM), tengah hari.....	70
Rajah 4.16 : Data kelembapan relatif, 20 minit pertama, point 1 (FKM), tengah hari.....	71

Rajah 4.17 : Data kelembapan relatif 20 minit kedua, point 2 (FKM), tengah hari.....	71
Rajah 4.18 : Data kelembapan relatif, 20 minit ketiga, point 3 (FKM), tengah hari.....	71
Rajah 4.19 : Data suhu udara, 20 minit pertama, point 1 (FKM), petang.....	72
Rajah 4.20 : Data suhu udara, 20 minit kedua, point 2 (FKM), petang.....	72
Rajah 4.21 : Data suhu udara, 20 minit ketiga, point 3 (FKM), petang.....	73
Rajah 4.22 : Data kelajuan udara, 20 minit pertama, point 1 (FKM), petang.....	73
Rajah 4.23 : Data kelajuan udara, 20 minit kedua, point 2 (FKM), petang.....	74
Rajah 4.24 : Data kelajuan udara, 20 minit ketiga, point 3 (FKM), petang.....	74
Rajah 4.25 : Data kelembapan relatif, 20 minit pertama, point 1 (FKM), petang.....	75
Rajah 4.26 : Data kelembapan relatif, 20 minit kedua, point 2 (FKM), petang.....	75
Rajah 4.27 : Data kelembapan relatif, 20 minit ketiga, point 2 (FKM), petang.....	75
Rajah 4.28 : Data suhu udara, pengukuran pagi, lobi FKM.....	76
Rajah 4.29 : Data suhu udara, pengukuran petang, lobi FKM.....	77
Rajah 4.30 : Data kelajuan udara, pengukuran pagi, lobi FKM.....	78
Rajah 4.31 : Data kelajuan udara, pengukuran petang, lobi FKM.....	78
Rajah 4.32 : Data kelembapan relatif, pengukuran pagi, lobi FKM.....	79
Rajah 4.33 : Data kelembapan relatif, pengukuran petang, lobi FKM.....	79
Rajah 4.34 : Data suhu udara, 30 minit pertama, point 1 (FTK), pagi.....	81
Rajah 4.35 : Data suhu udara, 30 minit kedua, point 2 (FTK), pagi.....	81
Rajah 4.36 : Data kelajuan udara, 30 minit pertama, point 1 (FTK), pagi.....	82
Rajah 4.37 : Data kelajuan udara, 30 minit kedua, point 2 (FTK), pagi.....	82
Rajah 4.38 : Data kelembapan relatif, 30 minit pertama, point 1 (FTK), pagi.....	83
Rajah 4.39 : Data kelembapan relatif, 30 minit kedua, point 2 (FTK), pagi.....	83
Rajah 4.40 : Data suhu udara, 30 minit pertama, point 1 (FTK), tengah hari.....	84
Rajah 4.41 : Data suhu udara, 30 minit kedua, point 2 (FTK), tengah hari.....	84
Rajah 4.42 : Data kelajuan udara, 30 minit pertama, point 1 (FTK), tengah hari.....	85
Rajah 4.43 : Data kelajuan udara, 30 minit kedua, point 2 (FTK), tengah hari.....	85
Rajah 4.44 : Data kelembapan relatif, 30 minit pertama, point 1 (FTK), tengah hari.....	86
Rajah 4.45 : Data kelembapan relatif, 30 minit pertama, point 2, tengah hari.....	86
Rajah 4.46 : Data suhu udara, 30 minit pertama, point 1 (FTK), petang.....	87
Rajah 4.47 : Data suhu udara, 30 minit kedua, point 2, (FTK), petang.....	87
Rajah 4.48 : Data kelajuan udara, 30 minit pertama, point 1 (FTK), petang.....	88
Rajah 4.49 : Data kelajuan udara, 30 minit kedua, point 2 (FTK), petang.....	88
Rajah 4.50 : Data kelembapan relatif, 30 minit pertama, point 1 (FTK), petang.....	89



