

**KAJIAN KUALITI PERSEKITARAN DALAMAN
UNTUK REKABENTUK BILIK DARJAH DI DUA
BUAH SEKOLAH DI PULAU PINANG,
MALAYSIA
KAJIAN KES: SEKOLAH DI PULAU PINANG**

ZALENA BINTI ABDUL AZIZ

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2017

**KAJIAN KUALITI PERSEKITARAN DALAMAN
UNTUK REKABENTUK BILIK DARJAH DI DUA
BUAH SEKOLAH DI PULAU PINANG,
MALAYSIA
KAJIAN KES: SEKOLAH DI PULAU PINANG**

oleh

ZALENA BINTI ABDUL AZIZ

**Tesis ini diserahkan untuk
Memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains (Senibina)**

Ogos 2017

PENGHARGAAN

Setinggi penghargaan kepada penyelia tesis yang dirahmati Allah Professor Madya Dr Muna Hanim Binti Abdul Samad, atas kesabaran, bimbingan dan dorongan bagi merealisasikan kajian tesis ini. Ucapan setinggi terima kasih kepada yang berbahagia Dekan, pensyarah dan kakitangan Pusat Pengajian Perumahan Bangunan dan Perancangan dan semua orang perseorangan yang telah memberi komitmen dan bantuan teknikal yang sangat menyumbang kepada penghasilan tesis ini.

Jutaan terima kasih kepada Kementerian Pelajaran Malaysia dan Jabatan Pendidikan Negeri Pulau Pinang di atas kerjasama yang sangat cemerlang pada peringkat awal kajian tesis. Penghargaan yang tidak terhingga kepada Guru Besar Sekolah Kebangsaan Gelugor Pulau Pinang dan Guru Besar Sekolah Kebangsaan Minden Height, pihak pengurusan sekolah dan semua pelajar-pelajar yang telah terlibat dalam sesi pengumpulan data terutama pelajar-pelajar darjah 4 & 5 sesi 2014. Ucapan terima kasih juga kepada arkitek bagi kedua-dua buah sekolah yang terlibat dalam kajian tesis ini. Semua elemen dan rekabentuk bangunan yang dikaji adalah untuk tujuan ilmiah dan bukan merupakan sebagai satu kritikan professional.

Yang paling istimewa, penghargaan dan kasih sayang untuk Ar Abdul Rahim Bin Aziz, Aniq Ammar, Aniq Arieff, A'in Suraya dan Aniq Anaqie atas kesabaran, sokongan dan galakan. Semoga tesis ini menjadi dorongan untuk sentiasa berusaha dan menjadi insan yang lebih hebat.

Ar Zalena Binti Abdul Aziz

Ogos 2017

SUSUNAN KANDUNGAN

Penghargaan	ii
Susunan Kandungan	iii
Senarai Jadual	vii
Senarai Rajah	ix
Abstrak	xiv
Abstract	xv
BAB 1 - PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Pernyataan Masalah	6
1.3 Persoalan Kajian	7
1.4 Objektif Kajian	8
1.5 Skop Kajian	8
1.6 Kepentingan Kajian	9
1.7 Organisasi Kajian	10
BAB 2 - KAJIAN LITERATUR	
2.1 Pengenalan	13
2.2 Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD)	14
2.2.1 Definisi Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD)	14
2.2.2 Faktor Memengaruhi Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD)	14
2.3 Elemen Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD)	15
2.3.1 Kualiti Keselesaan Terma	16
2.3.1(a)Pengaruh Ciri-ciri Bangunan kepada Keselesaan Terma	20
2.3.1(b)Sifat-sifat Terma Haba Bahan Binaan	22
2.3.2 Kualiti Bunyi Dalaman	28

2.3.3	Kualiti Udara Dalam (KUD)	29
2.3.3(a)	Model Pengurusan IAQ Sekolah Oleh USEPA	30
2.3.3(b)	Peredaran Udara Atau Ventilasi Udara	33
2.3.4	Pencahayaan	36
2.3.4(a)	Pemilihan Jenis Kaca	39
2.3.4(b)	Peneduh Tingkap Dan Penghalang Silau	41
2.4	Perlaksanaan Kualiti Persekitaran Dalam (KPD)	50
2.4.1	Indeks Tenaga Bangunan (ITB)	54
2.5	Keberkesanan Perlaksanaan KPD	54
2.6	Iklm Dan Keselesaan	58
2.6.1	Faktor Iklm Dan Elemen Iklm	58
2.6.2	KUD Dan Iklm	59
2.7	Kesimpulan	61
BAB 3 - METODOLOGI KAJIAN		
3.1	Pengenalan	64
3.2	Proses Kajian	66
3.3	Kriteria Pemilihan Sekolah Kajian	71
3.3.1	Lokasi	71
3.3.2	Rekabentuk, Bahan Binaan Sampul Bangunan Dan Tahun Dibina	72
3.3.3	Orientasi Dan Geografi Tapak	72
3.4	Latar Belakang Sekolah Kajian	72
3.5	Strategi Persampelan	83
3.5.1	Responden	83
3.5.2	Kaedah Persampelan	84
3.6	Instrumen Kajian	86
3.7	Kaedah Pengumpulan Data	87

3.8	Kaedah Analisis Data	87
BAB 4 - PENEMUAN DAN ANALISA KAJIAN		
4.1	Pengenalan	88
4.2	Analisis Kajian Soal Selidik	89
4.2.1	Analisis Demografi Responden	89
4.2.2	Analisis Persepsi Murid-murid Terhadap Kualiti Pengudaraan	90
4.2.3	Analisis Persepsi Terhadap Keselesaan Terma	91
4.2.4	Analisis Kualiti Pencahayaan Di Dalam Bangunan	94
4.2.5	Analisis Kualiti Bunyi Di Dalam Bangunan	95
4.3	Analisis Kajian Lapangan – Kaedah Pengukuran Elemen KPD	96
4.3.1	Analisis Faktor Persekitaran Dalaman Sekolah A (Sek Keb Sg. Gelugor)	97
4.3.2	Rekod Bacaan Data Terma Dinding Bangunan	102
4.3.3	Rekod Bacaan Data Pencahayaan dalam Bangunan	105
4.3.4	Analisis Faktor Persekitaran Dalaman Sekolah B (Sek Keb Minden Height)	109
4.3.5	Rekod Bacaan Data Pencahayaan dalam Bangunan	117
4.4	Impak Rekabentuk Moden Terhadap Kualiti Pencahayaan Dalam Bilik Darjah	121
4.5	Impak Rekabentuk Moden Terhadap Kualiti Bunyi Dalam Bilik Darjah	122
4.6	Impak Rekabentuk Moden Terhadap Kelajuan Angin Dalam Bilik Darjah	123
4.7	Kesimpulan	124
BAB 5 - RINGKASAN KAJIAN		
5.1	Ringkasan Kajian	125
5.2	Pencapaian Objektif Kajian	126
5.3	Penemuan Kajian	128
5.3.1	Kesan Penggunaan Peranti Peneduh	130

5.3.2	Orientasi Bangunan Sekolah	135
5.3.3	Pengunaan Jenis Tingkap yang Berbeza	138
5.4	Limitasi Kajian	141
5.5	Cadangan Kajian Lanjutan	142
5.6	Kesimpulan	143
	RUJUKAN	144
	LAMPIRAN	

SENARAI JADUAL

		Halaman
Jadual 1.1	Elemen Penilaian IBH Terhadap Sesebuah Bangunan	1
Jadual 1.2	Bilangan Sekolah Dari Tahun 2011 Hingga Tahun 2013	3
Jadual 1.3	Skala Undian Terma Deria Rasa	5
Jadual 2.1	Nilai Ketumpatan Dan Kapasiti Haba Mengikut Bahan	24
Jadual 2.2	Lag Masa Bagi Setiap Bahan Binaan.	24
Jadual 2.3	Tahap Konduktiviti Bahan Binaan	26
Jadual 2.4	Maklumat Tentang Kadar Penerimaan Bunyi Untuk Penjagaan Kesihatan Manusia	28
Jadual 2.5	Undang-Undang Kecil Bangunan (UBBL) 1984 (41), Artikel 12(1)	34
Jadual 2.6	Ringkasan Kajian Terdahulu Berkenaan Kualiti Persekitaran Dalaman	61
Jadual 3.1	Ciri-Ciri Sampel Kajian Untuk Kedua-Dua Sekolah Iaitu Sekolah A Dan Sekolah B	84
Jadual 3.2	Rajah Perincian Radas Dan Fungsi Yang Digunakan Untuk Kajian Lapangan	86
Jadual 4.1	Waktu Kemuncak Tahap Keselesaian Terma Dalam Bilik Darjah	93
Jadual 4.2	Klasifikasi Kondisi Bilik Darjah Kajian	98
Jadual 4.3	Bacaan Faktor Kualiti Persekitaran Dalaman Di Bilik Darjah A	98
Jadual 4.4	Bacaan Faktor Kualiti Persekitaran Dalaman Di Bilik Darjah B	99
Jadual 4.5	Bacaan Terma Dinding Bilik Darjah A	103
Jadual 4.6	Bacaan Terma Dinding Bilik Darjah B	104
Jadual 4.7	Bacaan Meter Pencahayaan Bilik Darjah A	106
Jadual 4.8	Bacaan Meter Pencahayaan Bilik Darjah B	108
Jadual 4.9	Bacaan Faktor Kualiti Persekitaran Dalaman Di Bilik Darjah A	109

