Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH) (e-ISSN : 2504-8562)
2022, Volume 7, Issue 4, e001454
DOI: https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i4.1454

Keselesaan Termal Penghuni Kediaman: Kajian Kes Rumah Teres Dua Tingkat di Negeri Selangor

(Thermal Comfort of Residential House: A Case Study of Double Storey Terrace Houses in Selangor)

Sofian Mohd Daud[1*], Kadaruddin Aiyub[2], Azlan Abas[3]

[1]Fakulti Sains Sosial & Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600, Bangi, Selangor, Malaysia.
Email: sofianmohddaud@yahoo.com
[2]Fakulti Sains Sosial & Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600, Bangi, Selangor, Malaysia.
Email:kada@ukm.edu.my
[3]Fakulti Sains Sosial & Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600, Bangi, Selangor, Malaysia.
Email: azlanabas@ukm.edu.my

CORRESPONDING AUTHOR (*):
Sofian Mohd Daud
(sofianmohddaud@yahoo.com)

KATA KUNCI:
Keselesaan termal
Penghuni kediaman
Indeks PMV/PPD
Sensasi termal
Suhu neutral

KEYWORDS:
Thermal comfort
Residential occupants
PMV/PPD indices
Thermal sensation
Neutral temperature

CITATION:
Sofian Mohd Daud, Kadaruddin Aiyub, & Azlan Abas. (2022). Keselesaan Termal Penghuni Kediaman: Kajian Kes Rumah Teres Dua Tingkat di Negeri Selangor. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH), 7*(4), e001454. https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i4.1454

ABSTRAK

Fenomena iklim, kejanggalan rekabentuk dan kebergantungan kepada tenaga yang tinggi dilihat sebagai pemangkin kepada permasalahan ketidakselesaan termal yang dialami oleh penghuni kediaman di Malaysia. Penyelidikan ini berteraskan kepada penentuan suhu neutral sebagai objektif utama kajian. Lokasi kajian ini mengkhusus kepada rumah teres dua tingkat yang dijalankan pada bulan Mac 2019 dinegeri Selangor yang melibatkan empat daerah iaitu Klang, Petaling, Kuala Langat dan Hulu Langat. Persampelan bukan kebarangkalian secara bertujuan digunakan bagi melihat perbandingan sampel yang bersifat homogen. Penilaian subjektif menggunakan skala 7 titik ASHRAE memberi input kepada penilaian sensasi termal penghuni kediaman seramai 208 orang. Data PMV/PPD dijana melalui dapatan parameter cuaca dan personal. Penemuan utama kajian melalui analisis regresi linear memberi nilai suhu neutral analisis PMV/PPD yang menyelesakan berada pada 25.81°C. Manakala, analisis yang sama bagi data TSV pula memberi nilai suhu neutral yang jauh lebih realistik iaitu pada nilai 29.47°C. Dapatan suhu selesa melalui persamaan pendekatan adaptif juga dilihat berpadanan dengan dapatan suhu neutral TSV. Ini memberi petunjuk bahawa dapatan suhu neutral analisis PMV tidak menggambarkan situasi sebenar tahap adaptasi dan aklimitasi responden.

ABSTRACT

Climate phenomena, design irregularities and dependence on high energy are seen as catalysts to the problem of thermal discomfort experienced by residential residents in Malaysia. This research is based on the determination of

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

neutral temperature as the main objective of the study. The location of this study specialises in two-storey terrace houses and was conducted in March 2019 in the state of Selangor, involving four districts, namely Klang, Petaling, Kuala Langat, and Hulu Langat. Purposeful non-probability sampling is used to see comparisons of homogeneous samples. Subjective assessments using the ASHRAE 7-point scale provided input to the thermal sensation assessment of 208 residential occupants. PMV/PPD data is generated through the findings of weather and personal parameters. The neutral temperature value of the PMV/PPD analysis, which was satisfactory at 25.81°C, was the study's main finding via linear regression analysis. Meanwhile, the same analysis for TSV data gives a much more realistic neutral temperature value of 29.47°C. The comfortable temperature findings through the adaptive approach equation were also seen to match the TSV neutral temperature findings. This indicates that the neutral temperature findings of the PMV analysis do not reflect the actual situation of the level of adaptation and acclimation of the respondents.

Sumbangan/Keaslian: Kajian ini memberi tumpuan khusus kepada rumah teres dan pemilihan etnik tunggal dibuat berdasarkan kepada kelompangan populasi kajian. Kajian ini juga dilihat sebagai salah satu saluran kepada komuniti untuk menyatakan tahap keselesaan termal yang dialami seharian. Tekanan haba ini mampu menjejaskan kualiti hidup serta produktiviti kerana suhu yang dialami jauh lebih tinggi daripada suhu neutral yang menyelesakan.

1. Pengenalan

Iklim tropika yang dicirikan dengan persekitaran panas dan lembap sepanjang tahun (Kottek et al., 2006) dilihat sebagai kekangan kepada pengekalan keselesaan termal penghuni kediaman di Malaysia Keselesaan termal melibatkan rumah kediaman adalah sukar dicapai tanpa bantuan alatan penyederhanaan suhu kerana suhu yang menyelesakan hanya berlaku beberapa jam sahaja kesan daripada binaan konkrit struktur rumah (Aziah, 2008). Al Yacouby et al. (2011) mendapati bahawa kira-kira 75% penduduk Malaysia bergantung kepada alat penghawa dingin dalam usaha menyederhanakan suhu ambien. Laporan Suruhanjaya Tenaga pada tahun 2018 berhubung dengan penggunaan tenaga sektor komersil dan kediaman telah meningkat daripada 1,622 ktoe pada tahun 1990 kepada 7,723 ktoe pada tahun 2018 (Suruhanjaya Tenaga, 2018).

Isu pemanasan global yang berlaku kini amat membimbangkan walaupun unjuran peningkatan suhu secara relatifnya adalah rendah. Kajian Davis et al. (1997) dan Aziah (2008) mengesahkan tentang ketidakserasian reka bentuk kediaman dengan suhu persekitaran yang panas seperti di Malaysia. Iklim dan cuaca setempat adalah faktor utama dalam mempengaruhi reka bentuk bangunan agar penghuni berasa selesa dan dalam masa yang sama mematuhi kriteria pembinaan yang efisien (Tharim et al., 2018). Perancangan dan pembangunan kediaman pada masa kini dan akan datang perlu memastikan kediaman yang dibina bukan sekadar melepaskan tanggungjawab sosial manusia bahkan memberi kesejahteraan kepada manusia sejagat (Shafii, 2020).