Rajah 4.51 : Data kelembapan relatif, 30 minit kedua, point 2 (FTK), petang .....	89
Rajah 4.52 : Data suhu udara, pengukuran pagi, lobi FTK.....	90
Rajah 4.53 : Data suhu udara, pengukuran petang, lobi FTK .....	90
Rajah 4.54 : Data kelajuan udara, pengukuran pagi, lobi FTK .....	91
Rajah 4.55 : Data kelajuan udara, pengukuran petang, lobi FTK .....	92
Rajah 4.56 : Data kelembapan relatif, pengukuran pagi, lobi FTK.....	92
Rajah 4.57 : Data kelembapan relatif, pengukuran petang, lobi FTK .....	93
Rajah 4.58: Graf PPD (paksi -y) VS PMV (paksi-x) untuk setiap kedudukan.....	96
Rajah 4.59: PMV vs PPD untuk 6 kedudukan pengukuran .....	98
Rajah 4.60 : Peratusan undian sensasi termal.....	100
Rajah 4.61 : Graf bar untuk persekitaran haba yang diinginkan .....	101
Rajah 4.62: Pergerakan udara yang dirasakan oleh responden.....	101
Rajah 4.63 : Cara pengguna bangunan menyesuaikan diri .....	102
Rajah 4.64 : Cara berpakaian pengguna bangunan pada waktu pengukuran .....	103
Rajah 4.65: Regresi linear diantara data pengukuran (PMV) dan data subjektif (TSV) di lobi FTK .....	104
Rajah 4.66 : Regresi linear diantara data (TSV) dan data $T_o$ , °C .....	105
Rajah 4.67: PMV vs PPD untuk 9 kedudukan pengukuran .....	107
Rajah 4.68: Graf peratusan undian sensasi termal.....	109
Rajah 4.69: Graf peratusan undian persekitaran haba yang diinginkan.....	110
Rajah 4.70: Graf undian pergerakan udara dil lobi FKM .....	111
Rajah 4.71: Cara pengguna bangunan menyesuaikan diri .....	112
Rajah 4.72: Cara berpakaian oleh pengguna bangunan di lobi FKM.....	113
Rajah 4.73: Regresi linear diantara data pengukuran (PMV) dan data subjektif (TSV) di lobi FKM .....	114
Rajah 4.74: Regresi linear diantara data (TSV) dan data $T_o$ , °C di lobi FKM.....	115

## SENARAI SINGKATAN

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air -Conditioning Engineer
MS	Malaysian Standard
ANSI	American National Standard Institute
ANS	American National Standard
Ta	Suhu udara
RH	Kelembapan relatif
Tg	Suhu glob
Va	Kelajuan udara
CL	“Cooling load”
Fr	“Free running”
TSV	Undian sensasi termal “thermal sensation vote”
Tmrt	Min suhu sinara “mean radiant temperature”
Top	“Operative temperature”
SHASE	society of heating , air -conditioning and sanitary engineering of japan
TP	pemilihan termal “thermal preference”
HVAC	“Heating,ventilation, and air conditioning”
HP	Min pemilihan kelembapan (mean humidity preference)
HF	Min ransangan kelembapan (mean humidity feeling)
UKMMC	University Kebangsaan Malaysia Medical Centre
PMV	Jangkaan Purata Undi “ <i>Predicted Mean Vote</i> ”

PPD	Peratusan yang tidak berpuas hati yang dijangka “ <i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i> ”
BMI	Indeks jisim badan “body mass indeks”
SPSS	“Statistical Packages for the Social Sciences”

## SENARAI SIMBOL

°C	Degree Celsius
Clo	Nilai penebatan pakaian “clothing insulation”
Met	Kadar metabolisme
%	Peratusan
m/s	kelajuan ( meter/saat)
m	meter

## SENARAI LAMPIRAN

Lampiran A.....	122
Lampiran B.....	123
Lampiran C.....	124
Lampiran D.....	125
Lampiran E.....	127
Lampiran F.....	129
Lampiran G.....	131
Lampiran H.....	133
Lampiran I.....	135
Lampiran J.....	136
Lampiran K.....	137
Lampiran L.....	138
Lampiran M.....	139
Lampiran N.....	140
Lampiran O.....	141

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar belakang kajian**

Kajian keselesaan termal kebiasaannya dilakukan di tempat di mana manusia tinggal. Ia lebih kepada analisis mengenai ruang peralihan dalam sesebuah bangunan, bergantung kepada tujuan kajian dijalankan. Maksud ruang peralihan untuk sesebuah bangunan ialah kawasan sempadan yang memisahkan persekitaran dalam bangunan dan persekitaran luar bangunan (Kwong et al. 2009a). Ruang peralihan juga terbahagi kepada dua situasi iaitu ruang yang terbuka kepada alam sekitar dan ruang yang tertutup seperti lobi, koridor, ruang legar dan lain-lain ruang yang berkaitan. Setiap ruang menunjukkan perbezaan bacaan suhu udara, min suhu radian, kelembapan, pakaian, pergerakan udara, dan lain-lain perkara yang berkaitan (Jamaludin et al. 2015).