Jadual 4.10	Bacaan Faktor Kualiti Persekitaran Dalaman Di Bilik Darjah B	110
Jadual 4.11	Klasifikasi Kondisi Bilik Darjah Kajian	111
Jadual 4.12	Bacaan Terma Dinding Bilik Darjah A	114
Jadual 4.13	Bacaan Terma Dinding Bilik Darjah B	116
Jadual 4.14	Bacaan Meter Pencahayaan Bilik Darjah A	118
Jadual 4.15	Bacaan Meter Pencahayaan Bilik Darjah B	119
Jadual 5.1	Perbezaan Bacaan Halaju Udara Bagi Kedua-Dua Buah Sekolah	128
Jadual 5.2	Perbezaan Bacaan Suhu dan Pencahayaan Tertinggi di Kedua-dua Buah Sekolah	130

SENARAI RAJAH

		Halaman
Rajah 1.1	Senarai Bab Kajian	10
Rajah 2.1	Kesan Penerimaan dan Kehilangan Haba Pada Tubuh Manusia	17
Rajah 2.2	Keselesaian Terma Dipengaruhi Oleh Suhu Udara dan Suhu Dinding	18
Rajah 2.3	Perbezaan Kadar Lag Terma Terhadap Jenis Bahan Yang Digunakan	23
Rajah 2.4	Kadar Lag Masa Bahan Berdasarkan Ketebalannya	25
Rajah 2.5	RangkaKerja Pengurusan KUD Sekolah yang Efektif	31
Rajah 2.6	Enam Penyelesaian Teknikal dalam Rangka Kerja Efektif Pengurusan KUD Sekolah	33
Rajah 2.7	Jenis Peredaran Udara	35
Rajah 2.8	Alternatif Rekabentuk Perincian Tingkap Untuk Mendapatkan Pencahayaan Siang Yang Maksima Dan Mengelakkan Silau	37
Rajah 2.9	Contoh Strategi Pencahayaan Siang Maksima Dalam Bangunan	38
Rajah 2.10	Penerima Haba Solar Melalui Bukaannya	40
Rajah 2.11	Elemen Yang Wajar Dipertimbangkan Semasa Merekabentuk Peneduh	42
Rajah 2.12	Sudut Matahari Pada Waktu Pagi Dan Tengahari	43
Rajah 2.13	Sudut Matahari Dan Orentasi Yang Memberi Kesan Kepada Rekabentuk Elemen Peneduh Pada Bangunan	44
Rajah 2.14	Unjuran Kekisi Yang Selari Dengan Dinding	45
Rajah 2.15	Unjuran Kekisi Bersudut Tepat Dengan Dinding	45
Rajah 2.16	Kekisi Melintang Bertingkat	46
Rajah 2.17	Posisi Kekisi Boleh Laras Mengikut Orentasi Matahari Untuk Mendapatkan Peneduhan Maksima Dan Pancaran Matahari Maksima	47
Rajah 2.18	Alat Peneduh Kelongsong Telur Yang Berfungsi Mengikut Sudut Matahari.	48

Rajah 2.19	Radiasi Pantulan Penyumbang Kepada Radiasi Solar dalam Bangunan	49
Rajah 3.1	Langkah-Langkah Pelaksanaan Kajian	65
Rajah 3.2	Carta Alir Metodologi Kajian	68
Rajah 3.3	Peta Lokasi Sekolah Kebangsaan Sg. Gelugor dan Sekolah Kebangsaan Minden Height	73
Rajah 3.4	Pandangan Hadapan Blok A Sekolah Kebangsaan Sg. Gelugor (Sekolah A) Yang Merupakan Blok Baru	74
Rajah 3.5	Keratan Blok A Sekolah Kebangsaan Sg. Gelugor Iaitu Blok Baru Yang Menghadap Arah Selatan	75
Rajah 3.6	Pelan Tapak Sekolah Kebangsaan Sg. Gelugor	76
Rajah 3.7	Pelan Blok 'B' dan Pandangan Perspektif Bilik Darjah Yang Dilabelkan Sebagai Lokasi B - Sekolah Kebangsaan Sg. Gelugor	76
Rajah 3.8	Pelan Blok A	77
Rajah 3.9	Pandangan Dari Arah Padang Menunjukkan Alat Peneduh Menegak Dan Melintang Pada Fasad Bangunan. Koridor Juga Direkabentuk Dengan Dinding Berlubang Untuk Tujuan Ventilasi Melintang Berlaku	77
Rajah 3.10	Keratan Blok Kajian Iaitu Blok Pentadbiran	78
Rajah 3.11	Pelan Tapak Sekolah Kebangsaan Minden Height	79
Rajah 3.12	Pandangan Hadapan Blok Kajian- Fasad Dengan Tingkap Jenis Bukaian Atas	79
Rajah 3.13	Jenis Bukaian Atas Kaca Gelap Pada Fasad dan Elemen Kekisi Aluminium (Louvers) Pada Bahagian Koridor.	80
Rajah 3.14	Bangunan Pentadbiran dengan Ketinggian 4 Tingkat yang Menghalang Bangunan Lain dari Segi Visual dan Peredaran Sumber Semulajadi.	80
Rajah 3.15	Pelan Blok Pentadbiran Bilik Darjah A Dan Bilik Darjah B	81
Rajah 3.16	Keratan dan Pandangan Sisi Blok Pentadbiran Yang Menempatkan Bilik Darjah A	82
Rajah 3.17	Kelas yang dipilih adalah terdiri daripada dua kelas yang beroperasi pada sesi pagi	85
Rajah 3.18	Umur pelajar adalah antara 10-11 tahun	85

Rajah 3.19	Orientasi bilik darjah yang terdedah kepada cahaya siang yang banyak	85
Rajah 4.1	Carta Analisis Bilangan Responden	90
Rajah 4.2	Tahap Kepuasan Penyediaan Tingkap Di Dalam Bilik Darjah	90
Rajah 4.3	Tahap Kepuasan Penyediaan Tingkap Di Dalam Bilik Darjah	91
Rajah 4.4	Tahap Keselesaan Responden di Dalam Bilik Darjah	91
Rajah 4.5	Kekerapan Penggunaan Kipas dalam Bilik Darjah	92
Rajah 4.6	Faktor yang Mempengaruhi Ketidakselesaan Terma dalam Bilik Darjah	93
Rajah 4.7	Analisis Kualiti Pencahayaan Semulajadi dalam Bilik Darjah	94
Rajah 4.8	Analisa Rekabentuk Sekolah dalam Mengawal Silauan Matahari ke dalam Bilik Darjah	94
Rajah 4.9	Gangguan Terhadap Kualiti Bunyi	95
Rajah 4.10	Purata Suhu Bulanan Negeri Pulau Pinang	96
Rajah 4.11	Pelan Tapak Sekolah Sampel A- Sekolah Kebangsaan Bukit Gelugor Dan Arah Pergerakan Matahari Dan Pergerakan Angin	97
Rajah 4.12	Bacaan Faktor Kualiti Persekitaran Dalaman di Bilik Darjah A	98
Rajah 4.13	Bacaan Faktor Kualiti Persekitaran Dalaman di Bilik Darjah B	99
Rajah 4.14	Graf Suhu Dalaman Bilik Darjah Kajian di Sekolah A	100
Rajah 4.15	Graf Kelembapan Relatif Bilik Darjah Kajian di Sekolah A	100
Rajah 4.16	Graf Halaju Udara Bilik Darjah Kajian di Sekolah A	101
Rajah 4.17	Graf Tahap Kebisingan Dalam Bilik Darjah Kajian di Sekolah A	102
Rajah 4.18	Lakaran Struktur Bilik Darjah A	102
Rajah 4.19	Bacaan Terma Dinding Bilik Darjah A	103
Rajah 4.20	Lakaran Pelan Bilik Darjah B	104
Rajah 4.21	Carta Bacaan Terma Dinding Bilik Darjah B	105
Rajah 4.22	Lokasi Ruang yang Menerima Cahaya Matahari Maksimum	106
Rajah 4.23	Bacaan Meter Pencahayaan Bilik Darjah A	107

