

Sistem Penilaian Pengalihudaraan untuk Pembangunan Perumahan Lestari (*Ventilation Flow Evaluation System for Sustainable Housing Development*)

**Nur Azfahani Ahmad¹, Zuraihana Ahmad Zawawi¹, Nazhatulzalkis
Jamaludin¹, Khairulliza Ahmad Salleh²**

*¹Fakulti Senibina, Perancangan dan Ukur, Universiti Teknologi MARA,
Cawangan Perak, Kampus Seri Iskandar, 32610 Seri Iskandar, Perak*

*²Fakulti Sains Komputer dan Matematik, Universiti Teknologi MARA, Cawangan
Perak, Kampus Tapah, 35400 Tapah, Perak*

E-mel: nuraz020@perak.uitm.edu.my

Tarikh terima: 1 Oktober 2018

Tarikh diluluskan: 12 Julai 2019

ABSTRAK

Laporan Jawatankuasa Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) 1984 telah menyatakan bahawa sehingga 30 peratus bangunan di dunia mungkin menghadapi masalah yang berkaitan dengan Kualiti Udara Dalam (IAQ). Pengudaraan yang tidak mencukupi akan mengakibatkan udara tidak berkisar dan ini menyebabkan udara terperangkap di dalam bangunan. Ini akan membawa kepada masalah yang lebih besar, yang dikenali sebagai Sindrom Bangunan Sakit (SBS). SBS boleh menyebabkan pelbagai penyakit termasuk alahan, masalah pernafasan akut, rasa tidak selesa dan kesan psikologi lain. Sistem Penilaian Pengalihudaraan adalah sebuah inovasi yang berasaskan sistem aplikasi data di komputer yang dibangunkan untuk mengakses dan mengukur aliran pengudaraan di bangunan baru atau diubahsuai untuk mencegah atau mengurangkan masalah ini. Tujuan sistem ini dibuat adalah untuk menyediakan maklumat bagi pereka bangunan dalam menyelesaikan isu-isu Kualiti Udara Dalam (IAQ) terutamanya yang berkaitan dengan aliran pengudaraan berdasarkan peraturan-peraturan yang disediakan dalam Standard Malaysia (MS 1525). Sistem ini akan membolehkan pelan bangunan mudah diukur dan dianalisis berdasarkan data pengudaraan yang dikumpul di tapak, untuk membolehkan bangunan mendapatkan udara yang sihat dan mencukupi untuk tujuan pernafasan dan keselesaan pengguna bangunan. Sistem ini juga mampu

mencadangkan pelan susun atur yang sesuai di dalam bangunan untuk memenuhi keperluan pengudaraan yang terdiri daripada pengudaraan silang dan pengudaraan tersusun ("stack").

Kata kunci: *pengudaraan semulajadi, perumahan lestari, Sindrom Bangunan Sakit, sistem penilaian pengalihudaraan*

ABSTRACT

A 1984 World Health Organization (WHO) Committee report highlighted that up to 30 per cent of buildings may have to face problems related to Indoor Air Quality (IAQ). Insufficient ventilation will lead to stagnant air and can cause stuffiness in buildings. This will then leads to a bigger problem, known as the Sick Building Syndrome (SBS). It is important to note that sick building syndrome may cause various illnesses including allergies, acute respiration problem, feeling of discomfort and other psychological impacts. The "Ventilation Flow Evaluation System for Sustainable Housing Development" is a PC-based database tool developed to access and measure ventilation flow in a new or remodelled building in order to prevent or mitigate this problem. The purpose of the system is to provide resources for building designers in solving Indoor Air Quality (IAQ) issues especially related to ventilation flow based on regulations provided in Malaysian Standard (MS 1525). The system will allow readily building plan to be measured and analysed based on ventilation data collected at site, in order to allow buildings to obtain healthy and sufficient air for breathing and comfort purposes. The system will also recommend suitable layout plan in the building to meet the ventilation purposes, namely cross-ventilation and stack-effect ventilation.

Keywords: *natural ventilation, sustainable housing, Sick Building Syndrome, ventilation flow evaluation system*

PENGENALAN

Sektor perumahan di Malaysia meningkat sejak 10 tahun lalu, telah menunjukkan statistik yang tinggi bagi perumahan-perumahan baharu di seluruh negara dari 80,000 unit rumah kediaman pada tahun 2007 kepada 105,600 unit pada 2016 (Malaysia, 2016). Pembangunan yang semakin pesat ini telah mendorong kerajaan bagi menyediakan perumahan yang lestari kepada masyarakat Malaysia. Perumahan lestari dapat didefinisikan sebagai perumahan yang memberikan penekanan kepada keseimbangan alam sekitar dan mampu memenuhi keperluan manusia tanpa degradasi terhadap biosistem (Latiff, 2004). Oleh itu, adalah penting untuk memastikan setiap perumahan masa kini dapat mematuhi garis panduan perancangan yang telah disediakan oleh Indeks Bangunan Hijau (GBI) Malaysia (Azmi, 2016).