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

1.2. Objektif kajian

Kajian ini berfokus kepada penyiasatan terhadap tahap keselesaan termal penghuni kediaman dengan skop kajiannya mengkhusus kepada jenis kediaman rumah teres dua tingkat dan melibatkan responden yang homogen dari segi etnik. Dapatan kajian diperolehi melalui objektif yang telah ditetapkan :

i. Untuk mengenal pasti tahap keselesaan termal penghuni kediaman melalui analisis indeks PMV/PPD.
ii. Untuk menentukan nilai suhu neutral rumah kediaman melalui analisis regresi linear.
iii. Untuk melihat perbandingan dapatan suhu neutral yang mencirikan sensasi termal sebenar penghuni kediaman.

2. Sorotan Literatur

Pengkajian berhubung dengan tema keselesaan termal bertitik-tolak daripada kajian persekitaran dalaman yang dijalankan oleh Kerka dan Humprey pada tahun 1956 (Orosa, 2009). Kajian pertama yang dijalankan di kawasan tropika bermula sekitar tahun 1949 hingga 1950 apabila Webb (1959) cuba untuk melihat tahap keselesaan termal ini yang melibatkan seramai 20 orang responden yang telah lama menetap di Tanah Melayu dan Singapura. Kajian ini dilihat sebagai permulaan kepada penentuan suhu selesa dengan terbentuknya Indeks Singapura (SI) melalui analisis parameter suhu bebuli kering, suhu bebuli basah dan pergerakan udara. Hasilnya, suhu selesa dikenal pasti pada 25.94°C. Ellis (1953) pula cuba melihat kajian ini pada perspektif yang berbeza dengan mengambil kira faktor jantina, umur dan bangsa. Kajian beliau yang dijalankan pada tahun 1953 ini menunjukkan bahawa persepsi terhadap keselesaan termal tidak dipengaruhi oleh faktor di atas kerana responden beliau telah berjaya menyesuaikan diri dengan suhu yang agak panas di kawasan kajian beliau iaitu Singapura. Kajian oleh Taki et al. (1999) di kawasan panas dan kering sekitar Ghadames, Libya pada musim panas (Ogos 1997 dan Julai 1998) mendapati bahawa suhu neutral yang diperoleh melalui undian sensasi termal adalah 31.6°C bagi kediaman lama dan 29.4°C bagi kediaman baru yang dilengkapi dengan alat penghawa dingin.

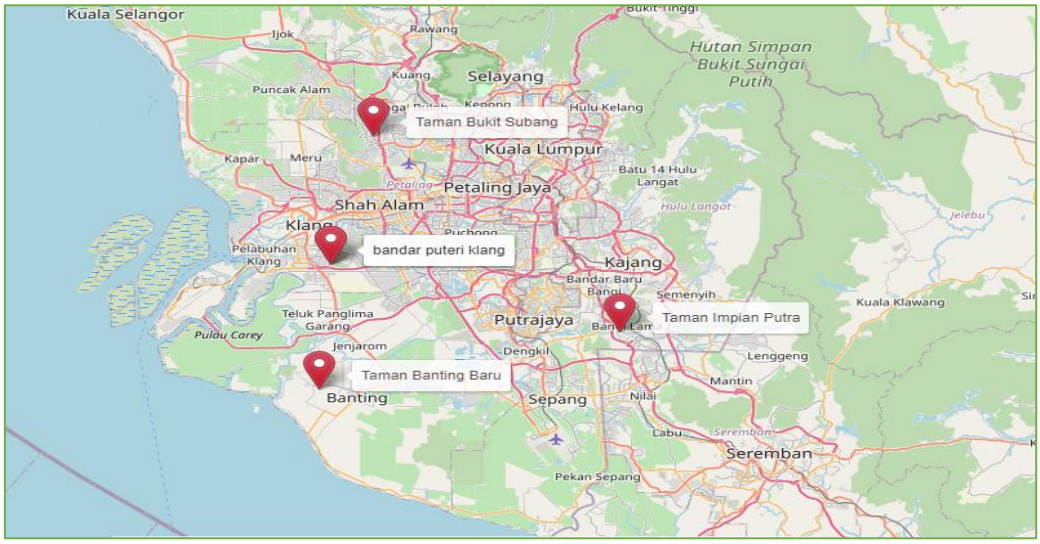
Kajian Zain et al. (2007) ke atas rumah teres di Malaysia mencadangkan suhu selesa berada di bawah 28.69°C. Hasil perbandingan analisis kajian-kajian keselesaan termal yang dijalankan di Asia Tenggara mendapati bahawa penduduk yang hidup di negara-negara beriklim panas dan lembap sepanjang tahun lebih cenderung atau selesa pada julat suhu di antara 25°C - 30°C (Roonak & Kamaruzzaman, 2009).

3. Metod Kajian

Pemerolehan data bagi kajian ini melibatkan gabungan pencerapan parameter cuaca persekitaran dalaman dan tinjauan soal selidik. Lokasi kajian ini mengkhusus kepada rumah teres dua tingkat yang dijalankan pada bulan Mac 2019 di negeri Selangor yang melibat empat daerah iaitu daerah Klang (Bandar Puteri), daerah Kuala Langat (Taman Banting Baru), daerah Petaling (Taman Bukit Subang) dan daerah Hulu Langat (Taman Impian Putra). Tiga lokasi kajian berada dalam zon dalaman (Bandar Puteri, Taman Impian Putra dan Taman Bukit Subang), manakala Taman Banting baru pula terletak dalam zon pinggiran yang merujuk kepada kawasan luar bandar (Rostam et al., 2010). Rajah 1 memperlihatkan letakan kawasan kajian di negeri Selangor Darul Ehsan.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Rajah 1: Letakan kawasan kajian dalam empat daerah negeri Selangor



3.1. Persampelan

Persampelan merupakan satu perancangan pengkaji bagi mendapatkan maklumat tentang sesuatu populasi daripada sebahagian individu yang menganggotai populasi tersebut. Kajian ini melibatkan persampelan bukan kebarangkalian secara bertujuan digunakan bagi melihat perbandingan sampel yang bersifat homogen (Cash et al., 2022). Saiz sampel bagi keseluruhan kawasan kajian adalah seramai 208 responden yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis kajian, jenis populasi, perbelanjaan, dan skala pengukuran (Piaw, 2011). Bilangan saiz sampel dalam kajian ini berpandukan kepada jadual penentuan saiz sampel Krejcie dan Morgan (1970). Sampel dipilih daripada populasi yang seragam dan mempunyai persamaan dari segi sosiobudaya, amalan serta gaya hidup. Contoh pengiraan kepada penentuan saiz sampel dan bilangan sampel ditunjukkan pada Rajah 2 dan Jadual 1 masing-masing.