Rajah 4.24	Lakaran Struktur Bilik Darjah B	107
Rajah 4.25	Bacaan Meter Pencahayaan Bilik Darjah B	108
Rajah 4.26	Bacaan Faktor Kualiti Persekitaraan Dalam di Bilik Darjah A dan B	109
Rajah 4.27	Bacaan Faktor Kualiti Persekitaran Dalam di Bilik Darjah A dan B	110
Rajah 4.28	Graf Rekod Bacaan Suhu Dalam Bilik Darjah A dan B	111
Rajah 4.29	Graf Rekod Bacaan Kelembapan Relatif Bilik Darjah A dan B	112
Rajah 4.30	Graf Rekod Bacaan Halaju Udara Bilik Darjah A dan B	112
Rajah 4.31	Elemen Vegetasi Peneduh Yang Digunakan Di Sepanjang Blok B	113
Rajah 4.32	Rekod Bacaan Tahap Kebisingan Bilik Darjah A dan B	113
Rajah 4.33	Lakaran Struktur Bilik Darjah A	114
Rajah 4.34	Bacaan Terma Dinding Bilik Darjah A	115
Rajah 4.35	Lakaran Struktur Bilik Darjah B	115
Rajah 4.36	Bacaan Terma Dinding Bilik Darjah B	116
Rajah 4.37	Lakaran Struktur Bilik Darjah A	117
Rajah 4.38	Keratan Rentas struktur Bilik Darjah A	118
Rajah 4.39	Bacaan Meter Pencahayaan Bilik Darjah A	118
Rajah 4.40	Lakaran Struktur Bilik Darjah B	119
Rajah 4.41	Bacaan Meter Pencahayaan Bilik Darjah B	120
Rajah 4.42	Perbezaan Bacaan Meter Pencahayaan Sekolah A dan Sekolah B	121
Rajah 4.43	Perbezaan Tahap Kebisingan Sekolah A dan Sekolah B	122
Rajah 4.44	Perbezaan Bacaan kelajuan Udara Kedua-dua Buah Sekolah	123
Rajah 5.1	Graf Suhu Dalam Sekolah A dan Sekolah B	127
Rajah 5.2	Impak Pantulan Lantai dan Bangunan Bersebelahan	129
Rajah 5.3	Peranti Teduhan Secara Menegak Dan Mendatar Pada Bahagian Fasad Selatan	131
Rajah 5.4	Pelan Perincian Peranti Teduhan Secara Menegak dengan	

	saiz 0.8meter	132
Rajah 5.5	Gambar Foto Dan Lakaran Peranti Teduhan Secara Mendatar Di Bahagian Fasad	132
Rajah 5.6	Penggunaan Peranti Peneduh di Sekolah Kebangsaan Sg. Gelugor yang menyerupai konsep kelongsong telur	133
Rajah 5.7	Keratan Tipikal Bangunan Kelas B	134
Rajah 5.8	Peranti Teduhan Secara Mendatar Di Bahagian Selatan Kelas B Sekolah Kebangsaan Minden Height	134
Rajah 5.9	Keadaan Sekitar Sekolah Minden Height	135
Rajah 5.10	Kedudukan Bangunan Untuk Kelas A	136
Rajah 5.11	Keratan Tipikal Bangunan Baru Aras Satu Kelas B	137
Rajah 5.12	Pandangan pada bangunan kajian yang menghadap utara dan selatan menghasilkan kesan bayang teduh pada fasad pada Sekolah Minden Height	138
Rajah 5.13	Tingkap Ram Kaca Didalam Kelas A	139
Rajah 5.14	Tingkap Ram Kaca Yang Digunakan Didalam Kelas B	139
Rajah 5.15	Pencahayaan Semula Jadi Yang Diterima Dalam Kelas B	140
Rajah 5.16	Jenis Tingkap Yang Digunakan Untuk Kelas A Dan B	140
Rajah 5.17	Jenis Tingkap Yang Digunakan Untuk Kelas A Dan B	141

**KAJIAN KUALITI PERSEKITARAN DALAMAN UNTUK REKABENTUK
BILIK DARJAH DI DUA BUAH SEKOLAH DI PULAU PINANG,
MALAYSIA**

KAJIAN KES: SEKOLAH DI PULAU PINANG

ABSTRAK

Kualiti persekitaran dalaman (KPD) merujuk kepada kualiti dalaman bangunan yang berkaitan dengan kesihatan dan kehidupan baik penghuni dalam ruang tersebut. Fokus kajian ini adalah mengenalpasti tahap keselesaan pelajar sekolah rendah di dalam bilik darjah. Penyiataan merangkumi lima (5) elemen iaitu pencahayaan, keselesaan terma, kelembapan relatif, aras bunyi dan pengedaran udara (halaju udara). Kajian telah dilakukan untuk mendapatkan bacaan saintifik bagi tujuan pengumpulan data ke atas dua buah sekolah rendah. Melalui data yang dianalisis, kajian menunjukkan kedua-dua sekolah mencatat bacaan suhu bilik darjah melebihi 30°C. Pencahayaan siang yang sangat rendah dicatatkan di sekolah B dan masalah silau yang tinggi dicatatkan di sekolah A. Kajian menunjukkan tahap bunyi dalam bilik darjah yang dikaji adalah melebihi 35dB. Kajian ini membuat kesimpulan bahawa orientasi bangunan, penggunaan peneduh matahari dan peredaran udara yang berkesan membantu untuk mencapai persekitaran dalaman yang berkualiti. Kajian ini mendapati tahap kelembapan relatif adalah tinggi jika suhu udara dalaman adalah tinggi. Kajian ini juga menunjukkan bahawa reka bentuk tingkap yang baik membantu untuk meningkatkan pergerakan udara dan kemasukan cahaya siang ke dalam bangunan. Penggunaan kaca bertinta gelap di sekolah B didapati berupaya untuk menghalang silau dari cahaya matahari terus tetapi juga menghalang kemasukan cahaya siang ke dalam bilik darjah.

**STUDY ON INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY FOR CLASSROOM
DESIGN OF TWO SCHOOLS IN PENANG, MALAYSIA
CASE STUDY: SCHOOL IN PENANG**

ABSTRACT

The Indoor Environmental Quality (IEQ) refers to the indoor quality of buildings that relate to the health and well-being of the occupants in a space. The focus of the study is identifying the level of comfort among primary school students in the classroom. The investigation covers five (5) elements namely lighting, thermal comfort, relative humidity, noise level and air movement (air velocity). A study was conducted to obtain scientific reading for the purpose of data collection on two primary schools. Through the analyzed data, studies show that both schools record classroom indoor air temperature reading above 30°C. Very low daylight was recorded in school B and high glare issues were recorded at school A. The study showed that the noise level in the classroom was over 35dB. This study concludes that building orientation, use of sun shading devices and efficient air movement helps to achieve good IEQ. The study found that the relative humidity is high if the indoor air temperature is high. This study also shows that a good window design helps to improve air movement and the inclusion of daylight into the building. The use of tinted glass in school B was found to be able to eliminate glare from direct sunlight but also block light transmission into class room.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD) merupakan satu elemen penting dalam sesebuah bangunan. Godish (2001) dalam bukunya menyebut tentang elemen-elemen dalam sesebuah bangunan yang boleh mendorong kepada KPD yang baik. Menurutnya elemen seperti bahan binaan, kemasan, jenis bukaan dan rekabentuk bumbung adalah elemen yang menentukan KPD. KPD sangat jarang diberi perhatian utama semasa proses rekabentuk dan pengurusan bangunan. KPD yang tidak seimbang menyumbang kepada sindrom bangunan sakit apabila bangunan gagal berfungsi dengan baik.

Muhammad Azwan Sulaiman (2013) yang mengkaji berkenaan penilaian KPD berdasarkan pengurusan fasiliti di Institusi Pengajian Tinggi Awam yang mendapati bahawa terdapat beberapa penambahbaikan perlu dilakukan bagi memberi keselesaan kepada penghuni bangunan kerana KPD bangunan institusi pengajian tinggi di Malaysia berada pada tahap sederhana. KPD juga merupakan satu keperluan yang digariskan dalam penilaian bangunan hijau dalam Indeks Bangunan Hijau (IBH). Jadual 1.1 menunjukkan KPD termasuk dalam elemen penilaian Indeks Bangunan Hijau terhadap sesebuah bangunan.

Jadual 1.1: Elemen Penilaian IBH terhadap sesebuah bangunan

6 KRITERIA YANG AKAN DINILAI PADA SETIAP BANGUNAN	
1	Kecekapan Tenaga
2	Kualiti Persekitaran Dalaman
3	Kelestarian pengurusan dan Perancangan Tapak
4	Sumber dan bahan
5	Kecekapan Air
6	Inovasi

Sumber: <http://www.greenbuildingindex.org/>

Keselesaan adalah merupakan satu penilaian subjektif mengikut persepsi individu sementara keselesaan terma mengikut Zulkifli (1999) dan Fanger (1973) wujud dari keseimbangan faktor psikologi, biologi, fizikal dan fisiologi (Abdul Rahman,2013). Manusia normal memerlukan suhu badan pada takat 37°C bagi memastikan sistem dalam badan berfungsi. Zon keselesaan termal setiap manusia adalah berbeza-beza mengikut iklim setempat. Fakta ini disokong oleh Zulkifli (1999) yang menyatakan proses pertukaran haba antara badan manusia dan persekitaran melalui sinaran (45%), perolakan (35%), penyejatan (20%) dan pengaliran (1%).