Ciri-ciri penting yang harus dipatuhi adalah mengekalkan Kualiti Udara Dalam (IAQ) di dalam ruang bangunan dengan meningkatkan ciri-ciri bangunan yang dapat menerima pengudaraan secara semula jadi (*Sustainable Development Initiative*, 2012). Kualiti Udara Dalam (IAQ) dapat didefinisikan sebagai keadaan udara dalam dan di sekitar bangunan di mana ia amat mempengaruhi aspek kesihatan dan keselesaan pengguna-pengguna yang berada di dalam bangunan (Mazlan *et al.*, 2015, Hamzah, & Mahmud, 2015). Namun begitu, kebanyakan isu perumahan masa kini berdepan dengan kesukaran memperoleh pengudaraan semula jadi akibat kelemahan reka bentuk yang tidak lestari dan akhirnya mendorong pemilik rumah menggunakan pengudaraan mekanikal seperti sistem penyaman udara (Shafii, 2012). Kelemahan ini boleh menjejaskan kesihatan manusia disebabkan faktor reka bentuk rumah yang kurang baik dari aspek pengudaraan; yang berpunca dari faktor-faktor orientasi bukaan, susun atur dalaman rumah dan saiz bukaan yang boleh membawa kepada masalah Sindrom Bangunan Sakit (SBS) (Stolwijk, 2011).

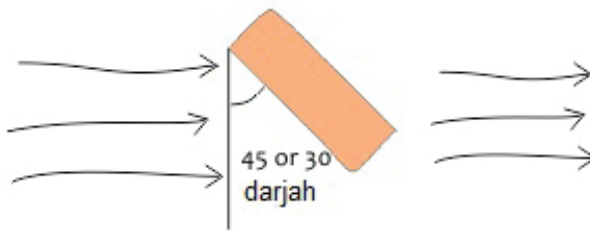
SBS pula dapat didefinisikan sebagai situasi wujudnya masalah-masalah kesihatan seperti sakit kepala, iritasi mata, hidung, lelah dan mual sebaik sahaja memasuki ruang dalaman bangunan, akibat kualiti udara dalaman yang terjejas (Sabah & Abdul Wahab, 2014). Didapati, majoriti pengguna bangunan memperuntukkan masa sekitar 80-90% di dalam bangunan, sama ada rumah kediaman atau pejabat dan sekolah (Stolwijk, 2011). Oleh itu, adalah amat penting untuk memastikan aspek

pengudaraan dalaman rumah berada di dalam tahap piawaian yang telah ditetapkan oleh Undang-Undang Kecil Bangunan Seragam (UBBL 1984) iaitu sekurang-kurangnya mempunyai bukaan seluas 10% hingga 20% daripada keluasan lantai (UBBL, 1984). Kebanyakan perumahan moden masa kini menghadapi kesukaran mencapai tahap maksima pengudaraan semula jadi disebabkan faktor-faktor *rigid* yang ditetapkan pemaju dalam mereka bentuk perumahan yang terlampau padat atas dasar ekonomik yang menjurus ke arah ketidaklestarian (Shafii, 2012). Pengudaraan didefinisikan sebagai proses pertukaran udara dalam bangunan dengan udara luar dan diagihkan ke dalam bangunan atau bilik. Pengudaraan dalam bangunan bertujuan menyediakan medium udara bersih dan sihat untuk proses pernafasan dengan mengeluarkan bahan tercemar dalam udara seperti habuk dan zarah terampai dari bangunan (Awbi, 2003). Faktor penting yang menggalakkan kemasukan udara semula jadi dari luar adalah (i) orientasi bukaan pada bangunan (ii) saiz bukaan dan (iii) kewujudan pengudaraan silang (Ahmad & Jamaludin, 2009). Berikut adalah penjelasan berkenaan tiga faktor penting yang dinyatakan:

Elemen Kemasukan Udara Semula Jadi dari Luar

(i) Orientasi Bukaan pada Bangunan

Kemasukan udara pada arah 30 atau 45 darjah akan masuk ke dalam ruang bangunan melalui bukaan-bukaan tingkap, pintu dan lubang angin yang lain, dan akan bertindak memenuhi seluruh bilik dengan peningkatan kelajuan melalui faktor pemantulan pergerakan udara pada permukaan dinding dan pada penjuru bilik (Ismail, 2010). Ini akan menjadikan orientasi untuk kemasukan angin sangat fleksibel dan dapat menyingkirkan haba yang terperangkap di dalam ruang lebih cepat kerana wujudnya pembiasan udara, dan seterusnya menghasilkan aliran pengudaraan yang lebih baik.