Rajah 2: Pengiraan saiz sampel

Krejcie & Morgan (1970)

$$s = \frac{X^2NP(1-P)}{d^2(N-1)+(x^2P(1-P)}$$

s = saiz sampel yang diperlukan
N = saiz populasi yang dikenalpasti
P = perkadaran populasi diandaikan 0.5 kerana magnitud ini akan menghasilkan saiz sampel yang maksimum.
d = darjah ketepatan yang maksimum (0.05)
x^2 = nilai khi kuasa dua daripada jadual pada darjah kebebasan 1 iaitu 3.841

Contoh N = 65
maka:

$$s = \frac{3.841(65)(0.5)(1-0.5)}{(0.05)^2(65-1)+3.841(0.5)(1-0.5)}$$

$$s = \frac{3.841(150)(0.5)(0.5)}{(0.0025)(64)+1.9205(0.5)} = \frac{62.4}{1.12} = 55.7 = \mathbf{56}$$

Saiz sampel yang diperlukan adalah 56

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Jadual 1: Kawasan kajian dan saiz sampel

Kawasan kajian	Lokasi	Sampel (n)
Bandar Puteri (BP)	2° 59′ 20″ U, 101° 28′ 01″T	56
Taman Banting Baru (TBB)	2° 48′ 49″ U, 101° 26′59″ T	48
Taman Impian Putra (TIP)	2° 53′ 36″ U, 101° 46′ 23″T	52
Taman Bukit Subang (TBS)	3° 10′ 19″ U, 101° 30′ 49″T	52

3.2. Tempoh masa dan lokasi pengukuran parameter cuaca

Bagi setiap kediaman, pengumpulan data bermula pada pukul 7.00 pagi hingga 8.00 malam dengan sela pencerapan selama satu jam. Sela masa ini dipilih agar data parameter cuaca bersesuaian dengan analisis yang dijalankan dan tidak terlalu rencam serta mampu melihat peningkatan suhu secara gradual. Lokasi mesin pencerap parameter cuaca diletakkan pada bahagian tengah ruang tamu dengan ketinggian 1.1 meter daripada lantai bertepatan dengan standard ASHRAE yang mewakili responden dalam keadaan duduk (Yanti et al., 2020). Letakan alatan pengukuran parameter cuaca ditunjukkan pada Gambar foto 1.

Gambar foto 1: Letakan alatan pencerap parameter cuaca





3.3. Instrumen kajian

Alat pengukuran parameter keselesaan termal ini dioperasi dengan perisian PCLS-ADAMVIEW32 dalam merekodkan data parameter cuaca persekitaran. Kajian ini hanya mencerap empat data iaitu suhu ambien, suhu radian purata, halaju angin dan kelembapan bandingan dengan kekerapan pencerapan antara satu saat hingga beberapa jam (Daud, 2019). Kesemua bacaan yang dibuat oleh alatan ini memenuhi standard yang ditetapkan oleh ISO 7726 (Majid, 2019). Instrumen yang digunakan dalam kajian ini adalah seperti pada Jadual 2.

Jadual 2: Maklumat instrumen kajian

	Alatan	Perisian	Parameter	Pengeluar	Ketepatan
	Thermal Comfort Multistation (TCM)	PCLS-ADAM VIEW32	Suhu ambien, Halaju angin, Kelembapan bandingan, Suhu radian purata	Advantech Co., Ltd.,Taiwan	Suhu ambien (±0.2°C). Kelembapan bandingan (±0.15kPa). Halaju angin (±0.02m/s). Suhu radian purata termometer glob berwarna hitam bersaiz 150 mm.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

3.4. Tinjauan soal selidik

Pengedaran borang soal selidik bermula pada pukul 8.00 pagi hingga 6.00 petang yang dijalankan secara berperingkat dengan sela masa dua jam. Bilangan responden yang terlibat bagi setiap sesi antara tujuh hingga 12 orang bergantung kepada keberadaan responden. Cuaca yang agak baik membantu dalam proses pengedaran borang soal selidik. Skala ASHRAE dan skala Bedford dengan tujuh pilihan jawapan bagi menggambarkan sensasi dan persepsi responden digunakan (ASHRAE, 2017). Penerimaan haba sama ada panas atau sejuk turut di utarakan dalam borang soal selidik. Responden juga perlu memberi maklum-balas berhubung dengan keinginan suhu sama ada mereka berasa selesa atau inginkan suhu yang lebih sederhana. Maklumat berkaitan dengan item penilaian subjektif tahap keselesaan termal dapat dilihat pada Jadual 3.

Jadual 3: Penilaian tahap keselesaan termal

Skala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Sensasi Termal	Sejuk	Sederhana Sejuk	Sedikit Sejuk	Neutral	Sedikit Panas	Sederhana Panas	Panas
Kelembapan Bandingan	Terlalu Kering	Sederhana Kering	Sedikit Kering	Sesuai	Sedikit Lembap	Sederhana Lembap	Terlalu lembap
Pengaliran Udara	Sangat Tenang	Tenang	Sedikit Tenang	Sesuai	Sedikit Berangin	Berangin	Sangat Berangin
Keselesaan	Sangat Tidak Selesa	Tidak Selesa	Sedikit Tidak Selesa	Neutral	Sedikit Selesa	Selesa	Sangat Selesa
Penerimaan Haba		Boleh diterima			Tidak boleh diterima		
Keinginan Suhu		Sedikit sejuk		Tiada		Sedikit panas	

4. Hasil Kajian

Pencerapan parameter cuaca untuk kajian ini dijalankan bermula dari pukul 7.00 pagi dan berakhir pada pukul 8.00 malam. Keadaan cuaca baik dan cerah ketika pencerapan dijalankan. Perubahan suhu yang direkodkan menunjukkan berlaku peningkatan antara 27°C kepada 33°C bagi kesemua perumahan yang dikaji. Jadual 4 menunjukkan ringkasan parameter cuaca yang dicerap.

Jadual 4: Ringkasan parameter cuaca

Parameter cuaca	BP	TBB	TIP	TBS
Min Suhu (°C)	31.13	31.22	31.22	31.05
Suhu maksima (°C)	33.4	33.4	33.6	33.5
Suhu minima (°C)	26.2	26.4	27.1	26.7
Sisihan piawai	2.39	2.28	2.23	2.29
Min Kelembapan Bandingan (%)	65.85	69.28	67.57	66.42
Kelembapan bandingan maksima (%)	80	85	81	80
Kelembapan bandingan minima (%)	57	63	58	56
Sisihan piawai	6.37	6.41	6.42	7.75
Min Halaju Angin (m/s)	0.17	0.18	0.20	0.18
Halaju angin maksima (m/s)	0.3	0.3	0.3	0.3
Halaju angin minima (m/s)	0.1	0.1	0.1	0.1
Sisihan piawai	0.06	0.07	0.07	0.06

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Min Suhu Radian Purata (°C)	31.96	31.94	31.98	31.65
Suhu radian purata maksima (°C)	34.00	34.20	34.5	33.80
Suhu radian purata minima (°C)	26.50	26.50	27.4	26.80
Sisihan piawai	2.65	2.50	2.38	2.45

4.1 Sensasi termal

Sensasi termal ialah parameter standard dalam kebanyakan kajian keselesaan termal. Ia ditakrifkan secara seragam dalam piawaian ISO 7730 dan ASHRAE Standard 55 (Velt & Daaneen, 2017) dengan skala antara −3 (sejuk) hingga +3 (panas). Kebiasaannya, sensasi termal digunakan untuk menilai sensasi sebenar seseorang individu terhadap suhu persekitaran yang dialami. Keselesaan termal ditakrifkan sebagai keadaan minda yang menyatakan kepuasan terhadap persekitaran termal (ASHRAE, 2017). Keselesaan termal boleh dipengaruhi sebahagian oleh faktor kontekstual dan budaya yang berbeza tetapi yang utamanya adalah kesan daripada pertukaran haba antara badan dan persekitaran (Olesen & Brager, 2014).