Ketidakselesaan termal ini akan menyebabkan beberapa konflik, masalah dan kesan psikologi terhadap penghuninya. Kesan yang paling ketara adalah kemerosotan kualiti kesihatan, kelesuan, cepat letih, ruam, bibir kering dan lain-lain. (Jansz, 2011)

KPD merupakan satu elemen yang memainkan peranan yang penting untuk memberi daya huni yang baik kepada penghuni sesebuah bangunan. KPD mempunyai lima (5) faktor penentu. Kelima-lima faktor itu ialah:

- i. Kualiti Pencahayaan
- ii. Kualiti Keselesaan Terma
- iii. Kualiti Udara
- iv. Kualiti Bunyi
- v. Kelembapan

Kesemua faktor penentu KPD ini akan diterangkan dengan lebih jelas dalam bab-bab yang seterusnya dalam laporan kajian ini. Penerapan kelima-lima faktor ini dalam pertimbangan membina sesebuah bangunan khususnya bangunan sekolah

adalah sangat penting demi memberi keselesaan kepada penghuni di dalam bangunan tersebut. Kelima-lima faktor ini dapat dihasilkan melalui rekabentuk sampel bangunan, orientasi bangunan, bahan binaan bangunan dan juga rekabentuk bukaan bangunan (Godish, 2001).

Kajian ini akan mengkaji elemen-elemen KPD secara spesifik ke atas dua buah sekolah di Pulau Pinang iaitu Sekolah Kebangsaan Sungai Gelugor dan Sekolah Kebangsaan Minden Height.

Kebanyakan rekabentuk sekolah secara umumnya di Malaysia dilakukan dengan penerapan sistem penyejukan pasif yang mana sistem ini lebih mengutamakan pengudaraan semulajadi dan penggunaan kipas sebagai medium pengaliran udara dalaman bagi menambahkan keselesaan (Mohd Hafiz, 2013).

Sistem penyejukan pasif dapat didefinisikan sebagai kaedah penyejukan dan pemanasan yang menggunakan sistem semulajadi. Sistem ini dihasilkan melalui rekabentuk bukaan tingkap dan dinding bangunan (Rami Sabbah, 2008).

Melihat kepada data yang disediakan oleh Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan (2013) berkenaan terdapat peningkatan bilangan sekolah yang dicatatkan mengikut tahun untuk menampung permintaan sosial, sila rujuk jadual 1.2. Peningkatan bilangan sekolah dari tahun 2011 sehingga tahun 2013 akan meningkatkan isu KPD ini kepada peringkat yang lebih serius dan perlu ditangani dengan kaedah teknikal yang sistematik.

Jadual 1.2: Bilangan Sekolah dari Tahun 2011 hingga Tahun 2013

	Sekolah Rendah	Sekolah Menengah	Jumlah
2013	7,744	2,350	10,094
2012	7,733	2,333	10,066
2011	7,714	2,282	9,996

Sumber: Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan, 2013

Kajian Leickly (2003) mendapati persekitaran dalaman sekolah amat penting kepada pelajar kerana seorang pelajar akan menghabiskan 10 jam masa mereka berada di sekolah berbanding di rumah pada waktu siang. Oleh yang demikian mereka memerlukan tahap keselesaan yang tinggi dalam bilik darjah semasa sesi pembelajaran berlangsung. Ketidakselesaan pelajar adalah disebabkan oleh suria dan haba yang diserap ke dalam bangunan sekolah dan menjadi lebih kritikal apabila cuaca panas terutama pada waktu tengah hari. Rekabentuk sekolah di Malaysia terutama rekabentuk prototaip Jabatan Kerja Raya kurang efektif dalam mencapai keselesaan terhadap kadar penembusan matahari ke dalam bangunan mahupun radiasi haba yang dipindahkan melalui sampul bangunan (Sharifah, 2003).

Merujuk kepada SCRI Research Report (2009), terdapat satu pendekatan yang mengatakan bahawa perancangan rekabentuk bangunan sekolah akan mempengaruhi penambahbaikan teknik pengajaran dan pembelajaran jika dibina dengan persekitaran yang baik. Keadaan sekolah yang tidak kondusif akan menyebabkan kesukaran dalam proses pengajaran. Segala usaha harus bermula dari peringkat pembinaan rekabentuk sekolah terlebih dahulu untuk menghasilkan keadaan yang ideal dalam sesi pembelajaran.

Terdapat dua elemen dalam menghasilkan bangunan yang lestari iaitu pencahayaan siang dan KPD. Kedua-dua elemen ini akan mempengaruhi secara terus kepada pencapaian pelajar di sesebuah sekolah (Olson dan Kellum, 2003). Kajian menunjukkan bahawa KPD yang baik di sekolah dan pusat pengajian akan menghasilkan pelajar yang sihat dan sekaligus mendorong kepada kehadiran pelajar ke sekolah lebih kerap di samping meningkatkan pencapaian pelajar (CHPS, 2003).

Beberapa orang penyelidik seperti yang akan dijelaskan dalam petikan di bawah telah membuktikan bahawa julat suhu memainkan peranan penting dalam pembelajaran yang baik untuk beberapa dekad. Harner (1974) telah mendapati bahawa suhu yang baik untuk proses belajar dan membaca adalah sekitar 20.0 °C hingga 23.3 °C. Peningkatan dalam suhu dan kelembapan udara akan menyebabkan ketidakselesaan pelajar terjadi, maka hal ini akan menyebabkan kesan kepada pencapaian, hasil kerja mereka dan mengurangkan fokus mereka semasa sesi pembelajaran berlangsung (King dan Marans, 1979).

Selain itu, Hussein dan Abdul Rahman (2009) telah melakukan satu kajian berkenaan keadaan persekitaran dan keselesaan penghuni. Kajian ini telah dijalankan di dua buah sekolah iaitu sekolah rendah dan sekolah menengah. Kajian ini juga dijalankan di kawasan menunggu di sebuah klinik kesihatan di Johor Bahru. Hasil kajian mendapati bahawa 80% daripada jumlah responden mendapati keadaan terma dalaman dapat diterima walaupun Undian Terma Deria Rasa (UTD) telah melebihi syarat yang ditetapkan oleh piawaian ASHRAE 55 (rujuk jadual 1.3) dan penilaian persekitaran telah melebihi piawaian. Dalam kajian ini, dapat disimpulkan bahawa penghuni dalam iklim tropikal seperti Malaysia mempunyai tahap toleransi haba yang tinggi dan mampu untuk mengadaptasi diri mereka dengan keadaan persekitaran.

Jadual 1.3: Skala Undian Terma Deria Rasa

-3	-2	-1	0	1	2	3
Sejuk	Sejuk	Sedikit Sejuk	Neutral	Sedikit Panas	Panas	Sangat Panas
Sumber: ASHRAE 55 (2015)						

1.2 PERNYATAAN MASALAH

Pertimbangan yang berat diberikan kepada tenaga dan keperluan kos. Kedua-dua faktor ini merupakan elemen atau faktor yang penting bagi rekabentuk bangunan sekolah di Malaysia. Ini adalah kerana rekabentuk bangunan perlu direka dengan mengaplikasikan ventilasi semulajadi dan bukan dengan menggunakan penyaman udara. Selain itu, dalam menyediakan persekitaran pengajaran-pembelajaran yang selesa di sekolah, rekabentuk bangunan sekolah termasuklah pemilihan bahan binaan dan penentuan orientasi bangunan sekolah tersebut perlu diambilkira bagi tujuan menghasilkan sebuah bangunan sekolah yang mempunyai KPD yang baik.

Berdasarkan kajian Abdul Shukor (1994), suhu dalaman yang selesa bagi negara Malaysia adalah antara 24°C hingga 28°C. Terdapat tiga faktor utama yang memberi kesan kepada keselesaan manusia iaitu suhu efektif, kelembapan udara dan pergerakan angin.

Kajian menemui bahawa rekabentuk fasad bangunan dan permukaan bangunan boleh membantu mengurangkan penembusan cahaya ke dalam ruang dalaman bangunan untuk tujuan mengurangkan suhu dalaman bangunan. Kajian Bathish (2007) menyatakan bahawa pereka bangunan harus pandai mengambil inisiatif dan memasang strategi yang efektif dalam menghasilkan penyebaran cahaya siang yang penuh dan mengurangkan radiasi haba untuk sesebuah permukaan bangunan.

Pemilihan jenis tingkap yang baik dan penggunaan elemen untuk mendapatkan cahaya siang yang maksimum seperti menggunakan rak bercahaya dan bahan berkaca yang mempunyai teduhan yang rendah akan menyediakan peluang untuk mendapatkan cahaya siang yang lebih tinggi dan seterusnya akan

mengurangkan sinar cahaya matahari yang tidak diperlukan oleh bangunan (Bathish, 2007).

