

Pengaruh Reka Bentuk Bangunan terhadap Sistem Pengudaraan Pusat Membeli Belah di Malaysia

(The Influence of Building Design on the Ventilation System of Shopping Malls in Malaysia)

Nur'Aina Farhana Norzelan^{*a}, Wardah Fatimah Mohammad Yusoff ^{*a,b} & Muhammad Ihsan Shaharil^a

^a Jabatan Seni Bina dan Alam Bina, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia

^b Pusat Penyelidikan Pendidikan Kejuruteraan, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia

*Corresponding authors: p114148@siswa.ukm.edu.my; wardahyusoff@ukm.edu.my

Received 13 January 2023, Received in revised form 3 May 2023
 Accepted 6 July 2023, Available online 31 October 2023

ABSTRAK

Pandemik COVID-19 yang telah melanda satu dunia sejak tahun 2019, telah membuka mata dunia tentang kepentingan pengudaraan yang baik dalam bangunan. Ini kerana ruang yang tertutup, serta sistem pengudaraan yang kurang baik menyebabkan penyebaran virus COVID-19 yang lebih meluas. Pusat membeli-belah merupakan antara bangunan yang sering dijunjungi oleh orang ramai. Oleh itu, kajian ini telah dilakukan atas kesedaran kepada keperluan penggunaan sistem pengudaraan yang efektif di pusat membeli-belah, terutamanya sejak pandemik COVID-19 melanda dunia baru-baru ini. Kajian ini merupakan kajian awalan. Objektif bagi kajian ini adalah untuk mengenalpasti pengaruh reka bentuk bangunan terhadap sistem pengudaraan yang digunakan pada bangunan pusat membeli-belah di Malaysia dari dahulu hingga sekarang. Kaedah kajian yang digunakan adalah penilaian deskriptif kualitatif melalui pemerhatian dan kajian kes. Sebanyak empat bangunan pusat membeli-belah di sekitar Lembah Klang, Malaysia, yang telah dibina dalam empat fasa berbeza, telah dipilih bagi kajian awalan ini. Hasil kajian mendapati pusat membeli-belah yang dibina sebelum tahun 2000 mempunyai reka bentuk jenis tertutup dan sistem pengudaraan yang digunakan bergantung kepada sistem mekanikal iaitu pendingin hawa sepenuhnya. Manakala selepas tahun 2000, reka bentuk pusat membeli-belah telah berevolusi kepada gabungan reka bentuk tertutup dan terbuka. Ini mempengaruhi sistem pengudaraan yang digunakan iaitu sistem hibrid yang menggabungkan pengudaraan mekanikal dan semulajadi. Hasil kajian ini penting bagi memberi maklumat awal tentang pendekatan sistem pengudaraan bangunan pusat membeli-belah di Malaysia dari dahulu hingga sekarang. Hasil kajian ini dilihat dapat menggalakkan pelbagai kajian lanjutan berkenaan sistem pengudaraan di pusat membeli-belah.

Kata kunci: COVID-19; sistem pengudaraan; pusat membeli-belah

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic that hits the world since 2019, has become an eye-opener regarding the importance of having good ventilation system in buildings. An enclosed space which has a poor ventilation system causes the spread of COVID-19 virus more widely. Shopping malls are among the buildings that are often visited by the public. Therefore, this study is conducted out of awareness of the need to use an effective ventilation system in shopping mall, especially since the COVID-19 pandemic occurs. This study is a preliminary study. The objective of this study is to identify the influence of building design on the ventilation system used in shopping malls in Malaysia, from the past to the present. The research method used is qualitative descriptive evaluation through the observation and case studies. A total of four shopping malls around the Klang Valley, Malaysia, which are built in four different phases, have been selected for this preliminary study. The results show that shopping malls built before the year 2000, have enclosed type design, and the ventilation system used depends merely on a mechanical system which is air-conditioning system. Meanwhile, after the year 2000, the design of shopping mall has evolved to a combination of enclosed and open design. This design has

affected the ventilation system used, which is a hybrid system that combines the mechanical and natural ventilation. The results of this study are important in providing information about the approach to the ventilation system of shopping malls in Malaysia, from the past to the present. The results of this study are able to encourage various further studies regarding the ventilation systems in shopping malls.

Keywords: COVID-19; ventilation system; shopping malls

PENGENALAN

Pandemik SARS-CoV-2 atau lebih dikenali sebagai COVID-19 telah melanda satu dunia sejak tahun 2019. Ia mula dikesan di Wuhan, China, dan telah merebak ke seluruh dunia. Kini, seluruh dunia telah perlahan-lahan beralih ke fasa endemik, di mana virus tersebut akan sentiasa berada dalam komuniti (Lavine et al. 2021). Menurut Pusat Kawalan dan Pencegahan Penyakit (*Centres for Disease Control and Prevention, CDC*), novel koronavirus SARS-CoV-2 ini berjangkit melalui penyebaran udara dan titisan cecair yang disebarkan melalui mulut dan hidung ke dalam ruang udara. CDC juga telah mengesyorkan beberapa langkah seperti penjarakan fizikal, memakai pelitup muka, vaksinasi dan termasuklah membuat penambahbaikan pengudaraan dalam bangunan untuk mengekang risiko penyebaran wabak virus ini. Partikel virus ini merebak dengan lebih cepat dalam ruang tertutup berbanding ruang terbuka di mana faktor pengudaraan semulajadi di ruang terbuka membantu mengurangkan kepekatan partikel virus dalam udara dan seterusnya, mengurangkan kadar penularan wabak. (Kumar & Morawska 2019).