Rajah 1: Orientasi Bukaannya pada Bangunan
Sumber: Ismail (2010)

(ii) Saiz dan Ketinggian Bukaannya

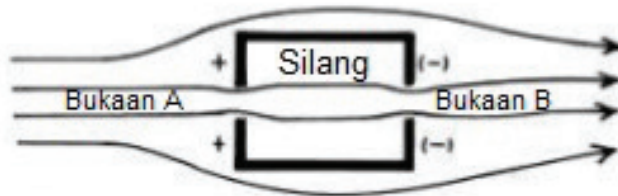
Melalui saiz bukaan yang lebih luas, ia akan menambahkan kemasukan udara yang lebih banyak (lihat Rajah 2). Begitu juga dengan faktor ketinggian bukaan pada bangunan. Semakin tinggi bukaan, semakin laju kadar kemasukan udara ke dalam bangunan yang akan menghasilkan tekanan perolakan yang laju (Shafii, 2012). Faktor ini boleh diaplikasikan terhadap fasad di dalam reka bentuk rumah.



Rajah 2: Saiz dan Ketinggian Bukaannya
Sumber: Ahmad & Jamaludin (2009)

(iii) Pengudaraan Silang

Pengudaraan silang berlaku pada bukaan yang bertentangan pada dua sisi dinding yang berhadapan (Ahmad & Jamaludin, 2009). Apabila wujudnya pengudaraan silang, udara dari luar bangunan dapat masuk dan menyingkirkan udara, haba panas, dan kekotoran di dalam ruang dalaman dan seterusnya menyingkirkan permasalahan Sindrom Bangunan Sakit (Mazlan *et.al*, 2015).



Rajah 3 : Pengudaraan Silang
Sumber: Ahmad & Jamaludin (2009)

Jika ketiga-tiga faktor ini dapat dicapai, maka ruang dalaman akan menjadi lebih sejuk dan penggunaan pengudaraan mekanikal (kipas dan penyaman udara) dapat dielakkan. Oleh itu, adalah penting untuk mengenal pasti ruang-ruang bukaan yang boleh dimaksimakan bagi memberi laluan kemasukan udara. Inovasi ini dicipta untuk mencapai objektif ini dan dalam masa yang sama mampu meningkatkan kadar kelestarian bangunan melalui peningkatan pengudaraan semula jadi.

METODOLOGI

Kajian bagi penghasilan produk inovasi ini telah menggunakan pendekatan kuantitatif dan pembangunan sistem untuk mencapai objektif ditetapkan. Sebelum pembangunan sistem bermula, kajian kes telah dijalankan bagi mengukur dan mengumpul data pengudaraan bangunan. Melalui kajian kes yang dipilih, tiga (3) langkah pengumpulan data telah dijalankan. Bagi langkah pertama, satu alat bacaan udara yang dikenali sebagai *Veloci-calc Meter* telah digunakan bagi mengumpul data udara yang masuk melalui bukaan yang terbuka (Ahmad & Jamaludin (2009)). Langkah seterusnya melibatkan kemasukan data pengudaraan di dalam jadual pengumpulan data oleh arkitek atau perunding bangunan. Untuk langkah terakhir, semua bacaan udara ini telah dianalisis menggunakan tiga (3) formula pengudaraan utama dari Standard ASHRAE (Jadual 62) (ASHRAE, 2016), CIBSE Jadual A (CIBSE, 2015), Standard Malaysia (MS 1525) dan Undang-Undang Kecil Bangunan Seragam (UBBL) 1984 (UBBL, 1994). Jadual 1, Jadual 2 dan Jadual 3 menunjukkan formula dan piawaian yang digunakan bagi langkah analisis di atas. Data-data yang telah dianalisis kemudiannya digunakan

untuk menghasilkan data asas bagi sistem penilaian pengalihan udara yang dibangunkan.