Pada tempoh kajian dilakukan, suhu purata di Pulau Pinang adalah 32°C (Weather Data Portal, 2015). Kedua-dua sekolah yang terpilih untuk dijadikan kajian merupakan sekolah yang direkabentuk menggunakan Sistem Bangunan Berindustri. Elemen malar yang digunakan dalam kajian ini adalah kaedah binaan bangunan sekolah kajian. Oleh yang demikian, kajian ini akan dapat menilai tahap efektif rekabentuk sekolah berdasarkan 5 elemen KPD yang menjadi skop kajian ini melalui sampul bangunan, orientasi bangunan dan elemen tambahan yang digunakan untuk membantu dalam mendapatkan kualiti KPD yang baik.

1.3 PERSOALAN KAJIAN

Terdapat tiga persoalan kajian yang timbul dalam kajian ini. Persoalan kajian ini timbul melalui hasil pembacaan untuk mencari tajuk dan tema kajian. Persoalan kajian ini juga akan membantu dalam melengkapkan proses pengumpulan data yang akan diterangkan pada bab 3 nanti.

Ketiga-tiga persoalan kajian ini adalah:

- 1) Apakah tahap Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD) pada bangunan sekolah di Pulau Pinang ?
- 2) Bagaimanakah tahap keselesaan melalui elemen KPD yang dirasai oleh penghuni bangunan sekolah tersebut?
- 3) Apakah faktor yang perlu diambilkira untuk merekabentuk bangunan sekolah rendah khususnya.

1.4 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini akan dijalankan berdasarkan objektif berikut:

- 1) Untuk mengetahui persepsi pelajar sekolah rendah terhadap faktor keselesaan dalam bilik darjah.
- 2) Untuk mengenalpasti tahap KPD dalam bilik darjah di 2 buah sekolah di Pulau Pinang dengan kaedah pengukuran.
- 3) Untuk menilai dan menghuraikan faktor yang boleh mempengaruhi KPD dalam bilik darjah.

1.5 SKOP KAJIAN

Skop kajian dibataskan kepada 5 elemen Kualiti Persekitaran Dalaman iaitu kualiti keselesaan terma, kualiti bunyi, kualiti udara, kualiti kelembapan dan kualiti pencahayaan dalam bilik darjah. Dua buah sekolah di Pulau Pinang dipilih untuk dijadikan bahan kajian lapangan yang mana kedua-dua buah sekolah mempunyai kriteria yang sama dari segi bahan binaan.

Namun begitu, orientasi bangunan yang berbeza menjadi salah satu faktor manipulasi yang akan dikaji dalam mencapai tahap KPD yang baik. Seramai 80 responden daripada bilik darjah yang dipilih untuk menjawab soalan-soalan berkenaan keselesaan penghuni dalam bilik darjah.

Hasil kajian ini dapat digunakan sebagai model rekabentuk sekolah untuk pembinaan bangunan-bangunan sekolah pada masa hadapan bagi menyediakan persekitaran sekolah yang kondusif untuk membantu proses pengajaran dan pembelajaran yang berkualiti.

1.6 KEPENTINGAN KAJIAN

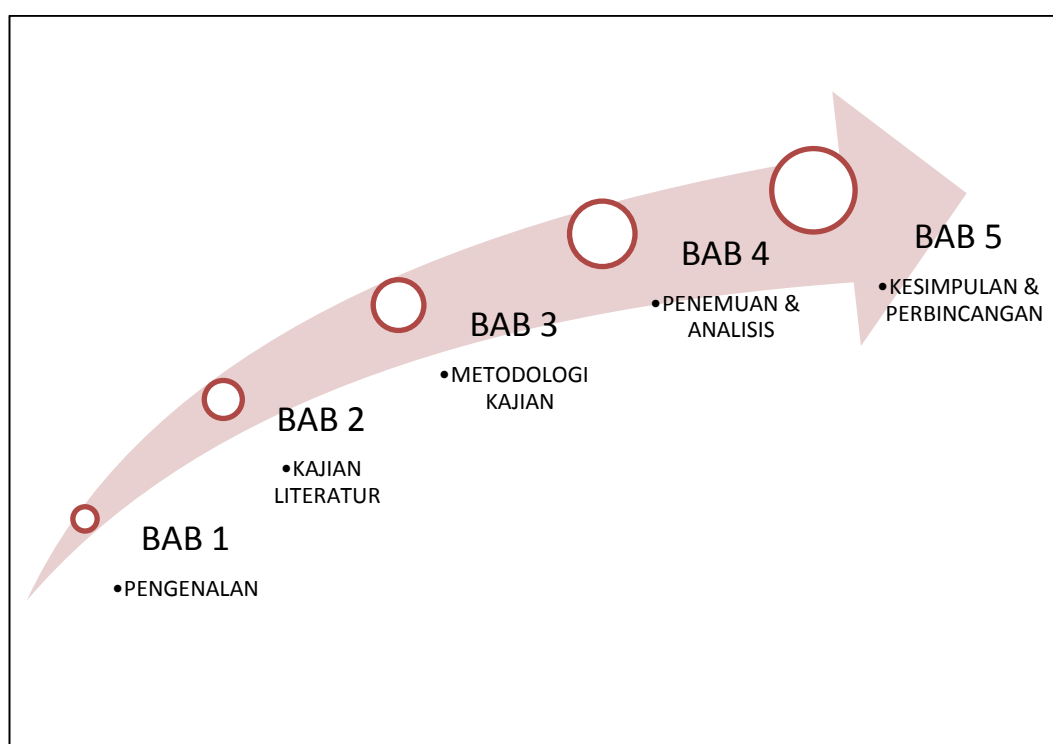
Keselesaian penghuni dalam bilik darjah memainkan peranan penting kepada faktor prestasi pelajar sesebuah sekolah. Iklim yang positif dapat menghasilkan suasana kerja yang efektif manakala iklim yang negatif memmbawa kepada konflik dan masalah disiplin pelajar (Mok Soon Sang, 2003).

Sekolah merupakan persekitaran yang sangat penting untuk pendidikan kanak-kanak selain daripada pendidikan tidak lansung di rumah. Mereka mula mempelajari ilmu-ilmu baru yang akan mengubah pemikiran mereka. Sidek Baba (2006) dalam laporannya telah menyatakan bahawa kemajuan dan pembangunan negara adalah bermula daripada sistem pendidikannya. Oleh yang demikian, persekitaran yang kondusif adalah sangat perlu untuk menghasilkan generasi yang berkualiti tinggi. Kualiti Persekitaran Dalaman adalah merupakan komponen yang lengkap untuk mengkaji kadar keselesaan dan suasana yang kondusif sesebuah bilik darjah. Kajian ini memfokuskan kepada elemen KPD yang dinilai dalam bilik darjah yang terpilih mengikut kriteria yang ditetapkan oleh penyelidik. Elemen KPD akan memberi impak yang sangat besar terhadap sistem pembelajaran dan pengajaran di dalam bilik darjah. Penghuni yang berada dalam sesebuah bangunan yang mempunyai KPD yang baik akan lebih selesa dan akan menghasilkan kerja yang lebih produktif berbanding penghuni dalam bangunan yang sebaliknya.

Kajian ini akan dapat menyumbang kepada kajian dalam bidang yang sama dari aspek pembolehubah baru dan metodologi kajian. Sampel kajian juga boleh di pelbagaikan untuk mengkaji permasalahan lain yang dijangka akan memberi kesan kepada kadar keselesaan dalaman yang tidak disentuh dalam kajian ini. Kajian ini juga akan membantu pembuat dasar untuk menghasilkan garis panduan rekabentuk.

1.7 ORGANISASI KAJIAN

Kajian mengenai elemen KPD dalam rekabentuk sekolah bagi mencapai kualiti persekitaran dalaman yang baik akan disusun mengikut bab-bab yang akan dibahagikan mengikut langkah atau proses kajian yang ditunjukkan dalam rajah di atas. Kajian ini mengandungi lima bab yang mana bermula daripada pengenalan tajuk kajian dan berakhir dengan kesimpulan kajian yang dilakukan berdasarkan hasil kajian yang dijalankan.



Rajah 1.1: Senarai Bab Kajian

Bab Satu tesis ini adalah pengenalan tentang kajian yang dijalankan. Pernyataan secara ringkas akan ditulis berkenaan dengan tajuk kajian yang akan dijalankan. Dalam bab ini juga dihuraikan berkenaan dengan objektif kajian, persoalan kajian dan rekabentuk kajian. Melalui bab ini, pembaca dapat memperolehi gambaran ringkas tentang tema kajian yang akan dijalankan. Bab ini juga menyentuh kepada topik-topik penting yang menyumbang kepada KPD supaya

topik-topik ini boleh diselarikan dengan justifikasi kajian dan menyumbang kepada pemahaman tajuk kajian dengan lebih mendalam.