Kajian daripada CDC ini turut disokong oleh Pertubuhan Kesihatan Sedunia (*World Health Organization, WHO*) yang mana menyatakan antara langkah untuk mengekang penyebaran virus ini adalah dengan memastikan persekitaran dalaman mempunyai pengudaraan yang baik terutamanya di ruang awam, fasiliti kesihatan dan kawasan perumahan. WHO juga menyokong kenyataan bahawa sistem yang direkabentuk dengan baik dapat mengurangkan risiko jangkitan COVID-19. Pengaplikasian pengudaraan semulajadi merupakan langkah yang efektif dan ekonomi yang boleh digunakan untuk membantu mengekang penyebaran jangkitan dalam udara dan mempunyai prestasi yang sama baik dengan sistem pengudaraan mekanikal untuk mengekalkan persekitaran dalaman yang berkualiti. Selain itu, statistik daripada WHO juga melaporkan bahawa lebih kurang 4.6 juta kematian berlaku setiap tahun disebabkan oleh penyakit yang berpunca daripada kualiti udara yang tidak baik (Cohen et al. 2017).

Pengudaraan ditakrifkan sebagai sistem yang membawa udara dari luar ke dalam bangunan ataupun ruang dan mengagihkan udara ke dalam dan menggantikan udara yang sedia ada di bangunan atau ruangan tersebut

(Etheridge 2015). Tujuan pengudaraan yang baik adalah untuk membantu mengurangkan risiko penyakit berjangkit yang disebarkan melalui udara dengan mengurangkan kepekatan partikel patogen dalam udara. Sistem pengudaraan terbahagi kepada tiga iaitu pengudaraan semulajadi, pengudaraan mekanikal dan pengudaraan hibrid yang menggabungkan pengudaraan semulajadi dengan mekanikal (Awbi, 2003).

Pengudaraan semulajadi terhasil melalui dua cara iaitu melibatkan perbezaan ketumpatan udara luar dan dalam bangunan (*thermal bouyancy force*), serta perbezaan tekanan udara (*pressure difference*) antara udara luar dan dalam bangunan. Pengudaraan mekanikal pula mengitar udara dengan menggunakan saluran (*ducts*) dan kipas termasuk sistem pendingin hawa dan kipas mekanikal yang boleh dipasang secara terus di tingkap atau dinding bangunan. Selain itu, pengudaraan mekanikal juga menggunakan saluran udara untuk membawa masuk atau mengeluarkan udara dari dalam bangunan. Sistem hibrid bergantung kepada pengudaraan semulajadi untuk membekalkan kadar aliran udara yang diperlukan tetapi menggunakan sistem mekanikal apabila pengudaraan semulajadi tidak dapat membekalkan kadar aliran udara yang mencukupi (Heiselberg et al. 2002).

KAJIAN PUSTAKA

Risiko penularan wabak virus SARS-CoV-2 melalui sistem pengudaraan masih belum dapat dipastikan dengan jelas buat masa kini. Biarpun masih belum banyak bukti kukuh yang menunjukkan pengudaraan dapat mengurangkan penyebaran penyakit secara langsung, namun, banyak kajian yang telah dilakukan mencadangkan dan berpendapat bahawa kekurangan ataupun ketidakcekapan pengudaraan boleh meningkatkan penyebaran penyakit. Konsep penyebaran penyakit melalui udara telah pertama kali diperkenalkan oleh Wells (1955) dan kemudiannya oleh Riley (1961). Persamaan Wells-Riley (Riley et al. 1978) kemudiannya telah digunakan untuk menilai kesan pengudaraan, penapisan dan lain-lain proses fizikal terhadap penyebaran penyakit melalui titisan nukleus (Nardell et al. 1991). Kajian-kajian lampau telah dilakukan untuk mengkaji perkaitan antara pengudaraan dalam bangunan dan penyebaran penyakit seperti cacar ayam (Gustafson et al. 1982), demam campak (Bloch et al. 1985) dan *tuberculosis* (Menzies et al. 2000).