Rumusan kepada undian sensasi termal responden di keempat-empat kawasan perumahan dengan purata suhu operatif yang berbeza antara pukul 8.00 pagi hingga pukul 6.00 petang dengan suhu dalaman yang berbeza. Peratusan undian sensasi termal responden di setiap perumahan hanya melibatkan julat antara -2 dan 2 sahaja dan tiada undian pada suhu sejuk atau panas yang melampau. Peratusan undian pada julat selesa, ketika undian sensasi termal responden berada antara julat -1 dan 1 hanya diperoleh pada pukul 10 pagi. Min TSV pada pukul 8.00 pagi memberi nilai antara -1.28 hingga -1 yang memberi petunjuk kepada sensasi termal yang sedikit sejuk. Manakala maklum balas responden bermula daripada pukul 12 tengah hari hingga 6 petang dikategorikan sebagai tidak menyelesakan kesan daripada peningkatan suhu dalaman yang dirasai dengan nilai min TSV antara 1.14 hingga 2.42. Sensasi panas yang dialami kekal sehingga lewat petang kesan daripada perlepasan haba pendam struktur binaan kediaman. Maklumat berkaitan dengan Undian Sensasi termal (TSV) responden dapat dilihat pada Jadual 5.

Jadual 5: Undian sensasi termal

	BP		TBB		TIP		TBS	
Masa	Top (°C)	Min TSV	Top (°C)	Min TSV	Top (°C)	Min TSV	Top (°C)	Min TSV
8 am	27.22	-1.28	27.20	-1.0	27.40	-1.14	27.25	-1.28
10 am	30.02	0.28	30.12	0.28	29.74	0.42	29.40	0.14
12 pm	31.84	1.14	32.18	1.42	31.58	1.14	31.44	1.14
2 pm	33.22	1.71	33.56	1.71	33.48	1.57	33.32	1.42
4 pm	33.76	2,28	33.62	2.14	33.85	2.42	33.75	2.14
6 pm	33.54	1.85	33.10	1.85	33.24	2.00	33.00	1.71

4.2. Analisis PMV/PPV

Analisis indeks PMV dan PPD pula melibatkan empat parameter cuaca dan dua parameter personal dengan menggunakan perisian yang dibangunkan oleh Makmal Ventilasi dan Kualiti Udara, Universiti Gävle, Sweden. Perisian yang dicipta oleh Håkan (2005) pada tahun 2005 ini adalah untuk pengiraan Jangkaan Min Pilihan (PMV) dan Jangkaan Peratusan Ketidakpuasan (PPD) untuk melihat tahap keselesaan termal yang dialami oleh responden. Perisian ini juga berupaya untuk menentukan suhu operatif berdasarkan

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

input suhu ambien dan suhu radian purata. Model ini berteraskan kepada konsep termoneutraliti, dimana PMV menggambarkan sensasi termal penghuni terhadap persekitaran yang dialami sama ada panas atau sejuk (Hoof, 2008) dengan menggabungkan empat parameter cuaca iaitu suhu udara, halaju angin, suhu radian purata dan kelembapan bandingan serta dua parameter personal iaitu pakaian dan kadar metabolisme yang diukur berdasarkan indeks dalam menentukan keselesaan termal yang dialami oleh penghuni dalam persekitaran yang diuji. Nilai indeks PMV/PPD bagi tempoh masa pencerapan diperincikan pada Jadual 6.

Jadual 6: Nilai indeks PMV/PPD dan suhu operatif

Masa	BP			TBB			TIP			TBS		
	Top (°C)	PMV	PPD (%)	Top (°C)	PMV	PPD (%)	Top (°C)	PMV	PPD (%)	Top (°C)	PMV	PPD (%)
7 am	26.36	0.3	6.9	26.44	0.1	5.2	27.22	0.4	8.3	26.75	0.5	10.2
8 am	27.22	0.4	8.3	27.20	0.7	15.3	27.40	0.7	15.3	27.25	0.7	15.3
9 am	28.15	1.0	26.1	28.45	1.1	28.4	28.42	0.9	22.1	28.30	1.1	30.5
10 am	30.02	1.4	45.5	30.12	1.4	58.3	29.74	1.5	50.9	29.40	1.3	40.5
11 am	31.06	2	76.8	31.82	2.3	88.3	31.08	1.9	72.1	30.62	1.8	67.0
12 pm	31.84	2.2	84.9	32.18	2.4	91.1	31.58	2.1	81.1	31.44	2.0	76.8
1 pm	32.12	2.8	97.8	33.16	3.0	97.8	33.10	3	97.8	32.96	2.7	96.7
2 pm	33.22	2.8	97.8	33.56	3.1	99.1	33.48	3.1	99.1	33.32	2.8	97.8
3 pm	33.52	3	99.1	33.72	3.1	99.5	33.70	3.1	99.5	33.56	3	99.1
4 pm	33.76	3	99.1	33.62	3.1	99.5	33.85	3.1	99.5	33.75	3	99.1
5 pm	33.80	3	99.1	33.26	2.9	98.6	33.96	3.1	99.5	33.44	2.9	98.6
6 pm	33.54	3	99.1	33.10	2.9	98.6	33.24	2.9	98.6	33	2.8	97.8
7 pm	33.16	2.9	98.6	32.60	2.7	96.7	32.65	2.7	96.7	32.36	2.6	95.5
8 pm	32.85	2.8	97.8	32.15	2.5	93.4	31.84	2.4	91.1	32.06	2.4	91.1

Jadual 7 menunjukkan data cerapan parameter cuaca dan personal kesemua lokasi kajian yang melibatkan cerapan pukul 7.00 pagi dan 12 tengah hari. Suhu ambien yang direkodkan pada pukul 12 tengah hari agak tinggi iaitu sekitar 31°C dengan halaju angin yang terhad iaitu di bawah 0.3 meter sesaat. Parameter kadar metabolisme pula adalah 1 *Mets* iaitu duduk dan berehat dengan nilai purata tebatan pakaian pada 0.48 *Clo*.