Bab Dua akan menerangkan tentang definisi KPD dan aplikasi yang telah dilaksanakan di Malaysia dan di luar negara. Terdapat beberapa penilaian yang dilakukan di Malaysia mahupun luar negara yang telah menerapkan elemen KPD. Bab ini membincangkan tentang kajian-kajian lepas yang berkaitan dengan KPD. Pemahaman terhadap (KPD) akan dijelaskan dengan lebih terperinci berdasarkan sumber-sumber sekunder yang dikumpulkan dalam bab ini.

Bab Tiga akan menghuraikan tentang metodologi kajian. Bab ini menerangkan kaedah kajian yang digunakan untuk menjalankan kajian ini. Kaedah-kaedah kajian akan diterangkan secara terperinci bagi memudahkan pembaca memahami kajian ini.

Kaedah kajian termasuklah kaedah persampelan, kaedah pemerhatian dan kajian eksperimen yang akan dilakukan bagi mengukur tahap KPD dalam kelas.

Melalui kajian ini terdapat dua pendekatan yang akan digunakan sebagai sumber mendapatkan data primer. Kedua-dua pendekatan itu ialah pengumpulan data dengan menggunakan kaedah kuantitatif dan kualitatif. Bab ini menerangkan dengan lebih terperinci berkenaan kedua-dua pendekatan yang akan digunakan dalam kajian ini bagi mendapatkan hasil kajian yang baik. Seterusnya, maklumat yang telah dikumpul akan dianalisis dengan menggunakan kaedah yang sesuai.

Bab Empat menerangkan tentang hasil kajian yang didapati. Hasil kajian yang dikumpulkan menerusi kaedah-kaedah yang diterangkan di Bab Tiga. Hasil kajian yang didapati dijelaskan dengan menggunakan bantuan graf dan gambar rajah

yang diambil semasa kajian lapangan dilakukan. Hasil kajian akan dianalisis bagi menjawab persoalan kajian dan mencapai objektif kajian.

Bab Lima merupakan bab yang terakhir dalam kajian ini. Bab ini membincangkan kesimpulan dan perbincangan tentang hasil kajian yang dijalankan. Bab ini juga membentangkan cadangan masa hadapan dan masalah-masalah yang dihadapi semasa kajian dijalankan. Bab ini merupakan bab yang memberi sumbangan idea kepada pengkaji-pengkaji baru yang ingin melakukan kajian yang sama di masa akan datang.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 PENGENALAN

Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD) merupakan satu elemen penting yang diberi penekanan dalam sesebuah rekabentuk bangunan khususnya bangunan sekolah. Bab ini menghuraikan definisi yang berkaitan dengan tajuk kajian dan seterusnya mengemukakan kajian-kajian yang terdahulu sebagai landasan untuk menjalankan kajian ini.

Dalam bab ini, teori-teori berkaitan dengan KPD akan dihuraikan untuk dijadikan panduan dalam mencapai objektif kajian. Pencapaian KPD bangunan-bangunan sekolah khususnya dan keberkesanan serta pencapaian Malaysia dalam mengaplikasikan polisi Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD) dalam rekabentuk bangunan. Faktor-faktor yang mempengaruhi rekabentuk sesebuah bangunan bagi mencapai KPD akan dijadikan panduan untuk menganalisa setiap bangunan yang menjadi sampel kajian ini seperti kualiti udara dan ventilasi, keselesaan terma, pencahayaan dan keselesaan akustik serta isu iklim yang menjadi salah satu faktor ketidakselesaan penghuni bangunan sekolah.

Ringkasan kepada kajian-kajian literatur akan dilakukan pada akhir bab ini bagi memudahkan kajian seterusnya dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria kajian KPD yang telah dilakukan oleh pengkaji-pengkaji sebelum ini. Ringkasan ini juga penting bagi penulis untuk merangka kajian terutama pada Bab 3 dan Bab 4 iaitu Metodologi Kajian dan Penemuan dan Analisis Kajian.

2.2 KUALITI PERSEKITARAN DALAMAN (KPD)

Kualiti persekitaran dalaman untuk bangunan memainkan peranan yang penting dalam menjaga dan meningkatkan kualiti hidup masyarakat yang menggunakan bangunan (CDC, Centre for Disease Control and Prevention, 2015). Rekabentuk bangunan kini lebih ke arah bangunan mampan atau lestari untuk memberikan kualiti dalaman yang berkualiti.

2.2.1: Definisi Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD)

Menurut NIOSH, Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD) merujuk kepada kualiti alam sekitar bangunan berhubung dengan kesihatan dan kesejahteraan penghuni yang menduduki ruang di dalamnya. KPD ditentukan oleh banyak faktor, termasuk pencahayaan, kualiti udara dan keadaan lembap (CDC, Centre for Disease Control and Prevention, 2015) KPD adalah salah satu kriteria penting dalam IBH. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi KPD antaranya ialah kualiti aras bunyi, kualiti udara dalaman, kualiti keselesaan terma, kualiti pencahayaan dalaman dan kualiti bau dalaman (Healthy Healing, 2012). Sub topik seterusnya adalah berkenaan elemen-elemen yang menjadi faktor penyumbang kepada KPD.

2.2.2: Faktor Mempengaruhi Kualiti Persekitaran Dalaman (KPD)

Beberapa pengkaji telah menyimpulkan bahawa terdapat pelbagai faktor yang menjadi elemen kepada KPD. Asadi et al. (2011) menyatakan terdapat empat elemen KPD iaitu terma (suhu dan kelembapan), keselesaan bunyi, kualiti udara dalaman (pergerakan udara dan kepekatan CO₂) dan pencahayaan. Ramachandran (2002) menyatakan dari hasil kajian Lee dan Chang (1999), Smedje dan Norback (1999), Scheff (2000) dan Barlett (2001) menyenaraikan tujuh parameter keselesaan

iaitu suhu, kelembapan relatif, Karbon Dioksida, Sulfur Dioksida, bendasing, jumlah fungus dan bakteria dan kadar pengudaraan.

Berdasarkan kajian yang telah dibincangkan, kajian ini mengambil lima (5) elemen pengukuran KPD iaitu keselesaan terma, kualiti aras bunyi dalaman, kualiti udara dalaman, kelembapan dan pencahayaan. Ini adalah berikutan kemampuan pengkaji dalam melakukan kajian lapangan berdasarkan faktor masa dan alat radas. Selain itu, terdapat pendapat lain yang mengatakan KPD juga dipengaruhi oleh iklim sesebuah kawasan. Sebagai contoh Zhang et. al. (2006) telah mengkaji perubahan bacaan melalui empat musim yang berbeza untuk mengkaji kualiti persekitaran dalaman yang memfokuskan terhadap kualiti udara dalaman dalam bangunan sekolah. Hasil kajian mendapati bacaan untuk keempat-empat musim adalah berbeza. Ini akan dijadikan panduan kepada kajian ini bahawa iklim semasa memainkan peranan dalam menentukan kualiti persekitaran dalaman sesebuah bangunan.

2.3 ELEMEN KUALITI PERSEKITARAN DALAMAN (KPD)

Seperti yang dibincangkan dalam subtopik di atas, lima elemen telah diambilkira dalam kajian ini. Kelima-lima elemen itu ialah:

- i. Kualiti Keselesaan Terma
- ii. Kualiti Bunyi Dalaman
- iii. Kualiti Pengudaraan
- iv. Kualiti Kelembapan
- v. Kualiti Pencahayaan

2.3.1: Kualiti Keselesaan Terma

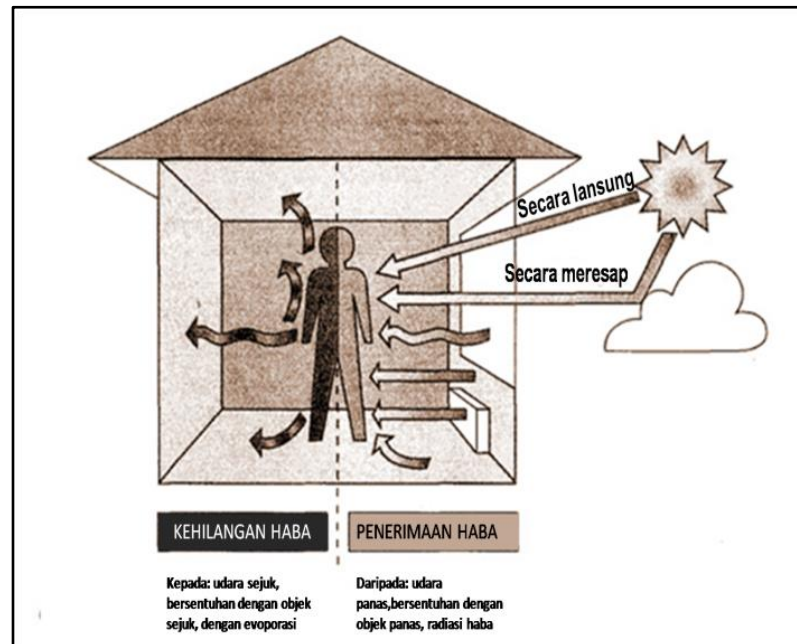
Keselesaan terma dibincangkan dalam ASHRAE Standard 55-2004 adalah merupakan kajian mengenai tindak balas badan manusia terhadap kesan iklim (Zulkifli, 1999). Fanger (1973), iaitu jika dilihat dari sudut fahaman subjektif keselesaan terma wujud daripada keseimbangan faktor psikologi, biologi, fizikal dan fisiologi. Menurut Saberi Saneei and Javanbakht (2006), rekabentuk bangunan adalah sangat spesifik dimana manusia tinggal di dalam rumah dan kereta berada diluar rumah, bermaksud rekabentuk bangunan yang dihuni hendaklah bersesuaian dengan keselesaan pengguna yang menghuni satu-satu ruang.