Pusat membeli-belah merupakan antara tempat yang sentiasa menerima kunjungan orang ramai dalam kapasiti yang besar. Idea asal pusat membeli-belah adalah ia merupakan tempat orang ramai berkumpul untuk menjalankan pelbagai jenis aktiviti termasuk aktiviti kebudayaan dan aktiviti berjual beli dan juga sebagai ruang sosial untuk komuniti. Kebanyakan pusat membeli-belah yang terdapat pada hari ini dibina dan direkabentuk berdasarkan model bangunan kompleks membeli-belah di Amerika Syarikat (Ibiyeye et al. 2015; Albuquerque et al. 2016; Akadiri et al. 2012). Oleh yang demikian, rata-rata pusat membeli-belah ini mempunyai ciri-ciri reka bentuk seni bina dan nilai estetika yang hampir serupa (Salcedo, 2003). “Model Amerika” ini menurut Federico (2008), merupakan sebuah kotak yang dinyalakan dengan cahaya buatan, dengan persekitaran terma yang sama sepanjang tahun tanpa mengambil kira faktor iklim persekitaran yang semasa.

Pusat membeli-belah di Malaysia boleh dibahagikan kepada tiga fasa yang bermula dari awal penubuhannya sekitar kawasan Jalan Sultan, Jalan Tunku Abdul Rahman, Jalan Petaling dan Jalan Bukit Bintang pada tahun 1960 sehingga tahun 1970-an. Kompleks membeli-belah Ampang Park merupakan kompleks membeli-belah yang pertama dibina di Malaysia pada tahun 1970-an yang dilengkapi dengan kemudahan tempat meletak kenderaan, kemudahan awam, restoran dan lain-lain. Fasa kedua pusat membeli-belah dibangunkan di kawasan *Golden Triangle* sekitar tahun 1980-1990, dan terus berkembang menjadi pusat membeli-belah mega pada penghujung tahun 1990-an dan ke hadapan. Fasa yang ketiga pula merangkumi projek-projek pusat membeli-belah berskala mega seperti Sunway Pyramid, Mid Valley Megamall, Suria KLCC dan Berjaya Times Square yang dibina selepas tahun 1990-an sehingga sekarang (Zaki et al. 2012).

Perkembangan ini berlaku dengan sangat pesat dalam tempoh sejak pertama kali penubuhan pusat membeli-belah di Malaysia, yang mana sebanyak lebih 320 buah pusat membeli-belah yang beroperasi di seluruh negara pada masa kini (Zaki et al. 2012). Perkembangan ini bukan hanya dari segi jumlah pusat membeli-belah yang dibina saban tahun tetapi juga dari segi ciri dan bentuk seni binanya. Pusat membeli-belah masa kini dilengkapi dengan pelbagai jenis pusat hiburan dan kini turut dibina sebagai pembangunan bercampur yang melibatkan dan menggabungkan hotel, kediaman dan pejabat dengan pusat membeli-belah (Widya et al. 2019).

Banyak kajian yang telah dijalankan menunjukkan tahap kualiti udara dalam pusat membeli-belah adalah amat merunsingkan. Salah satu kajian terlibat telah mengukur tahap pencemaran udara di sembilan buah pusat membeli-belah di Hong Kong dan hasil kajian tersebut menunjukkan lebih daripada 40% pusat membeli-belah mempunyai kadar

gas karbon dioksida (CO₂) dalam masa sejam yang melebihi 1000 ppm seperti yang telah ditetapkan oleh piawaian ASHRAE (Li et al. 2001). Kajian lain pula mengukur tahap pencemaran udara di tujuh buah pusat membeli-belah terbesar di China mendapati konsentrasi CO₂ dalam bangunan-bangunan tersebut melebihi 18% daripada yang ditetapkan piawaian. Tambahan lagi, kajian yang berkaitan menunjukkan bahan cemar dalam bangunan pada pusat membeli-belah bukan hanya tertumpu pada faktor seperti aras bangunan, kategori barangan yang dijual dan aliran pengunjung, (Chang et al. 2019) tetapi turut dipengaruhi oleh faktor persekitaran dalaman fizikal seperti kualiti udara dalaman dan terma persekitaran kerana kedua-dua faktor ini berkongsi parameter yang sama (Al horr et al. 2016).