Jadual 1 : Formula Pengudaraan Yang Diguna Pakai Daripada Piawaian Dan Peraturan Yang Ditetapkan

Formula Pengudaraan	Sumber Undang-Undang
$\text{Kadar Pengudaraan (VR)} = 0.6 \text{ AV}$	
VR = Kadar Pengudaraan (m^3/saat)	
0.6 = Standard Ratio untuk udara memasuki bukaan (m/s)	Standard ASHRAE (Jadual 62)
A = Jumlah keluasan (m^2)	
V = Kelajuan Udara (m/s)	
Kadar Pertukaran Udara (N)	
$N = \text{VR} \times 3600 / \text{Isipadu}$	
N = Kadar Pertukaran Udara/Jam	CIBSE Jadual A
VR = Kadar Pengudaraan (m^3/saat)	

Jadual 2: Keperluan Suhu Dan Udara Untuk Keselesaan Terma Badan Manusia Bagi Persekitaran Dalam Bangunan (MS 1525)

Julat suhu selesa normal bilik	$24^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}$
Halaju udara yang disarankan	$0.15 \text{ m/s} - 0.5 \text{ m/s}$

Jadual 3: Reka Bentuk Tingkap Untuk Keperluan Pengudaraan Dalam Bangunan (MS 1525)

Tujuan	Saranan Reka bentuk
Pengudaraan semula jadi	Orientasi menghadap arah angin lazim
Pencahayaan dan pengudaraan semula jadi	Saiz dan lokasi memenuhi semua parameter dan berhubung antara luaran dan dalaman bangunan.

Setelah fasa kajian kes selesai, pembangunan sistem dimulakan dengan proses mengenal pasti keperluan data dan hasil akhir sistem (*input* dan *output* dari sistem). Sistem ini kemudiannya dibangunkan dengan menggunakan perisian *Microsoft Excel* dengan bahasa pengaturcaraan *Visual Basic Application (VBA)*. Sistem ini telah direka bagi mengautomasi proses analisis data pengudaraan dengan mengintegrasikan kesemua formula di Jadual 1 dan Jadual 3 ke dalam satu sistem.

KEBERHASILAN PRODUK

Pada kebiasaannya, jika pemilik kediaman ingin mengubah suai kediaman mereka, permasalahan utama yang dihadapi arkitek di tapak bina ialah kesukaran menentukan akses pengudaraan terbaik bagi bangunan tersebut. Mereka terpaksa membuat pengiraan secara manual yang kadang-kala tidak tepat dan kurang sistematik.

Melalui formula-formula pengudaraan yang digunakan dalam Jadual 1, satu himpunan data yang boleh membantu pereka bentuk bangunan untuk melihat potensi pengudaraan terhasil melalui sistem aplikasi mudah yang menggunakan kiraan secara automatik (digital) di paparan komputer. Sistem Penilaian Pengalihudaraan ini akan mencadangkan pelan susun atur yang sesuai di dalam bangunan untuk memenuhi keperluan pengudaraan, dengan memaksimumkan penggunaan bukaan melalui pengiraan formula yang telah direkodkan di dalam sistem inovasi ini (lihat Rajah 4).

Pada dasarnya, arkitek dan perunding bangunan memerlukan pelan pembinaan di tapak bina ketika lawatan tapak dijalankan. Sistem Penilaian Pengalihudaraan ini akan membolehkan pelan bangunan mudah diukur dan dianalisis berdasarkan data pengudaraan yang dikumpulkan di tapak. Sistem ini boleh mengenal pasti reka bentuk penting tingkap, pintu dan sebarang bukaan di rumah-rumah yang terpilih dan faktor-faktor impak yang membawa kepada keberkesanan pengudaraan di rumah. Ini bertujuan untuk membolehkan bangunan mendapatkan udara yang maksima dan mencukupi bagi tujuan pernafasan dan keselesaan pengguna bangunan. Secara tidak langsung, ia membantu arkitek dan perunding bangunan untuk mengenal pasti pengaliran udara yang baik di dalam bangunan sebelum memulakan projek atau semasa peringkat mereka bentuk.

(i) Novelti/Keaslian

Pada kebiasaannya, arkitek dan perunding bangunan hanya membuat kajian tapak dan pengumpulan maklumat melalui observasi di tapak bina. Semua data hanya dikumpul secara manual. Kewujudan sistem pangkalan data ini dapat membantu arkitek dan perunding bangunan untuk menunjukkan aliran pengudaraan yang efektif di rumah kediaman melalui paparan digital. Jadi, data dapat disimpan lebih sistematik dan maklumat tidak mudah hilang serta lebih cepat untuk melihat semula apabila data diperlukan.