Ventilasi, sistem kawalan udara, sistem penyejukan dan pemanasan menggunakan 70% tenaga dalam bangunan. Walaubagaimanapun masalah penggunaan tenaga untuk sistem ini boleh diatasi dengan rekabentuk pasif sebagai contoh bangunan yang direkabentuk dengan baik hanya akan menggunakan tigaperempat tenaga untuk tujuan penyejukan dan menyediakan ruang yang selesa. Ini adalah kerana rekabentuk pasif membenarkan bangunan untuk beradaptasi dengan lebih baik dengan suhu persekitaran.

Rekabentuk bangunan mempunyai 75% peranan dalam menentukan keselesaan terma (Chenvidyakarn, 2007). Pengagihan udara segar dalam ruang adalah sangat penting bagi mencampur-adukkan udara untuk tujuan mendapatkan kualiti keseluruhan yang boleh diterima. Dalam cuaca yang panas lembab, ventilasi adalah cara paling berkesan untuk meminimalkan kesan fizikal kepada kelembapan tinggi. Rekabentuk bangunan yang berselerak didapati membenarkan ventilasi melintang yang lebih berkesan berbanding dengan rekabentuk padat dengan menyediakan ruang dinding yang lebih banyak dan arah untuk memerangkap angin. (Givoni dan Baruch 1994).

‘Keselesaan Munasabah’ ialah apabila sekurang-kurangnya 80% dari penghuninya merasa selesa. Ini bermaksud keselesaan terma boleh dinilai secara mudah iaitu melalui kajiselidik terhadap penghuni untuk mengenalpasti samada penghuni itu merasa selesa atau tidak dengan persekitaran termanya. (Healthy Healing, 2012) Dua faktor yang mempengaruhi keselesaan terma iaitu faktor fizikal dan faktor fisiologi. Faktor fizikal ini membawa maksud dari segi pergerakan udara, kelembapan, suhu permukaan sekitar, suhu udara dan Titik Tengah Pancaran Suhu (TPS) (Designing Building Ltd, 2015). TPS membawa maksud nisbah antara jumlah sebenar air di udara dan jumlah maksimum wap air udara yang boleh dipegang pada suhu udara dan ia selalu dinyatakan dalam bentuk peratusan.

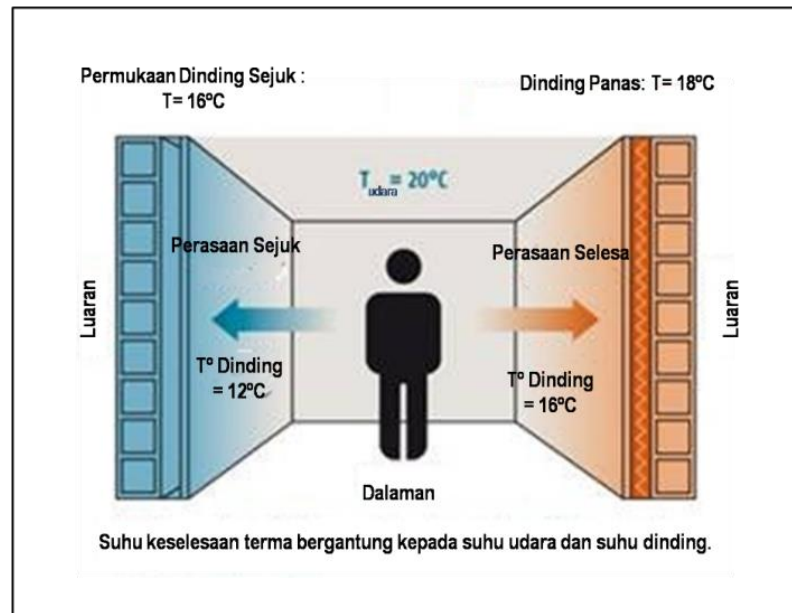
Rajah 2.1 menunjukkan ilustrasi yang menerangkan keselesaan terma dalam sesebuah bangunan dan bagaimana penghuni merasai terma di dalam bangunan.



Rajah 2.1: Kesan Penerimaan dan Kehilangan Haba Pada Tubuh Manusia

Sumber gambar: <http://www.somfy-architecture.com/index.cfm>

Rajah 2.2 menerangkan kesan penggunaan permukaan dinding yang berbeza mempengaruhi keselesaan terma kepada penghuni dalam sesebuah bangunan.



Rajah 2.2: Keselesaan Terma Dipengaruhi Oleh Suhu Udara dan Suhu Dinding
 Sumber: page=/buildings/home/bioclimate_facades/natural_ventilation

Pergerakan udara pula membawa maksud kepada halaju udara yang dirasakan oleh individu dan ia selalunya diukur dalam unit meter persaat (m/s). Lebih laju udara bergerak, lebih besar pertukaran haba yang akan berlaku terhadap individu tersebut dengan udara. Suhu udara membawa maksud suhu udara yang dirasakan oleh individu tersebut dan diukur dengan suhu bebuli kering SBK.

Manakala TPS pula berkaitan dengan jumlah haba yang dipindahkan dari permukaan dan ia bergantung kepada keupayaan bahan tersebut untuk menyerap dan memancarkan haba. Faktor fisiologi adalah berkaitan dengan individu itu sendiri, antaranya adalah dari segi jantina samada lelaki atau perempuan, berat badan, ketinggian, umur dan metabolisme individu tersebut (Designing Building Ltd, 2015).

Terdapat juga definisi lain yang diutarakan untuk keselesaan terma, melalui BS EN ISO 7730 (ASHRAE) ia didefinisikan sebagai keadaan fikiran yang menyatakan kepuasan dengan persekitaran haba iaitu keadaan apabila seseorang itu tidak berasa samada terlalu panas atau terlalu sejuk. Keselesaan terma adalah

merupakan satu pengalaman peribadi yang bergantung kepada sejumlah kriteria dan boleh berbeza kepada setiap individu yang lain. Sekiranya 80% daripada semua berpuas hati dengan keadaan sesuatu ruang itu maka kawasan tersebut mencapai keeselesaian terma yang dikehendaki.

Merujuk kepada piawai perundangan iaitu Undang-Undang Kecil Bangunan Seragam (UBBL) 1984, 39 (2) dijelaskan bahawa untuk menepati tahap keeselesaian yang dikehendaki oleh penghuni di dalam sesuatu bangunan, setiap pembinaan bangunan hendaklah mempunyai bukaan minimum bagi tujuan pencahayaan dan pengudaraan semula jadi sebanyak 20% dan tingkap yang boleh dibuka hendaklah tidak kurang daripada 10% daripada keluasan permukaan lantai tersebut. Malah dalam perkara 39(1) hingga (4), 40(1) dan (2) dan 41(1) hingga (4) dalam UBBL (1984) menjadi satu kewajipan yang perlu dikuatkuasakan oleh semua penguasa tempatan sebelum meluluskan pelan sesebuah bangunan baru.

Terdapat dua penentuan keeselesaian yang boleh dilakukan antaranya adalah secara empirikal dan melalui kaedah teori. Melalui secara empirikal iaitu kaedah pengukuran suhu di stesen persampalen kajian zon keeselesaian yang diberi oleh pengkaji manakala melalui kaedah teori pula ialah skala keeselesaian diberikan untuk mengetahui keadaan sesuatu persekitaraan (Norhayati, 2012). Keeselesaian terma adalah dipengaruhi oleh kadar haba dialirkan, disebarkan, diserap, dihadangkan oleh pelbagai faktor dan elemen seperti konduktiviti haba, kadar proses perolakan, bahang dan kehilangan haba melalui penyejatan.