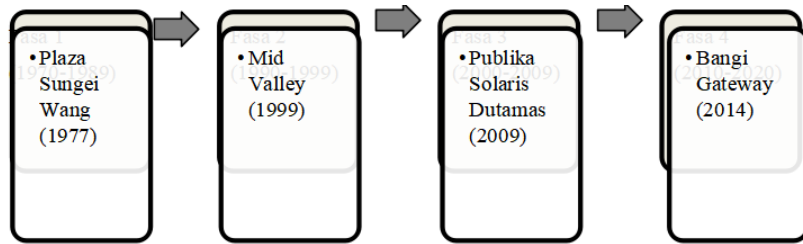
Oleh itu, objektif utama kajian ini dilakukan adalah untuk mengenalpasti jenis pengudaraan yang dilaksanakan pada bangunan kompleks membeli-belah di Malaysia. Kajian ini adalah kajian awal, dan penting untuk menggalakkan kajian-kajian seterusnya yang menjurus kepada pendekatan baru bagi sistem pengudaraan di pusat membeli-belah di Malaysia. Untuk kajian awal ini, bangunan bagi kajian kes telah dihadkan kepada beberapa buah sahaja dan tumpuan diberikan kepada kawasan Lembah Klang. Ini kerana kawasan Lembah Klang di Malaysia merupakan pusat pertumbuhan pelbagai bangunan membeli-belah dari dahulu hingga kini. Pendekatan baru bagi sistem pengudaraan di pusat membeli-belah adalah perlu seiring dengan keperluan semasa yang mementingkan kelestarian, penjimatan tenaga serta kesihatan pengguna. Isu pandemik COVID-19 yang melibatkan kesihatan global juga telah dilihat membuka mata pelbagai pihak tentang kepentingan pengudaraan yang baik dalam bangunan.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam kajian ini adalah melalui kaedah penilaian deskriptif kualitatif. Ia dilakukan dengan menjalani pemerhatian pada bangunan pusat membeli-belah yang dipilih. Pemerhatian dilakukan ke atas reka bentuk bangunan serta jenis sistem pengudaraan yang digunakan. Penilaian dilakukan dengan melihat bagaimana reka bentuk ini mempengaruhi sistem pengudaraan yang dipilih. Penilaian deskriptif kualitatif ini juga dipandu oleh kajian literatur yang telah dilakukan, terutamanya terhadap jenis sistem pengudaraan pada bangunan. Melalui kajian literatur, terdapat tiga jenis pengudaraan yang sering digunakan iaitu pengudaraan semulajadi, pengudaraan mekanikal dan pengudaraan hibrid atau bercampur, yang menggunakan kedua-dua pendekatan semulajadi dan mekanikal.

Kajian ini dilakukan bagi mengkaji jenis pengudaraan yang digunakan pada bangunan kompleks membeli-belah di Lembah Klang dari tahun 1970-an sehingga tahun 2020. Kawasan Lembah Klang yang meliputi Kuala Lumpur dan pinggirnya serta beberapa bandar di Selangor, dipilih kerana ia merupakan kawasan tumpuan di Malaysia bagi aktiviti komersial. Oleh itu, dari dulu hingga sekarang, terdapat banyak pusat membeli-belah telah dibina di Lembah

Klang. Oleh kerana ini adalah kajian awalan dan dijalankan dalam tempoh yang singkat, hanya beberapa pusat membeli-belah dipilih sebagai kajian kes. Pusat membeli-belah yang dipilih ini mewakili setiap fasa yang telah dinyatakan. Sebanyak empat buah pusat membeli-belah di sekitar Lembah Klang telah dipilih dan dikelaskan mengikut fasa tahun pembukaannya seperti di Rajah 1.



RAJAH 1. menunjukkan bangunan pusat membeli-belah yang telah dikelaskan mengikut fasa tahun perkembangan.
Sumber: Ibrahim et al. 2019.

DESKRIPSI BANGUNAN KAJIAN

Data daripada analisis pemerhatian secara deskriptif kualitatif dibahagikan kepada empat bahagian mengikut fasa perkembangan pusat membeli-belah di Malaysia iaitu Fasa 1, Fasa 2, Fasa 3 dan Fasa 4. Kesemua dapatan kajian diperolehi melalui kaedah lawatan tapak dan pemerhatian yang telah dijalankan antara bulan Mei 2022 sehingga Julai 2022. Tujuan tinjauan tapak ini dilakukan adalah untuk mengenalpasti jenis pengudaraan yang digunakan pada bangunan kompleks membeli-belah yang telah dipilih iaitu Plaza Sungei Wang (Fasa 1), Mid Valley (Fasa 2), Publika Solaris Dutamas (Fasa 3) dan Bangi Gateway (Fasa 4). Rajah 2 hingga 5 menunjukkan pandangan dalam bagi bangunan pusat membeli-belah yang telah dipilih dalam kajian ini.

BANGUNAN KAJIAN FASA 1: PLAZA SUNGEEI WANG

Kompleks membeli-belah ini telah dibina pada 16 Mei 1972 dan mula beroperasi pada tahun 1977. Plaza Sungei Wang berkeluasan 1.2 juta kaki persegi dan mempunyai tujuh tingkat ruang membeli-belah dan tiga tingkat ruang meletak kenderaan bawah tanah. Pada tahun 1992, kompleks membeli-belah ini melalui proses pengubahsuaian terbesar yang pertama yang telah menelan belanja sebanyak 10 juta USD. Ia melalui proses pengubahsuaian besar-besaran yang kedua pada tahun 2012 dan telah menelan belanja sebanyak RM 30 juta yang merangkumi proses pengecatan semula fasad, dinding, lantai dan siling, membaiki dan menaiktaraf ruang lif, penukaran dan penggantian papan tanda lama kepada yang baharu serta ruang legar tengah kompleks membeli-belah ini (Saat et al. 2018).