(ii) Impak dan Kegunaan

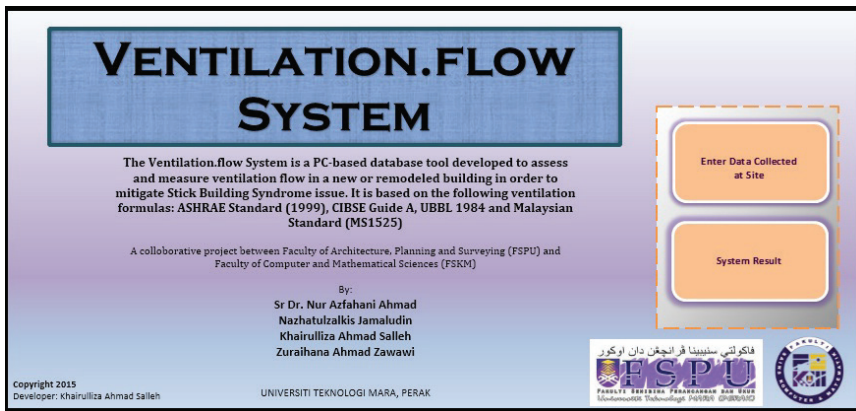
Sistem pangkalan data ini mempunyai formula pengudaraan yang telah disediakan dalam jadual yang membolehkan individu di tapak bina menggunakannya secara mudah. Sistem inovasi ini juga praktikal kerana ia mudah dipasang di mana-mana komputer atau komputer riba, dengan saiz fail yang kecil dan boleh dicetak. Sistem ini juga amat berguna untuk pemilik bangunan dan pereka bangunan semasa peringkat reka bentuk dan ketika di dalam tempoh liabiliti kecacatan (DLP) bangunan. Data akan dimasukkan ke dalam sistem ini dan pengiraan akan berdasarkan formula pengudaraan yang telah ditetapkan secara automatik. Seterusnya, sistem akan memaparkan hasil keputusan. Reka bentuk yang lestari dapat diterapkan berdasarkan saranan sistem ini. Secara tidak langsung, membantu penghuni kediaman merasa selesa dan penggunaan sistem penyaman udara dapat diminimalkan. Ini akan memberikan manfaat jangka panjang dengan mengurangkan pemanasan global akibat pengurangan penggunaan sistem penyaman udara.

(iii) Potensi Komersial

Produk atau pengaturcaraan versi digital ini berpotensi digunakan oleh semua perunding bangunan di Malaysia bagi manfaat seni bina hijau untuk bangunan baru dan bangunan yang dinaik taraf atau diubah suai.

APLIKASI PRODUK

Aplikasi produk ini adalah dalam bentuk paparan digital menggunakan komputer untuk menjalankan program ini (lihat Rajah 4).



Rajah 4: Muka Depan Sistem

Setiap langkah penggunaan sistem ini telah diterangkan di dalam Rajah 5 hingga Rajah 9. Arkitek atau perunding bangunan hanya perlu memasukkan ukuran-ukuran bukaan tingkap, pintu dan bukaan-bukaan kecil yang diperoleh di tapak bina dalam jadual yang disediakan (lihat Rajah 5).

DATA COLLECTED AT SITE																												
NO	SPACE ELEMENT	DATA COLLECTED AT SITE																										
		Air Reading, v (m/s)		Opening Measurement (Window)			Window Opening Area (m ²)		Opening Measurement (Door)				Door Opening Area (m ²)			Small Openings Measurement			Small Opening Area (m ²)		Total Area of Openings		Space Measurement, (m)				Floor Area (L*W)	Space Volume (m ³)
		v, m/s	L	W	Number	aL	L	W	Number	aP	L	W	Number	aB	A	L	W	H	L	W	H							
1	Bilik Tidur 1	0.1	1.7	0.9	3	4.59	2.1	1	1	2.1	3.5	1	1	3.5	10.19	15	18	3	270	810								
2		0.1		1.7	0.6	2	2.04			0	0.25	0.25	8	0.5	2.54	15	18	3	270	810								
3		0.1								0	0.7	0.25	3	0.515	0.525	15	18	3	270	810								
4		0.1								0	0.5	0.1	4	0.2	0.2	15	18	3	270	810								
5	Bilik Tidur 2	0.1	1.7	0.9	3	4.59	1	0.9	1	0.9	0.25	0.25	10	0.625	6.115	10	10	3	300	300								
6		0.1								0	0.7	0.5	4	1.4	1.4	10	10	3	300	300								
7		0.1								0	0.5	0.1	2	0.1	0.1	10	10	3	300	300								
8	Ruang Bacaan	0.1	1.7	0.9	2	3.06				0	0.25	0.25	15	0.9375	3.9975	7	8	3	56	168								
9		0.1								0	3.5	1	1	3.5	3.5	7	8	3	56	168								
10																												