Jadual 7: Data cerapan parameter cuaca dan personal 7.00 pagi dan 12 tengah hari

Parameter	BP		TBB		TIP		TBS	
	7 am	12 pm	7am	12 pm	7 am	12 pm	7am	12 pm
Suhu (°C)	26.2	31.6	26.4	31.9	27.1	31.1	26.7	31.2
Halaju angin (m/s)	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3
Suhu radian purata (°C)	26.5	32.2	26.5	32.6	27.4	32.3	26.8	31.8

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Kelembapan bandingan (%)	80	67	85	67	81	68	80	65
Pakaian	0.48		0.48		0.48		0.48	
Kadar metabolisme	1		1		1		1	

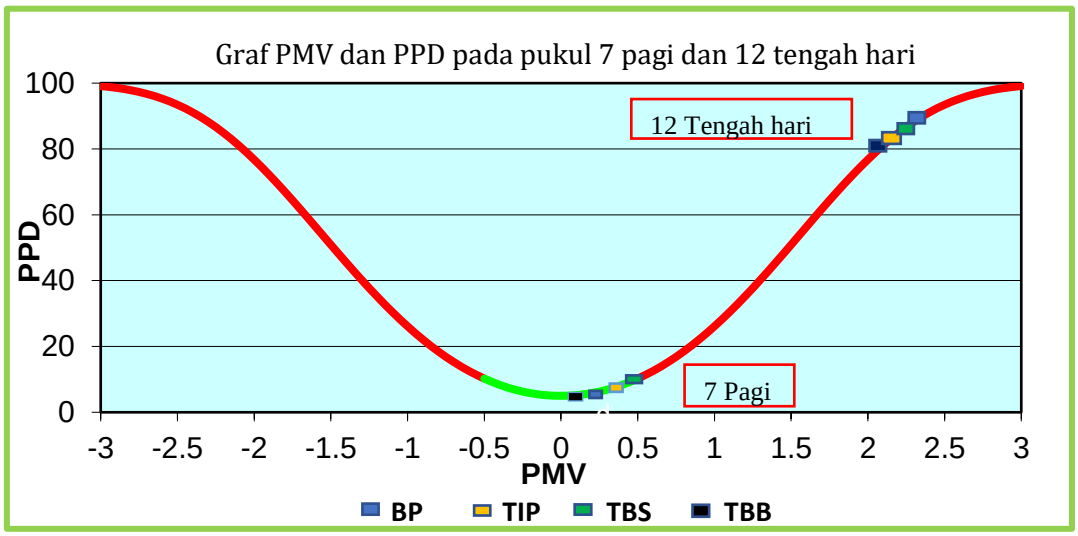
Dalam konteks negara beriklim panas atau tropika, pendekatan penyejukan pasif sukar untuk dipraktikkan kerana pendedahan kepada pancaran matahari yang lama, suhu yang tinggi dan kelembapan yang tinggi (Al-Obaidi et al., 2014). Jika dibandingkan binaan rumah moden dengan rumah tradisional, perbezaan yang signifikan dari segi reka bentuk dan bahan binaan jelas dapat dilihat bahawa rumah tradisional lebih selesa kerana pengaliran udara yang berlaku agak bebas dan menyumbang kepada aspek penyederhanaan suhu kediaman (Yusoff et al., 2014). Vegetasi persekitaran yang bersesuaian juga turut membantu dalam merendahkan suhu dalaman kediaman (Misni, 2012). Maklumat berkaitan dengan suhu operatif, PMV dan PPD pula ditunjukkan pada Jadual 8.

Jadual 8: Maklumat suhu operatif, PMV dan PPD

Parameter	**BP**		**TBB**		**TIP**		**TBS**	
	7 am	**12 pm**	**7am**	**12 pm**	**7 am**	**12 pm**	**7am**	**12 pm**
Top (°C)	26.36	31.84	26.44	32.18	27.22	31.58	26.75	31.44
PMV	0.3	2.2	0.1	2.4	0.4	2.1	0.5	2.0
PPD (%)	6.9	84.9	5.2	91.1	8.3	81.1	10.2	76.8

Indeks PMV/PPD yang diperoleh pada dua masa pencerapan menunjukkan tahap perbezaan yang ketara di mana julat PMV antara nilai -0.5 dan +0.5 yang mencirikan kepada pencapaian tahap keselesaan termal hanya berlaku pada pencerapan parameter cuaca dan parameter personal pukul 7.00 pagi. Manakala, indeks PMV pukul 12.00 tengah hari yang berada pada julat 2 dan 2.5 jelas menunjukkan bahawa persekitaran yang dialami adalah tidak menyelesakan. Keadaan ini turut digambarkan melalui nilai Jangkaan Peratusan Ketidakpuasan (PPD) yang melebihi 80%. Nilai indeks yang terhasil adalah merujuk kepada data cerapan parameter cuaca dan nilai parameter personal yang tetap. Model keseimbangan haba ini adalah bersifat statik dan tidak mengambil-kira persekitaran kediaman berventilasi semula jadi yang kompleks seperti mana yang ditekankan dalam pendekatan adaptif. Perbandingan nilai indeks PMV/PPD antara dua masa pencerapan di kesemua lokasi kajian ditunjukkan pada Rajah 3.