RAJAH 2. Ruang atrium di pusat membeli-belah Plaza Sungei Wang

BANGUNAN KAJIAN FASA 2: MID VALLEY MEGAMALL

Mid Valley Megamall merupakan antara pusat membeli-belah yang terkemuka di Malaysia. Kompleks membeli-belah ini merupakan sebahagian daripada pembangunan bercampur yang berskala besar di Lembah Pantai yang turut melibatkan pembangunan-pembangunan lain seperti The Gardens, Cititel Mid Valley, The Boulevard Hotel

Kuala Lumpur, Gardens Hotels and Residences. Mid Valley Megamall mula beroperasi pada tahun 1999 yang mempunyai keluasan kasar lantai 4.5 juta kaki per segi dan keluasan lantai bersih untuk disewakan sebanyak 1.8 juta kaki per segi. Pusat membeli-belah ini mempunyai enam tingkat untuk tujuan komersial dan lebih daripada 11000 petak parkir disediakan (IGB Real Estate Investment Trust 2022).



RAJAH 3. Ruang atrium di pusat membeli-belah Mid Valley Megamall

BANGUNAN KAJIAN FASA 3: PUBLIKA SOLARIS DUTAMAS

Publika Solaris Dutamas merupakan sebuah pusat membeli-belah yang terletak di Sri Hartamas. Kompleks membeli-belah ini menawarkan kepelbagaian aneka hiburan di mana kebudayaan dan seni kreatif bertemu dengan aktiviti komersial dan ruang kerja. Hal ini menjadikan pusat membeli-belah ini sebagai sebuah kompleks komersial yang unik dengan konsepnya yang

dikenali sebagai MAP (*Making Art Public*) yang bermaksud “menjadikan kesenian sebagai hak milik awam” (William H.W & Asc. 2010). Publika dipelopori oleh Sunrise Company mula dibina sejak April 2005 dan pembangunan ini disiapkan pada hujung tahun 2009 sebelum dibuka pada tahun berikutnya. Pusat membeli-belah ini terletak di sebuah kawasan yang berkeluasan 17 ekar tanah yang terdiri daripada 2.14 juta kaki per segi keluasan terbina (*built-up area*) yang mempunyai lebih 400 buah kedai, 1000 lot pejabat dan 800 lot *designer suite* (Anon, 2013).



RAJAH 4. Ruang atrium di pusat membeli-belah Publika

BANGUNAN KAJIAN FASA 4: BANGI GATEWAY

Bangi Gateway merupakan antara sebuah pusat membeli-belah yang terkenal di Bangi. Kompleks komersial ini terletak di Seksyen 15, Bandar Baru Bangi. Kompleks ini mempunyai keluasan tanah sebanyak enam ekar dengan

keluasan bangunan sebanyak 675 000 kaki persegi dan mempunyai ketinggian lima tingkat lot komersial dan pejabat. Bangi Gateway telah siap dibina dan mula beroperasi sejak tahun 2013 (Vincent, 2014; LandPlus, 2022).



RAJAH 5. Ruang atrium di pusat membeli-belah Bangi Gateway.

DAPATAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Berdasarkan pemerhatian, reka bentuk pusat membeli-belah yang terlibat terbahagi kepada jenis tertutup (ditutupi dinding dan tiada dinding luar yang dibuka secara terus ke ruang luar atau ruang bumbung yang terbuka), reka bentuk ruang terbuka (*open spaces*) dan kombinasi kedua-duanya (Ibiyeye et al. 2015). Dua bangunan kajian kes mempunyai ciri-ciri reka bentuk yang bersifat kombinasi iaitu Bangi Gateway dan Publika Solaris Dutamas. Manakala lagi dua kajian kes, iaitu Plaza Sungei Wang dan Mid Valley Megamall, reka bentuknya adalah bersifat tertutup sepenuhnya.

Berdasarkan pemerhatian, didapati bahawa setiap bangunan kajian mempunyai bukaan pada dinding untuk membenarkan pengudaraan semulajadi berlaku dalam ruang bangunan. Namun begitu, hanya dua daripada empat bangunan kajian iaitu Publika Solaris Dutamas dan Bangi Gateway yang mempunyai ruang bukaan pada bumbung sama ada dalam bentuk *roof vent*, *louvres*, *clerestory* dan lain-lain untuk pengudaraan semulajadi. Biarpun pusat membeli-belah seperti Plaza Sungei Wang dan Mid Valley Megamall mempunyai ruang atrium di dalam bangunan, tetapi tiada ruang bukaan yang bertujuan untuk membenarkan aliran udara semulajadi ke dalam bangunan telah dikenalpasti. Dari segi pengudaraan secara induktif pula, setiap bangunan yang dikenalpasti mempunyai ruang atrium ataupun telaga udara. Dari segi kualiti udara

dalamnya pula, setiap bangunan didapati telah dilengkapi dengan sistem dan peranti yang berfungsi untuk mengawal paras karbon dioksida dalam bangunan, mengesan dan mengawal asap sekiranya berlaku kebakaran. Pembahagian zon untuk kawalan jenis pengudaraan yang digunakan juga penting selain menerapkan polisi kawasan larangan merokok untuk memastikan kualiti udara dalam bangunan sentiasa terkawal. Dari segi keadaan tapak dan iklim mikro pula, orientasi setiap bangunan tidak menghadap matahari secara terus terutamanya fasad yang terbesar tidak menghadap arah matahari naik dan tenggelam di arah timur-barat.