Rajah 5: Data Ukuran di Tapak Dimasukkan ke Dalam Jadual Sistem

Sistem ini akan menjana maklumat yang diperlukan berdasarkan tiga (3) formula pengudaraan yang digunakan dalam Jadual 1 serta faktor-faktor impak berkaitan (lihat Rajah 6 dan 7). Faktor-faktor impak yang terbabit ialah (i) keadaan cuaca, (ii) jenis bahan bangunan, (iii) faktor hadangan dan (iv) kedudukan topografi bangunan (lihat Rajah 8).

VENTILATION.FLOW SYSTEM													
NO	SPACE ELEMENT	SYSTEM RESULT: RANKING OF VENTILATION EFFECTIVENESS										OVERALL MARKS	VENTILATION EFFECTIVENESS INDICATOR REFER TABLE C (RANKING SYSTEM)
		VENTILATION FORMULAS REFER TO TABLE A					IMPACT FACTORS RANKING ON 5 REFER TO TABLE B						
		W	Mark Scale	N	Mark Scale	LL	Mark Scale	a	b	c	d		
1	Bilik Tidur 1	6.114	1	27.11	2	27	1	1	2	3	2	10	2-MEDIUM AVERAGE
2		1.924	1	6.77	2	27	1	1	2	3	2	10	2-MEDIUM AVERAGE
3		0.935	1	1.40	1	27	1	1	2	3	2	10	2-MEDIUM AVERAGE
4		4.92	1	0.59	1	27	1	1	2	3	2	10	2-MEDIUM AVERAGE
5	Bilik Tidur 2	3.669	1	44.03	2	30	1	2	2	1	1	10	2-MEDIUM AVERAGE
6		0.84	1	10.08	2	30	1	2	2	1	1	10	2-MEDIUM AVERAGE
7		0.06	1	0.12	1	30	1	2	2	1	1	8	2-MEDIUM AVERAGE
8	Ruang Bacaan	2.385	1	53.40	2	5.6	1	1	1	1	1	8	2-MEDIUM AVERAGE
9		2.1	1	45.00	2	5.6	1	1	1	1	1	8	2-MEDIUM AVERAGE
10													

Ref:
 a = Climate Factor
 b = Building Material Factor
 c = External Barrier
 d = Topography

1 1:POOR
 8 2:MEDIUM AVERAGE
 15 3:EXCELLENT

Rajah 6: Janaan Data Berdasarkan Formula Pengudaraan dan Faktor Impak

TABLE A: VENTILATION FORMULAS						
NO	CODE	FORMULA NAME	FORMULA	REFERENCE	STANDARD LIMIT	RANKING SCALE
1	VR	VENTILATION RATE	$VR = 0.6A$	ASHRAE Standard 62 (TABLE 2)	25 m3/hour	Below Standard (1 mark)
2	N	AIR EXCHANGE RATE	$N = \frac{VR \times 3600}{Volume}$	CIBSE	1.5 N/hour	
3	LL	CUMULATIVE FLOOR AREA	$LL = (AT + AP + AB) \geq 10\% \times \text{FLOOR AREA}$	UBBL 1984 & MS 1525	$\geq 10\%$ cumulative floor area	Exceed Limit (2 marks)

Back to Menu Display Result

Rajah 7: Tiga (3) Formula Pengudaraan dan Panduan Kedudukan Markah



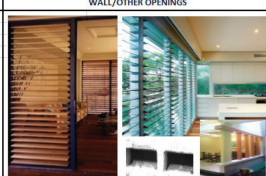
JADUAL B: REFERENCES					
NO.	CODE	IMPACT FACTOR	MARK SCALE	RANKING/ STATUS	EXPLANATION
1	a	Climate Factor	1	Uncomfortable	Too hot/ Too cold
			2	Satisfactory	Climate factor accepted moderately
			3	Comfortable	Climate element is well-accepted
2	b	Material Factor	1	No effect	Use of high heat material (concrete, bricks)
			2	Moderate effect	Mixed construction material
			3	Significant effect	Use of less heat-emitting construction material
3	c	External Barrier	1	Bad effect	External barrier (trees, wall, fences) blocking wind path
			2	Moderate effect	Small scale/Temporary external barrier
			3	No effect	No Barrier
4	d	Topography	1	Bad effect	Not facing wind path
			2	Moderate effect	Less facing wind path
			3	Significant effect	Directly facing wind path