Rajah 3: Perbandingan nilai PMV/PPD antara dua masa pencerapan



© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

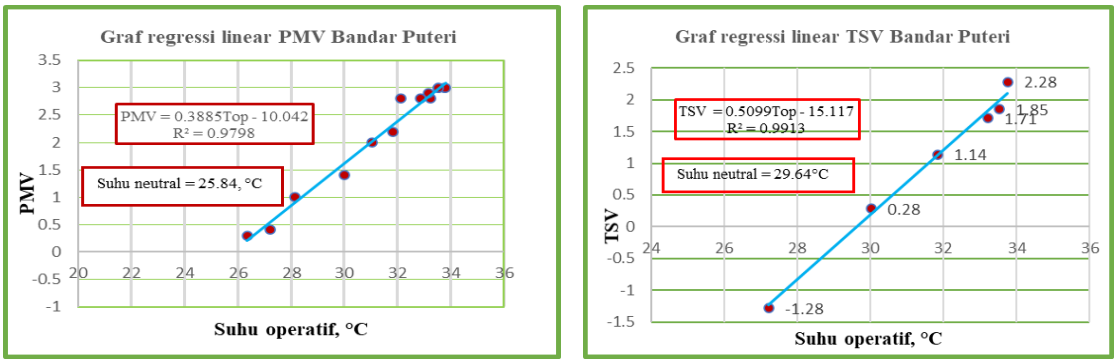
4.3. Suhu neutral

Suhu neutral didefinisikan sebagai takat suhu operatif dalaman di mana majoriti responden/penghuni memilih undian neutral pada skala sensasi termal yang diberi. Kadar perubahan suhu neutral ini dicirikan oleh perubahan purata suhu luaran (Nicol & Humphreys, 2002). Suhu neutral juga berkait rapat dengan corak iklim, musim serta adaptasi penghuni kawasan dan musim (Baruti et al., 2019). Penentuan kepada suhu yang menyelesakan ini penting dalam meningkatkan keselesaan penghuni dan pada masa yang sama, penggunaan tenaga juga dapat dikurangkan. Kajian yang dijalankan oleh Palmer et al. (2012), mendapati bahawa penurunan suhu sebanyak 1°C melibatkan rumah kediaman di United Kingdom mampu menjimatkan penggunaan tenaga sebanyak 16 Tera Watt sejam. Dalam kajian keselesaan termal, analisis regresi digunakan untuk mengkaji corak tindak-balas purata pada satu julat suhu dan jangkaan suhu neutral diperolehi daripadanya (McCartney & Nicol, 2002).

Penentuan suhu neutral dijalankan dengan menggunakan analisis regresi linear dengan mengambilkan data PMV dan data TSV berbanding dengan suhu operatif. Nilai suhu neutral diperolehi daripada pengiraan persamaan analisis yang diberi ketika lengkuk PMV dan TSV memotong garisan julat suhu operatif pada nilai kosong. Dalam model regresi, nilai peratus varians dalam pemboleh ubah bersandar yang diterangkan oleh pemboleh ubah tidak bersandar dikenali sebagai R^2. Ia merupakan ukuran statistik yang menunjukkan bagaimana data terletak hampir dengan garis regresi yang dipadankan. Nilai R^2 adalah di antara 0 hingga 1, atau diterjemahkan dalam bentuk peratusan, antara 0% hingga 100% (Piaw, 2014).

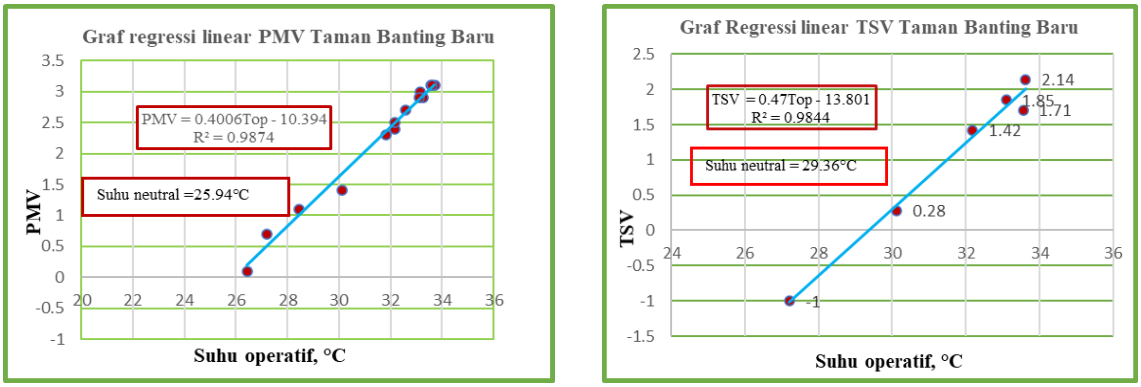
Dalam kajian ini nilai pekali penentuan yang diperoleh berada pada nilai 0.9 yang menunjukkan data berpadanan dengan model yang diuji. Nilai suhu neutral yang diperoleh melalui analisis regresi linear bagi data PMV/PPD dan TSV yang dijalankan bagi setiap lokasi kajian ditunjukkan pada Rajah 4, Rajah 5, Rajah 6 dan Rajah 7.

Rajah 4: Analisis regresi PMV dan TSV Bandar Puteri

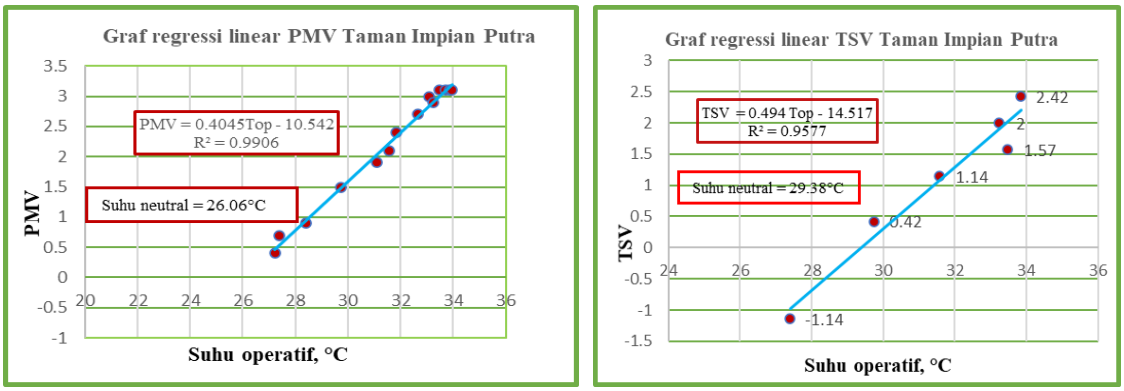


© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

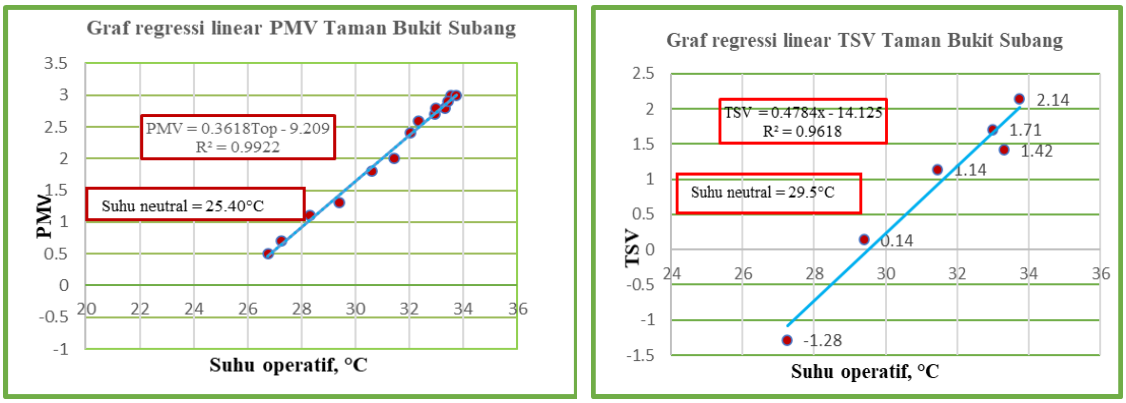
Rajah 5: Analisis regresi PMV dan TSV Taman Banting Baru