Jadual 1 menunjukkan jenis pengudaraan yang digunakan pada bangunan kajian kes. Perincian jenis pengudaraan bagi setiap pengudaraan iaitu mekanikal, semulajadi dan bercampur, dirujuk kepada kajian oleh Brager & Borgeson (2007). Menurut kajian tersebut, pengudaraan mekanikal boleh dibahagikan kepada dua iaitu jenis pendingin hawa berpusat, dan ruang pendingin hawa persendirian. Manakala bagi pengudaraan semulajadi pula, ia boleh dibahagikan kepada dua kategori mengikut ruang iaitu ruang umum dan ruang persendirian. Hasil pemerhatian menunjukkan pengudaraan bagi bangunan yang mempunyai reka bentuk bersifat kombinasi iaitu Publika Solaris Dutamas dan Bangi Gateway, ialah sistem pengudaraan mod bercampur. Manakala bagi bangunan yang reka bentuk bersifat tertutup iaitu Plaza Sungei Wang dan Mid Valley Megamall, sistem pengudaraan bangunan tersebut bergantung kepada sistem mekanikal sepenuhnya.

JADUAL 1. Jenis pengudaraan yang digunakan pada setiap bangunan kajian kes.

Pusat Membeli-belah	Pengudaraan Mekanikal		Pengudaraan Semulajadi		Kategori Mod Bercampur
	Pendingin Hawa Berpusat (<i>Central AC</i>)	Ruang AC Persendirian (<i>Individually separated AC spaces</i>)	Ruang Pengudaraan Semulajadi (koridor, <i>courtyard</i> , tempat meletak kereta)	Ruang Pengudaraan Semulajadi Persendirian (<i>Individually separated NV spaces</i>)	
Plaza Sg.Wang	√	√			NA
Mid Valley Megamall	√	√			NA
Publika Solaris Dutamas	√	√	√		Serentak (<i>Concurrent</i>)
Bangi Gateway	√	√	√		Dizonkan

*NOTA: Senarai ini adalah berdasarkan klasifikasi jenis pengudaraan daripada kajian Brager & Borgeson (2007).

Jadual 2 pula menunjukkan jenis sistem pengudaraan mekanikal yang digunakan pada bangunan kajian kes. Perincian jenis pengudaraan mekanikal bagi setiap sistem dirujuk kepada laman sesawang oleh *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* (CCOHS). Menurut

CCOHS, jenis pengudaraan mekanikal boleh dibahagikan kepada empat iaitu sistem pemanasan, pengudaraan dan penyaman udara (HVAC), sistem sirkulasi, sistem tekanan dan sistem kipas ruang bawah tanah (CCOHS, 2022).

JADUAL 2. Jenis sistem pengudaraan mekanikal yang digunakan pada setiap bangunan kajian kes

Pusat Membeli-belah	Sistem pemanasan, pengudaraan dan penyaman udara (HVAC)				Sistem sirkulasi			Sistem tekanan		Sistem kipas ruang bawah tanah	
	Berpusat (<i>centralized</i>)	Unit persendirian (<i>split unit – ductless, window, portable, floor/wall mounted</i>)	VAV/ VRF	Panel (<i>Panel based radiant cooling</i>)	Sistem bawah lantai (<i>Under floor air distribution, UFAD</i>)	Kipas industri (kipas besar)	Kipas siling/ dinding	Kipas axial	Sistem Tekanan Seimbang	Sistem <i>Under Pressure/ Negative pressure</i>	Jet fan/ Extraction fan
Plaza Sg. Wang	√	√	√				√	√	√	√	√
Mid Valley Megamall	√	√	√					√	√	√	√
Publika Solaris Dutamas	√	√	√					√	√	√	√
Bangi Gateway	√	√	√			√	√	√		√	√

*NOTA: Segala maklumat yang diperolehi dalam jadual ini adalah berpandukan maklumat daripada laman sesawang *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* (CCOHS 2022).

Bangunan pertama dalam kategori Fasa 1 iaitu Plaza Sungei Wang bergantung kepada pengudaraan mekanikal secara keseluruhan terutamanya sistem pendingin hawa secara berpusat untuk menyejukkan keseluruhan ruangan dalam bangunan. Beberapa kawasan telah dikenalpasti menggunakan sistem pendingin hawa persendirian. Namun, tiada kawasan dilihat menggunakan sistem pengudaraan secara semulajadi tambahan pula, jumlah bukaan terutamanya pada tingkat-tingkat atas bangunan adalah pada tahap minima dan hanya bergantung kepada ruang atrium pada pertengahan bangunan untuk pencahayaan semulajadi pada waktu siang. Mid Valley Megamall yang merupakan bangunan pusat membeli-belah pada fasa kedua juga mempunyai pendekatan pengudaraan yang sama seperti Plaza Sungei Wang iaitu menggunakan pendingin hawa secara berpusat dan beberapa ruang menggunakan sistem pendingin hawa persendirian.