Back to Menu

Display Result

Rajah 8: Faktor Impak Dan Panduan Kedudukan Markah

Arkitek hanya perlu memberikan kedudukan markah di setiap lajur dalam jadual sistem (1: Lemah, 2: Sederhana, 3: Terbaik) berdasarkan keadaan sebenar di tapak. Memandangkan sistem ini mudah diaplikasi di mana-mana pihak arkitek boleh memuat turun sistem di telefon bimbit dan boleh digunakan di tapak bina. Keputusan dari sistem akan menunjukkan sama ada ruang kediaman tersebut mempunyai masalah pengudaraan atau sebaliknya melalui petunjuk pengudaraan dan akan memberikan cadangan reka bentuk yang sesuai bagi memaksimumkan kemasukan udara (Rajah 9).

TABLE C: RANKING AND RECOMMENDATION					
RESULT RANKING	CONDITION	Recommendation 1	Recommendation 2	Recommendation 3	REMARKS
1	POOR CROSS VENTILATION	WINDOW	DOOR	WALL/OTHER OPENINGS	SIGNIFICANT SYSTEM APPLICATION
					
		Recommendation: Window with various size of louvres element	Door with various size of louvres element and lattice on the top	Recommendation: Partition wall in the middle area. Ventilation block for wall, wall with high louvres opening	

Rajah 9: Cadangan Penambahbaikan Bukaan Bangunan Berdasarkan Jumlah Keseluruhan Panduan Kedudukan Markah

Skala penilaian kedudukan markah dikelaskan sebagaimana diberikan di dalam Jadual 4 di bawah:

Jadual 4: Skala Penilaian Kedudukan Markah

Skala Markah	Penilaian
1	Pengudaraan lemah
2	Pengudaraan sederhana
3	Pengudaraan Terbaik

Setelah selesai kerja-kerja di tapak bina, dan maklumat telah dimuat turun menerusi sistem aplikasi ini oleh arkitek dan perunding bangunan, barulah kerja-kerja naik taraf akan diusulkan kepada pemilik kediaman. Kerja-kerja naik taraf kediaman berdasarkan cadangan sistem boleh diusulkan kepada pemilik kediaman melalui jadual naik taraf (lihat Jadual 5).

Jadual 5 : Contoh Jadual Naik Taraf Ruang Selepas Menggunakan Sistem Penilaian

Spesifikasi/Kerja-kerja Binaan	Elemen	Jenis Ruang			
		Ruang Menonton	Bilik Tidur 1	Bilik Tidur 2	Ruang Bacaan
Jenis-Jenis Kemasan (Lantai/Dinding)	Lantai	Jubin Seramik	Jubin Seramik	Marmar	Jubin Seramik
Penukaran/ Penambahan Pintu/Tingkap/Bukaan (Jika Ada)	Pintu	Penambahan 1 Pintu Kayu Ram	Penambahan 1 Panel Kayu	Penambahan 1 Tingkap Ram Boleh Laras	Penambahan 1 Pintu Panel
Ukuran Asal Ruang Sebelum Proses Penarafan Mengikut Cadangan Sistem	Keluasan lantai asal	2.75 m x 3.50 m	2.75 m x 3.50 m	2.75 m x 3.50 m	2.75 m x 3.50 m
Ukuran Baru Ruang Selepas Proses Penarafan Mengikut Cadangan Sistem	Keluasan lantai baru	3.00 m x 3.50 m	3.75 m x 3.50 m	3.75 m x 3.50 m	3.00 m x 3.50 m

RUMUSAN

Sistem penilaian pengalihudaraan ini sangat penting dalam memastikan sebarang pembangunan kediaman dapat diselia ke arah mengekalkan pembangunan yang lebih lestari dan mesra alam. Garis panduan pengudaraan

di dalam UBBL 1984 dan Piawai Malaysia (MS 1525) merupakan panduan utama oleh kerajaan Malaysia untuk memastikan reka bentuk pembangunan berada dalam piawai yang selesa untuk penghuni kediaman. Ini bagi memenuhi keperluan rakyat untuk mewujudkan persekitaran kehidupan yang selesa dan mapan dalam jangka masa yang lama. Walau bagaimanapun, garis panduan pengudaraan tersebut sukar diadaptasi secara fizikal di tapak bina akibat kekangan persekitaran dan tempoh masa pembinaan. Justeru, produk yang dihasilkan ini dapat membantu arkitek serta perunding bangunan di tapak bina untuk mengatasi masalah tersebut yang secara asasnya sangat mudah digunakan. Dengan bantuan sistem ini juga, ia dapat menggalakkan usaha-usaha ke arah membina kediaman yang lestari dengan meningkatkan aspek pengudaraan semula jadi dan bangunan-bangunan kediaman akan dibina lebih mesra alam dan hijau.