Rajah 6: Analisis regresi PMV dan TSV Taman Impian Putra



Rajah 7: Analisis regressi PMV dan TSV Taman Bukit Subang



Analisis yang dijalankan dengan manipulasi pemboleh ubah dan parameter memberi dapatan yang berbeza antara satu sama lain. Indeks PMV/PPD yang bersandarkan kepada parameter cuaca dan personal memberi purata suhu neutral pada nilai 25.81°C yang dilihat tidak memberi gambaran sebenar kepada suhu yang diperoleh melalui undian sensasi termal yang memberi purata suhu neutral yang lebih realistik iaitu pada nilai 29.47°C. Perbandingan suhu neutral kawasan kajian yang di jana melalui analisis PMV dan TSV dapat dilihat pada Jadual 9.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Jadual 9: Perbandingan suhu neutral kawasan kajian

Lokasi kajian	n	Indeks termal	Kaedah	Model regressi	R^2	Tn
Bandar Puteri	56	Top	Soal selidik	TSV = 0.5099 Top – 15.117	0.9913	29.64 °C
			Jangkaan	PMV = 0.3885 Top - 10.042	0.9798	25.84 °C
Taman Banting Baru	48	Top	Soal selidik	TSV = 0.47 Top - 13.801	0.9844	29.36 °C
			Jangkaan	PMV = 0.4006 Top - 10.394	0.9874	25.94 °C
Taman Impian Putra	52	Top	Soal selidik	TSV = 0.494 Top - 14.517	0.9577	29.38°C
			Jangkaan	PMV = 0.4045 Top - 10.542	0.9906	26.06 °C
Taman Bukit Subang	52	Top	Soal selidik	TSV= 0.4784 Top - 14.125	0.9618	29.50 °C
			Jangkaan	PMV = 0.3618 Top – 9.209	0.9922	25.40 °C

Kajian oleh de Dear, Leow dan Foo (1991) yang melibatkan kediaman di Singapura mendapati suhu neutral yang menyelesakan berada pada 28.5°C. Kajian yang dijalankan oleh Yang dan Zhang (2008) terhadap penghuni yang mendiami kediaman berventilasi semulajadi mendapati suhu yang menyelesakan berada pada 28.3°C. Taweekun dan Tantiwichien (2014), dalam kajian berhubung dengan zon keselesaan termal penduduk Thailand merumuskan bahawa suhu neutral yang menyelesakan berada pada julat 26.44°C-33.60°C. Adaptasi dan asimilasi terhadap suhu persekitaran yang tinggi di kalangan penghuni kediaman turut diperoleh dalam kajian Djamila (2015) di Kota Kinabalu dengan dapatan purata suhu neutral pada nilai 30.1 ± 0.1 °C.

5. Kesimpulan

Iklim dan cuaca yang panas dan lembap sepanjang tahun merupakan cabaran yang besar bagi mencapai tahap keselesaan termal penghuni kediaman di Malaysia. Pendekatan penyejukan pasif juga tidak membantu dalam menyederhanakan suhu kediaman terutamanya rumah teres kerana tipologinya yang seragam. Kajian yang dijalankan mendapati nilai indeks PMV dan PPD antara dua masa pencerapan (7.00 pagi dan 12.00 tengah hari) menunjukkan perbezaan yang ketara. Keselesaan termal yang dialami oleh penghuni kediaman hanya dirasai selama beberapa jam pada waktu awal pagi. Perubahan suhu dalaman mula terasa seawal pukul 11.00 pagi seiring dengan peningkatan suhu luaran kesan daripada intensiti sinaran matahari. Ruangan kediaman menjadi semakin tidak menyelesakan menjelang waktu petang berpunca daripada perlepasan haba pendam struktur binaan kediaman. Pergerakan udara luar juga tidak banyak membantu menyederhanakan suhu dalaman kerana susun atur rumah teres ini menghalang aliran udara masuk. Penggunaan alat penghawa dingin merupakan penyelesaian mudah dalam menyederhanakan suhu yang tinggi ini tetapi melibatkan peningkatan dalam penggunaan tenaga. Permintaan tenaga daripada sektor kediaman juga berada tren yang menaik kesan daripada kepesatan pembangunan hartanah di Malaysia.

Penentuan suhu neutral dalam kajian ini melibatkan data indeks PMV (parameter cuaca dan personal) dan data TSV (soal selidik) bagi melihat nilai suhu yang memberi keselesaan kepada penghuni rumah kediaman. Analisis regresi linear yang dijalankan bagi data PMV memberi nilai suhu neutral pada 25.81°C. Manakala, analisis yang sama bagi data TSV pula menunjukkan nilai suhu yang lebih tinggi pada 29.47°C. Perbezaan

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

yang ketara ini menunjukkan bahawa penentuan suhu neutral berdasarkan kepada indeks PMV tidak mengambil kira tahap adaptasi dan aklimitasi sebenar penghuni kediaman di zon tropik. Dalam persekitaran ruangan berventilasi semulajadi yang bersifat dinamik, pendekatan teori Keseimbangan Haba Fanger tidak menggambarkan sensasi termal sebenar penghuni kediaman.

Julat suhu selesa musim panas yang ditetapkan oleh ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2017) iaitu antara 23.88°C hingga 26.94°C juga dilihat sebagai kurang tepat bagi menggambarkan tahap toleransi suhu penghuni kediaman di zon iklim tropik. Model keselesaan termal yang dibentuk oleh pengkaji barat yang berasaskan kepada kumpulan etnik Caucasian juga dilihat tidak bersesuaian untuk diaplikasikan kepada etnik lain seperti di Asia Timur atau di Asia Tengah.

Penghargaan (*Acknowledgement*)

Setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia utama saya, Prof. Dr. Kadaruddin Aiyub dan penyelia bersama, Dr. Azlan Abas yang banyak memberi tunjuk ajar dan bimbingan untuk menjayakan kajian ini. Tidak lupa kepada keluarga yang sentiasa memberi dorongan dalam menjayakan kajian ini.

Kewangan (*Funding*)

Tiada menerima sebarang tajaan atau bantuan kewangan

Konflik Kepentingan (*Conflict of Interest)*

Penulis tidak mempunyai konflik kepentingan dalam menjayakan penerbitan artikel.

Rujukan

Al-Obaidi, K.M., Mazran Ismail, M. & Rahman, A.M.A. (2014). Passive cooling techniques through reflective and radiative roofs in tropical houses inSoutheast Asia: A literature review. *Frontiers of Architectural Research, 3*(3), 283-297.