Berbeza dengan pusat membeli-belah Publika, biarpun pusat membeli-belah ini secara keseluruhannya menggunakan sistem pengudaraan mekanikal yang sama seperti Plaza Sungei Wang dan Mid Valley Megamall, namun, ia juga menggunakan kaedah pengudaraan secara semulajadi. Hal ini dapat dilihat dari segi susun atur dan reka bentuk bangunannya sendiri yang disusun mengikut blok-blok secara linear dan setiap kedai yang menghadap ke arah jalan mempunyai bahagian koridor yang terbuka kepada pengudaraan secara semulajadi. Jenis pengudaraan bercampur yang digunakan dalam bangunan ini adalah pengudaraan secara serentak (*concurrent*).

Bangi Gateway juga menggunakan jenis pengudaraan bercampur secara dizonkan di mana jenis pengudaraan yang digunakan adalah bergantung kepada zon dan jenis kegunaan ruang. Seperti contoh ruang niaga di tengah-tengah blok bangunan menggunakan pengudaraan semulajadi dan dibantu dengan pengudaraan mekanikal iaitu kipas besar pada siling atrium. Manakala bagi blok-blok bangunan pejabat kedai pula, sistem pengudaraan pendingin hawa berpusat digunakan dan disalurkan melalui *ceiling mounted cassette fan coil unit* dan sebahagiannya menggunakan sistem pengudaraan persendirian terutamanya bagi lot kedai di tingkat atas. Bagi kedai *big anchor* pula iaitu Jaya Grocer, sistem pengudaraan pendingin hawa berpusat digunakan untuk menyejukkan ruang perniagaan dan membekalkan pengudaraan yang cukup ke dalam ruang.

KESIMPULAN

Kajian ini telah mengenalpasti jenis pengudaraan yang digunakan pada empat bangunan kompleks membeli-belah di Lembah Klang, Malaysia. Kesimpulan dapatan hasil

pemerhatian kajian kes mendapati pusat membeli-belah pada fasa awal di Malaysia iaitu sebelum tahun 2000 menggunakan sistem pengudaraan mekanikal HVAC jenis berpusat. Manakala selepas tahun 2000, bangunan-bangunan pusat membeli-belah di Malaysia telah mula menerapkan sistem pengudaraan secara hibrid iaitu percampuran antara sistem pengudaraan mekanikal dan pengudaraan semulajadi. Hal ini kebarangkalian berkaitan dengan Gerakan Hijau yang telah rancak dilakukan di Malaysia, serta pengenalan Indeks Bangunan Hijau (GBI) pada tahun 2009. Secara tidak langsung, semakin ramai pihak mula berlumba untuk mendapatkan pengiktirafan GBI. Hal ini dilihat sebagai satu usaha yang baik kerana semakin banyak penambahbaikan dapat dilihat pada reka bentuk bangunan-bangunan masa kini yang lebih mesra pengguna dan bertindak balas kepada keadaan iklim dan konteks semasa, selain memberikan kesan yang positif kepada kesihatan penghuni bangunan secara langsung dan tidak langsung. Kajian ini adalah penting kerana ia membawa kepada kajian-kajian lanjutan berkaitan pengudaraan di pusat membeli-belah. Antara kajian-kajian lanjutan yang berpotensi dilakukan adalah kaedah terbaik pengubahsuaian reka bentuk pusat membeli-belah sedia ada bagi penambahbaikan sistem pengudaraan, potensi dan kekangan kepada aplikasi sistem pengudaraan hibrid di pusat membeli-belah serta penjimatan tenaga elektrik dengan aplikasi pengudaraan hibrid.

PENGHARGAAN

Penulis ingin menyampaikan setinggi penghargaan kepada Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia di atas geran FRGS/1/2019/TK10/UKM/02/4 - *Airflow characteristics and behaviour around openings with various types of shading elements*, yang telah membantu membiayai kajian ini.

RUJUKAN

- Anon. 2013. Tamarind Square to bring people together in Cyberjaya. <https://www.theedgemarkets.com/article/tamarind-square-bring-people-together-cyberjaya> [10 Julai 2022].
- Brager, G. & Borgeson, S. 2007. Summary report: control strategies for mixed-mode buildings. Retrieved from www.cbe.berkeley.edu
- Albuquerque, D. & Carrilho da Graça, G. C. 2015. Use of building thermal And CFD simulation in the design of a large office building in Lisbon. *Proceedings of BS2015:14th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Hyderabad, India.