Dalam kajian mengenai keselesaan termal, (Chun et al. 2004) mengkategorikan ruang kepada 3 jenis, yang pertama ruang peralihan yang berada dalam bangunan, seperti lobi hotel yang melibatkan pergerakan manusia di dalamnya. Kedua, kawasan terlindung yang dihubungkan dengan bangunan. Contohnya balkoni, arked dan lain-lain. Akhir sekali, ruang ataupun bilik yang berada di persekitaran luar dari bangunan, sebagai contoh stesen bas, pondok, dan sebagainya. Ketiga-tiga jenis ruang ini telah dikategorikan oleh di dalam kajiannya.

Kajian berkenaan keselesaan termal telah banyak dijalankan sebelum ini. Ia bermula pada awal abad ke-20, kajian ini telah dimulakan oleh Gagge (Gagge & Fanger 2015) untuk menyelesaikan beberapa masalah di kawasan kerja dan untuk mengetahui punca berlakunya tekanan di tempat kerja sewaktu perang dunia ke-2. Selepas beberapa tempoh, berakhirnya perang dunia ke-2, Fanger (Gagge & Fanger 2015) dan beberapa penyelidik lain menyetujui kajian yang dijalankan oleh Gagge sebagai disiplin sebenar kajian mengenai keselesaan termal (Gagge & Fanger 2015).

Fizikal dalaman sesebuah bangunan juga menyumbang kepada keadaan atau persekitaran dalam bangunan. Perbezaan luas kawasan, struktur bangunan, bahan untuk pembinaan serta warna cat yang digunakan dalam bangunan juga dapat memberi kesan kepada keselesaan penghuni bangunan. Mengikut standard Malaysia MS 1525:2014 dan ASHRAE 55, suhu udara untuk persekitaran dalam bangunan adalah antara julat 23°C hingga 26°C. Dengan, kelembapan relatif adalah antara 50% hingga 70%. Maksud kelembapan relatif ialah jumlah peratusan kelembapan wap air yang berada di udara. Untuk halaju udara mengikut piawaian ialah antara 0.15 m/s hingga 0.50 m/s. Kesemua piawaian ini telah dipersetujui oleh pelbagai pihak untuk keselesaan penghuni di dalam bangunan.

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Kampus Teknologi yang terletak di Ayer Keroh mempunyai 2 bangunan fakulti iaitu Bangunan Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dan Bangunan Fakulti Teknologi Kejuruteraan. Kedua-dua Bangunan ini menggunakan sistem penghawa dingin untuk mengawal suhu di dalam bangunan.

Untuk Projek Sarjana Muda ini, lobi di luar bilik kuliah pada aras bawah telah dipilih sebagai kawasan kajian. Rajah 1.1 dan Rajah 1.2 merupakan kawasan yang dipilih untuk

kajian kes projek. Pemilihan bangunan ini di buat kerana sudah terdapat aduan daripada pengguna berkenaan ketidakselesaan pada beberapa bahagian dalam bangunan,. Sebagai contoh, kawasan tumpuan pelajar seperti lobi di tingkat bawah bersebelahan lif dan kedudukan tempat belajar agak dekat dengan cermin.

Suatu kajian wajar di buat untuk mengetahui persepsi penghuni merujuk kepada kawasan yang dipilih dan juga menganalisis keadaan tahap keselesaan termal dan aliran udara di sekitar kawasan. Perbandingan tahap keselesaan juga akan di buat antara lobi di bangunan FKM dan lobi bangunan FTK.



Rajah 1.2 : Kawasan lobi di luar kelas pada aras bawah di bangunan FTK, UTeM.



Rajah 1.1: Kawasan lobi di luar kelas pada aras bawah di bangunan FKM, UTeM.