PENGHARGAAN

Jutaan terima kasih kepada Yang Berbahagia Rektor dan Timbalan Rektor Hal Ehwal Akademik, UiTM Cawangan Perak atas sokongan yang berterusan dalam penghasilan reka cipta produk inovasi. Penghargaan juga untuk Program Ukur Bangunan (AP119/AP229) UiTM Cawangan Perak serta Royal Institution of Surveyors Malaysia (RISM) yang sentiasa menggalakkan penyelidikan ke arah pembangunan perumahan lestari.

PRA-SYARAT

1. Pingat Emas, *The 4th International Innovation, Invention and Design Competition (INDES)* 2015, UiTM Perak, June 2015
2. Pingat Emas, *Invention, Innovation and Design Exhibition 2010 (IID 7th)*, UiTM Shah Alam, 14th January 2010
3. Pingat Perak, *The 3rd International Innovation Design & Articulation (i-IDEA)* 2016, UiTM Perlis, 27-29 April 2016
4. Pingat Perak, *Malaysia Technology Exhibition 2010 (MTE 2010)*, PWTC Kuala Lumpur, 25th - 27th February 2010

RUJUKAN

- Ahmad, N. A., & Jamaludin, N. (2009). *Keberkesanan pengudaraan silang bagi rumah kediaman: Melalui pengaplikasian peralatan 'Velocicalc Plus Meter' dan formula pengudaraan*. Paper presented at the Conference Of Science & Social Research (CSSR) 2009, Ayer Keroh, Melaka.
- ASHRAE. (2016). *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016 : Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ASHRAE.
- Awbi HB. (2003). *Ventilation of Buildings*, 2nd ed. New York, Taylor & Francis.
- Azmi, M. A. A., Yusoff, Mohd Nazaruddin, & Md Hanafiah, Faizal. . (2016). The explanatory of the green building index (GBI) rating system: An overview, from <http://repo.uum.edu.my/20366/1/ICOGPA%202016%201%206.pdf>
- CIBSE. (2015). *Guide A: Environmental Design*. UK: CIBSE.
- Department of Standards Malaysia. (2014). *MS 1525: Code of Practice on Energy Efficiency and Use of Renewable Energy for Non Residential Building*. Selangor Malaysia.
- Economic Plan Unit. (2016). *Eleven Malaysia Plan 2016-2020*. Kuala Lumpur.
- Ismail, A. M. (2010). *Factors affecting Design Guidance in Hot-Humid Tropical Countries*. Penang: Universiti Sains Malaysia.
- Latiff, A. (2004). *Indicators of sustainable development : assessing changes in environmental conditions*. Bangi, Selangor: Institute for Environment and Development (Lestari), Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mazlan, S. M., Hamzah, A., & Mahmud, M. (2015). Kualiti udara dalam bangunan di bangunan Sains Biologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia. *GEOGRAFIA OnlineTM Malaysian*

Journal of Society and Space 11(1), 87-96.

Sabah A, & Abdul Wahab. (2014). *Sick building syndrome : in public buildings and workplaces*: Springer.

Shafii, H. (2012). Keselesaan terma rumah kediaman dan pengaruhnya terhadap kualiti hidup penduduk *Geografia : Malaysian Journal of Society and Space*, 8 (4), 28-43.

Stolwijk, J. A. (2011). Sick-building syndrome. *Environmental Health Perspectives*, 95, 99-100.

Sustainable Development Initiative. (2012). *Lowering the heat : low carbon sustainable development options for Malaysia : a SUDI report*.

UBBL. (1994). *Uniform Building By-laws, 1984 [G.N. 5178/85] (as at 10th November 1994)*. Kuala Lumpur: International Law Book Services, Legal Research Board of Malaysia.

WHO (World Health Organisation). 1993. “*Sick Building Syndrome Symptoms*.” WHO Regional Office for Europe.