- Al Horr, Y., Arif, M., Katafygiotou, M., Mazroei, A., Kaushik, A., & Elsarrag, E. 2016. Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *International Journal of Sustainable Built Environment* 5(1):1-11.
- Akadiri, P. O., Chinyio, E. A. & Olomolaiye, P. O. 2012. Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. *Buildings* 2(2): 126–152. doi:10.3390/buildings2020126
- Awbi, H. B. 2003. *Ventilation of Buildings*. Taylor & Francis.
- Bloch, A. B., Orenstein, W. A., Ewing, W. M., Spain, W. H., Mallison, G. F., Herrmann, K. L. & Hinman, A. R. 1985. Measles outbreak in a pediatric practice: airborne transmission in an office setting. *Pediatrics* 75(4): 676–683.
- Brager, G. & Borgeson, S. 2007. Summary report: control strategies for mixed-mode buildings. Retrieved from www.cbe.berkeley.edu
- CCOHS. 2022. Indoor Ventilation: Guidance During the COVID-19 Pandemic. Canada: Canadian Centre for Occupational Health and Safety.
- Chang, T., Wang, J., Lu, J., Shen, Z., Huang, Y., Sun, J., Xu, H., et al. 2019. Evaluation of indoor air pollution during the decorating process and inhalation health risks in Xi'an, China: A case study. *Aerosol and Air Quality Research* 19(4): 854–864. doi:10.4209/aaqr.2018.07.0261
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., et al. 2017. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 389(10082): 1907–1918. doi:10.1016/S0140-6736(17)30505-6
- Etheridge, D. 2015. A perspective on fifty years of natural ventilation research. *Building and Environment* 91: 51–60.
- Federico, M. 2008. Sustainable Design For Retail Buildings. *The 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture* 22–24.
- Gustafson, T., Lavelly, G., Brawner, E. R., Hutcheson, R. H., Wright, P. & Schaffner, W. 1982. An outbreak of airborne nosocomial varicella. *Pediatrics* 70(4):550-6.
- Heiselberg, P., Bjørn, E. & Nielsen, P. V. 2002. Impact of open windows on room air flow and thermal comfort. *International Journal of Ventilation* 1(2): 91–100. doi:10.1080/14733315.2002.11683625
- Ibiyeye, A. I., Jaafar, Mohd. F. Z., Shari, Z. & N.Dalilah, D. 2015. Mixed-mode ventilation in Malaysia's shopping malls: A taxonomy study. *International Journal of Sustainable Tropical Design Research and Practice* 8(Special Issue 2): 72-82.
- Ibrahim, I., Bon, A. T., Nawawi, A. H., Ezwan, E. & Safian, M. 2019. Categorization of shopping centres in Malaysia: A criteria-based Delphi Study. Bangkok. <http://ieomsociety.org/ieom2019/papers/791.pdf>
- IGB Real Estate Investment Trust. 2022. Mid Valley Megamall. <http://www.igbreit.com/mvm> [4 Julai 2022].
- Kumar, P. & Morawska, L. 2019. Could fighting airborne transmission be the next line of defence against COVID-19 spread? *City and Environment Interactions* 4: 100033. doi:10.1016/j.cacint.2020.100033
- LandPlus. 2022. Bangi Gateway. <https://www.land.plus/section-15/bangi-gateway> [10 Julai 2022].
- Lavine, J. S., Bjornstad, O. N. & Antia, R. 2021. Immunological characteristics govern the transition of COVID-19 to endemicity. *Science* 371:6530. doi:10.1126/science.abe6522
- Li, W. M., Lee, S. C. & Chan, L. Y. 2001. Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong. *Science of The Total Environment* 273(1–3): 27–40. doi:10.1016/S0048-9697(00)00833-0
- Menzies, D., Fanning, A., Yuan, L. & FitzGerald, J. M. 2000. Hospital Ventilation and Risk for Tuberculous Infection in Canadian Health Care Workers. *Annals of Internal Medicine* 133(10):779
- Nardell, E. A., Keegan, J., Cheney, S. A. & Etkind, S. C. 1991. Airborne infection. Theoretical limits of protection achievable by building ventilation. *American review of respiratory disease* 144:302-306.
- Riley, E. C., Murphy, G. & Riley, R. L. 1978. Airborne spread of measles in a suburban elementary school. *American journal of epidemiology* 107(5): 421–432.
- Riley, R. L. 1961. *Airborne Infection Transmission and Control*. (F. O'Grady, Ed.). the University of California: Macmillan.
- Saat, M. K., Shaari, S. & Fauzi, T. 2018. Materialism and Consumerism Through Urban Social Lifestyle In The Context of Shopping Malls: Malaysian Perspective. *Conference: 4th Bandung Creative Movement International Conference on Creative Industries 2017*. doi:10.2991/bcm-17.2018.59
- Salcedo, R. 2003. When the global meets the local at the mall. *American Behavioral Scientist* 46(8):1084–1103. doi:10.1177/0002764202250500
- Vincent, T. 2014. *A Gateway for Bangi*. The Star, 10 Januari.
- Wells, W. F. 1955. *Airborne Contagion and Air Hygiene: An Ecological Study of Droplet Infections*. The University of Michigan: Commonwealth Fund.
- Widya, E., Iqbal, N. & Halim, R. E. 2019. Effect Of Shopping Motives And Store Attributes On Shopping Enjoyment. *International Journal of Business and Society* 20: 57-72.
- Zaki, A., Nor'Aini, Y., & Shardy, A. 2012. Exploring Malaysian mall manager's KSAOs. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 62:144-158. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.024>