Menurut ASHRAE (2004) faktor-faktor keeselesaian terma dibahagikan kepada tiga faktor utama iaitu:-

- i. Manusia (metabolisma, pakaian, saiz badan, faktor lemak, aktiviti yang dilakukan)

- ii. Dalaman Bangunan (bahan binaan, suhu lantai, susunatur perabut, kedudukan bukaan pintu tingkap)
- iii. Luaran Bangunan (radiasi solar, faktor-faktor hadangan, topografi, angin dan lain-lain)

2.3.1(a): Pengaruh Ciri-Ciri Bangunan Kepada Keselesaan Terma

Sampul bangunan terdiri daripada bumbung, dinding, tingkap, pintu, lantai dan pembahagian bangunan (Wan Hairilamei, 2009) di mana ia berperanan membenarkan kepelbagaian suhu untuk masuk ke dalam bangunan. Dalam memberikan kepelbagaian suhu bahan yang digunakan pada bumbung, dinding memainkan peranan penting dan bahan yang digunakan haruslah tidak mudah mengalirkan haba masuk ke dalam bangunan dan tidak menyimpan haba. Peranan sampul bangunan adalah untuk menyaring sinaran cahaya matahari yang berlebihan daripada memasuki ke dalam bangunan dan mengelak kawasan dalam bangunan terlampau panas dan tidak selesa untuk diduduki. Pemandahan haba daripada luar ke dalam haruslah rendah dengan nilai U pada $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Wan Hairilamei, 2009).

Bahan binaan sampul bangunan yang sering digunakan dalam iklim tropika selain kayu adalah simen konkrit dan batu bata. Sejak dahulu lagi batu tanah liat telah digunakan secara meluas untuk membina bangunan dan ia telah dibuat dan digunakan di Timur Tengah sejak 4000 SM. Manakala konkrit pula adalah bahan baru yang digunakan untuk menggantikan penggunaan batu tanah liat untuk pembinaan. Dalam pemprosesan kedua-dua bahan ini simen konkrit menggunakan tenaga yang lebih banyak daripada pembuatan bata.

Di antara batu bata dan konkrit, batu bata adalah lebih mudah untuk dikitar semula daripada konkrit, batu bata yang dikitar semula lebih mudah digunakan

berbanding konkrit yang perlu melalui proses kilang untuk menghasilkan bahan binaan baru yang bersesuaian. Proses untuk mengitar semula konkrit adalah jauh lebih susah dan mahal. Bata adalah bahan yang serba boleh, bahan tradisional dan bahan mampan. Batu bata mempunyai sifat-sifat seperti kekuatan dan ketahanan yang tinggi, serba boleh dalam pembinaan, penyelenggaraan yang rendah dan murah tetapi konkrit mempunyai isu dari segi lestari yang mana ia dikatakan mempunyai kesan karbon yang tinggi.

Bata tanah liat mempunyai kesan karbon yang rendah berbanding dengan konkrit. Kesan karbon membawa maksud jumlah set pelepasan gas rumah hijau yang disebabkan oleh sesebuah organisasi, peristiwa, produk atau orang. Terdapat pelbagai jenis batu-bata selain dari bata tanah liat seperti bata pasir iaitu campuran simen dan pasir, bata BIO yang mesra alam, diperbuat dari habuk kayu gergaji yang dimampat yang mempunyai tahap boleh terbakar yang lebih panjang dan hanya 1% bahan sisa.

Dinding memainkan peranan penting dalam menghalang haba daripada masuk ke dalam sesuatu ruang, penggunaan jenis bahan untuk dinding yang tidak sesuai mampu menyebabkan ketidak selesaan kepada penghuni. Setiap bahan mempunyai nilai U yang membawa maksud kepada ukuran kehilangan haba dalam elemen bangunan.

Yang mana jika semakin tebal sesuatu bahan tersebut maka semakin rendah nilai U bahan tersebut dan ia membawa maksud bahan tersebut mempunyai nilai penebat yang tinggi atau baik pencegahan kemasukan haba kedalam bangunan. Konkrit mempunyai sifat semulajadi yang menyerap haba pada kadar yang tinggi pada waktu siang dan kemudian melepaskan haba yang tinggi pada waktu malam.

2.3.1(b): Sifat–Sifat Terma Haba Bahan Binaan

Daya tahan terma dan kapasiti terma adalah mempunyai sifat yang sama, namun begitu semua bahan binaan mempunyai ratio yang berbeza. Terdapat tiga (3) faktor yang mempengaruhi sifat terma haba iaitu ketumpatan, konduktiviti dan tahap haba tertentu. Ketumpatan memainkan peranan penting dalam dalam sifat terma, ketumpatan yang rendah memerlukan insulasi yang tinggi manakala ketumpatan yang tinggi akan lebih banyak menyimpan haba.

Konduktiviti menghuraikan berkenaan kebolehan mengalirkan haba, bahan penebat mempunyai kadar mengalirkan haba yang lemah. Tahap haba tertentu menunjukkan berapa banyak tenaga yang boleh disimpan dalam satu-satu bahan, tahap haba tinggi bermaksud terma yang baik dan mempunyai kapasiti menyimpan haba. Terma haba adalah elemen penting untuk rekabentuk pasif, dimana reka bentuk ini menggunakan tenaga semulajadi untuk mengurangkan penggunaan tenaga daripada penyejukan mekanikal.

Bahan yang tinggi dengan terma haba seperti batu tanah liat mempunyai keupayaan untuk menyerap haba apabila berada pada suhu yang berbeza dengan itu ia mampu memperlahankan keupayaan untuk mengalirkan haba ke dalam bangunan. Terma haba juga membantu untuk menstabilkan variasi suhu. Terma haba terjadi dengan cara penyerapan haba dan juga pancaran semula haba keluar apabila suhu semakin rendah. Apabila suhu luar menurun, pengaliran udara kedalam bangunan melalui dinding akan bertukar arah, haba panas akan menuju ke suhu yang lebih sejuk iaitu suhu di luar.

Ventilasi melintang mampu menolong dalam mempercepatkan proses pengaliran haba dengan menggunakan udara semulajadi bagi menyejukan kawasan

dalam bangunan. Apabila terma haba bagi bahan tersebut makin tinggi maka lag terma bahan tersebut makin tinggi. Rajah 2.3 dibawah menunjukkan makin tinggi terma haba tersebut semakin tinggi lag masa. Lag terma bermaksud masa yang diambil untuk haba yang tersimpan dalam bahan tersebut terbebas keluar. Lag terma bergantung kepada muatan haba bahan dan juga kadar konduktiviti sesuatu bahan tersebut. Berdasarkan rajah 2.3 didapati bahawa dinding bata yang mempunyai rongga melambatkan proses laluan udara panas melalui dinding.



Rajah 2.3: Perbezaan Kadar Lag Terma Terhadap Jenis Bahan Yang Digunakan
Sumber : AZO NETWORK, 2000-2015

Terma haba membawa maksud kebolehan sesuatu bahan tersebut untuk menyimpan haba dan terma haba sesuatu bahan itu bergantung kepada kapasiti haba bahan tersebut, kepadatan bahan dan daya pemantulan bahan tersebut. Jadual 2.1 menunjukkan kepadatan, kapasiti haba bahan binaan.

Jadual 2.1: Nilai Ketumpatan Dan Kapasiti Haba Mengikut Bahan

Bahan	Ketumpatan (Kg/m³)	Haba Spesifik (kJ/kg.K)	Kapasiti Haba Volumetrik Terma Jisim (kJ/m³.K)
Air	1000	4.186	4186
Konkrit	2240	0.920	2060
AAC	500	2.200	550
Bata	1700	0.920	1360
Batu (Batu Pasir)	2000	0.900	1800
Lembaran FC (Mampat)	1700	0.837	1300
Dinding Bumi (Adobe)	1550	0.837	1673
<i>Rammed Earth</i>	2000	0.837	1673
Blok Bumi Mampat	2080	0.837	1740

Sumber: Baggs et. al. (1991) dan Brick (2006)

Jadual 2.2: Lag Masa Bagi Setiap Bahan Binaan.

Bahan (Ketebalan dalam mm)	Lag masa(jam)
Bata Veneer Terisolasi	5.0
Konkrit (250)	6.9
Bata Berganda	7.0
AAC (200)	7.0
Adobe (250)	9.2
<i>Rammed Earth (250)</i>	10.3
Blok Bumi Mampat (250)	10.5
Lempung Berpasir (1000)	30 da

Sumber: Baggs et. al. (1991) dan Brick (2006)

Semakin tinggi terma haba, semakin banyak haba yang disimpan di dalam bahan tersebut dan akan menyebabkan suhu dalaman sesuatu ruang tersebut tinggi. Apabila terma haba rendah, keupayaan sesuatu bahan tersebut untuk menyimpan haba akan berkurang dan proses pertukaran haba akan sentiasa berlaku dan mengurangkan suhu dalaman ruang dalam bangunan dan meningkatkan keselesaan terma penghuni dalam bangunan tersebut.

Merujuk kepada Jadual 2.1 dan 2.2, konkrit mempunyai muatan haba yang tinggi daripada bata, maka pembebasan haba bagi bahan tersebut lebih rendah daripada bata dan menyebabkan bangunan yang menggunakan bahan tersebut lebih