Al Yacouby, A.M., Khamidi, M.F., Nuruddin, M.F., Idrus, A., Farhan, S.A. & Razali, A.E. (2011). A review on thermal performance of roofing materials in Malaysia. *Proceedings of the International Building and Infrastructure Technology* (BITECH 2011), hlm 351-358.

ASHRAE Standard 55. (2017). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.

Aziah, N.A.M. (2008). *Energy efficient design towards energy conservation for terraced housing in Malaysia*. Tesis Dr. Fal, Curtin University of Technology, Australia.

Baruti, M.M., Johannson, E. & Astrand, J. (2019). Review of studies on outdoor thermal comfort in warm humid climates: challenges of informal urban fabric. *International Journal of Biometeorology, 63*, 1449-1462.

Cash, P., Isaksson, O., Maier, A. & Summers, J. (2022). Sampling in design research: Eight key considerations. *Design Studies, 78*(101077), 1-21.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Daud, N.M. (2019). *Tatacara pemerolehan data parameter cuaca*. Institut Penyelidikan Tenaga Suria (SERI), Universiti Kebangsaan Malaysia. Temu bual, 4 Mac.

Davis, M.P., Shanmugavelu, S. & Adam, N. (1997). *Overheating in Malaysian houses*. Dlm. Proceedings of the Affordable Quality Housing Seminar, Paper 7. Abdul Aziz Abdul Samad et al. (pynt.). PPPL Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor Malaysia.

de Dear, R., Leow, K.G. & Foo, S.C. (1991). Thermal comfort in the humid tropics: Field experiments in air conditioned and naturally ventilated buildings in Singapore. *International Journal of Biometeorology, 34*, 259-265.

Djamila, H., Ming, C.C. & Kumaresan, S. (2015). Investigation on hourly and monthly thermal comfort in the humid tropics of Malaysia*. Buildings, 5*, 1025-103.

Ellis, F.P. (1953). Thermal comfort in warm humid atmosphere: Observation on groups and individuals in Singapore. *Journal of Hygiene, 51*, 422-430.

Håkan Nilsson. (2005). *PMV calculation programme. Department of Technology and Built Environment, Laboratory of Ventilation and Air Quality*. University of Gavle, Sweden.

Hoof, J.V. (2008). Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all? *Indoor Air, 18*(3), 182-201.

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift, 15*(3), 259-263.

Krejcie, R.V. dan Morgan, D.W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement, 30*, 607-610.

Majid, Z.A.A. (2019). Ketepatan alatan pencerapan parameter cuaca. Radtec Malaysia Sdn. Bhd. Temu bual, 10 Mac.

McCartney, J.K. & Nicol, J.F. (2002). Developing an adaptive control algorithm for Europe. *Energy and Buildings, 34*(6), 623-635.

Misni, A. (2012). *The effects of surrounding vegetation, buildings and human factors on the thermal performance of housing in a tropical environment*. Tesis Dr. Fal, Victoria University of Wellington.

Nicol, J.F. & Humphreys M.A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings, 34*(6), 563-572.

Olesen, B.W. & Brager, G.S. (2004). A better way to predict comfort. *ASHRAE Journal, 46*, 20-28.

Orosa, J.A. (2009). Research on the Origins of Thermal Comfort. *European Journal of Scientific Research, 34*(4), 561-567.

Palmer, J., Terry, N. & Pope, P. (2012). How much energy could be saved by making small changes to everyday household behaviours? Cambridge Architectural Research Report. London: Department of Energy and Climate Change. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/128720/6923-how-much-energy-could-be-saved-by-making-small-cha.pdfb

Piaw, C.Y. (2014). *Ujian regressi, analisis faktor dan analisis SEM*. Shah Alam, Selangor: McGraw-Hill (Malaysia) Sdn Bhd.

Roonak, D. & Kamaruzzaman, S. (2009). Effective ventilation parameters and thermal comfort study of air-conditioned offices. *Applied Sciences, 6*, 943-951.

Rostam, K., Osul, M., Choy, E.A., Mohd Nor, A.R., Sakawi, Z., Md Hashim, N.M. & Muhammad, A. (2010). Pembandaran dan rebakan bandar di pinggir Wilayah Metropolitan Klang-Langat. *GEOGRAFIA OnlineTM Malaysian Journal of Society and Space, 6*(2), 37-50.

Shafii, H., Yassin, A.M., Wee, S.T. & Musa, S.M.S. (2020). Membangunkan kriteria penunjuk penilaian kualiti hidup perumahan bagi masyarakat bandar. *Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management, 5*(20), 1-15.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Suruhanjaya Tenaga. (2018). Final energy consumption by sectors in ktoe. *National Energy Balance* 2018: 67. https://meih.st.gov.my/documents/10620/f2f4c39b-4748-4c5d-b90a-fc36ba880264

Taki, A.H., Ealiwa, M.A., Howarth, A.T. & Seden, M.R. (1999). Assessing thermal comfort in Ghadames, Libya: Application of the adaptive model. *Building Services Engineering Research and Technology, 20*(4), 205-210.

Taweekun, J & Tantiwichien, A.U.W. (2013). Thermal comfort zone for Thai people. *Engineering, 5*(5), 525-529.

Tharim, A. H. A., Munir, F. F. A., Samad, M. H. A. & Mohd, T. (2018). A field investigation of thermal comfort parameters in green building index (GBI)-rated office buildings in Malaysia. *International Journal of Technology, 9*(8), 1588-1596.

Velt, K.B. & Daanen, H.A.M. (2017). Thermal sensation and thermal comfort in changing environments. *Journal of Building Engineering, 10*, 42-46.

Webb, C.G. (1959). An Analysis of some observations of thermal comfort in an equatorial climate. *British Journal of Industrial Medicine, 16*, 297-310.

Yang, W. & Zhang, G. (2008). Thermal comfort in naturally ventilated and air-conditioned buildings in humid sub-tropical climate zone in China. *International Journal of Biometeorology, 52*(5), 385-398.

Yanti, R.J., Djoko, F., Mustika, I.W., Arianandа, D.D. & Utami, S.S. (2020). Analysis of Gaussian process to predict thermal sensor placement for controlling energy consumption on the educational building. *AIP Conference Proceedings* 2223, 050006. https://doi.org/10.1063/5.0000923

Yusoff, M.N., Osman, M.K.A., Rofie, M.K., Rahman, M.N.A. & Zain, A.M. (2004). *Pembudayaan nilai Islam dalam rekabentuk rumah tradisional masyarakat Melayu*. In: Seminar Antarabangsa Nilai dalam Komuniti Pasca Modenisme (SIVIC 2004). Langkawi. 4-6 September. http://repo.uum.edu.my/id/eprint/1878/

Zain, Z., Taib, M. & Baki, S. (2007). Hot and humid climate: Prospect for thermal comfort in residential building. *Desalination, 209*, 261-268.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).