

Jurnal Kejuruteraan 38(6) 2026: 3023-3034
[https://doi.org/10.17576/jkukm-2026-38\(6\)-29](https://doi.org/10.17576/jkukm-2026-38(6)-29)

Kajian Perbandingan Antara Fakad Tunggal dan Fakad Dua Lapis (FDL) Untuk Pencahayaannya Siang di Bangunan Tinggi Pejabat (Comparison Study Between Single Facade and Double Skin Facade (DSF) for Daylighting in High Rise Office Building)

Mohd Hafiz Mohammad Zin^{a*}, Maslina Jamil^b & Nik Lukman Nik Ibrahim^b

^a*School of Architecture (SOA), College of Built Environment (CBE)), Universiti Teknologi MARA (UiTM),
Puncak Alam, Selangor, Malaysia*

^b*Architecture Department, Faculty of Engineering and Built Environment, National University of Malaysia (UKM),
Bangi, Selangor, Malaysia*

*Corresponding author: hafizzin@uitm.edu.my

Received 28 December 2025, Received in revised form 7 May 2026
 Accepted 7 June 2026, Available online 30 September 2026

ABSTRAK

Penggunaan tenaga yang efisien dapat diperolehi melalui strategi pencahayaan siang yang berkualiti dalam sesebuah reka bentuk bangunan. Ini dapat ditingkatkan lagi melalui reka bentuk fakad bangunan yang efektif terutamanya Fakad Dua Lapis (FDL) yang berpotensi dalam menyediakan pencahayaan siang yang berkualiti bagi reka bentuk bangunan tinggi pejabat di Malaysia. Walau bagaimanapun, terdapat kekurangan maklumat untuk mengetahui keberkesanan orientasi bangunan, waktu dan keadaan langit yang dihasilkan melalui FDL dengan jarak kaviti 100mm berbanding dengan fakad tunggal. Tujuan utama kajian ini dilakukan adalah untuk mengetahui keberkesanan orientasi bangunan, waktu dan keadaan langit yang dihasilkan melalui FDL dengan jarak kaviti 100mm berbanding dengan fakad tunggal. Metodologi yang diaplikasikan dalam kajian ini adalah dengan kajian perpustakaan dan simulasi komputer yang menggunakan perisian Integrated Environmental Solution (IES). Aplikasi FDL memberi impak positif dan negatif terhadap kawasan ruang pejabat yang menerima pencahayaan siang. Bagi keadaan langit pula, overcast sky menyediakan prestasi pencahayaan siang yang lebih baik daripada intermediate sky. FDL berjaya menyediakan pencahayaan siang yang berkualiti untuk orientasi barat bangunan dan berfungsi untuk mengurangkan juga kesan silau. Secara keseluruhan, FDL membantu dalam meningkatkan prestasi pencahayaan siang disamping mengurangkan prestasi pencahayaan siang di beberapa ruang pejabat yang bergantung kepada orientasi, waktu dan keadaan langit dalam konteks di Malaysia.

Kata kunci: Keberkesanan; Fakad Dua Lapis (FDL); cahaya siang berkualiti; bangunan tinggi; pejabat

ABSTRACT

The effectiveness of energy consumption is produced through the quality of daylighting strategy in a building design. It can be enhanced through the effective building facade design especially on the Double Skin Facade (DSF) that potentially provides the quality daylight for high rise office buildings in Malaysia. However, there is insufficient information to know the effectiveness of the building orientation, time and sky conditions that produced by DSF with 100mm cavity depth compared to the single facade. The main objective for this research is to know the effectiveness of the building orientation, time and sky conditions that produced by DSF with 100mm cavity depth compared to the single facade. The methodology that has been applied for this research are literature study and computer simulation software through Integrated Environmental Solution (IES). The application of DSF provides positive and negative impact to the office space area that received daylighting. Overcast sky provides a better daylighting performance compared to the

intermediate sky. DSF successfully provide a quality of daylighting performance at the west building orientation and function to reduce the glare effect. Overall, DSF improve the daylighting performance as well as reducing the daylighting performance at the certain office building area which depend on the orientation, time and sky conditions within the Malaysian context.

Keywords: *Effectiveness; Double Skin Facade (DSF); quality of daylighting; high rise; office building*

PENGENALAN

Pencahayaan siang merupakan satu strategi yang lestari dalam menyediakan tahap prestasi pencahayaan dalam bangunan yang optimum. Pencahayaan siang bukan sahaja mampu dimaksimumkan bahkan memberi impak positif kepada suhu dalaman dan mengurangkan masalah silau apabila reka bentuk bangunan dilakukan dengan baik (Wan Abdullah et al. 2022). Pencahayaan siang juga merupakan satu strategi yang efektif untuk persekitaran dalaman bangunan dengan aplikasi penggunaan tenaga yang minimum (Hanim et al., 2023). Selain itu, pencahayaan siang merupakan satu elemen terpenting dalam elemen pasif lestari yang amat diperlukan oleh manusia (Tregenza & Mardaljevic, 2018). Cahaya siang yang kurang dan terlalu berlebihan akan mengganggu keselesaan visual penghuni dalam bangunan (Archdaily, 2021). Pencahayaan siang adalah penting dalam membantu pekerja bekerja dalam keadaan yang sehat, gembira dan prestasi yang baik (NBS, 2021). Pencahayaan siang turut berpotensi untuk menghasilkan kualiti persekitaran bangunan yang baik apabila mengambil kira keberkesanan rekabentuk sesebuah bangunan bagi mengurangkan penggunaan tenaga (Kousalyadevi & Lavanya, 2019). Adalah penting untuk mengaplikasikan pencahayaan siang yang baik kerana ia turut mampu membantu dari segi kesihatan penghuni bangunan (Roenneberg et al. 2019) disamping meningkatkan kualiti persekitaran dan kualiti sesuatu pekerjaan (Heng et al. 2020).

Kebergantungan kepada pencahayaan elektrik yang maksimum akan meningkatkan penggunaan tenaga dan bil elektrik (Othman et al. 2023). Pengurangan penerapan cahaya matahari ke dalam bangunan akan mengurangkan keperluan penggunaan sistem penghawa dingin jika pencahayaan dapat dikawal pada permukaan tingkap bangunan. Ini bermaksud bahawa pencahayaan siang yang baik dalam sesebuah reka bentuk bangunan mampu mengurangkan haba lantaran mengurangkan penggunaan tenaga terutamanya sistem penghawa dingin. Keadaan ini menjadikan sesebuah bangunan pejabat lestari memerlukan penerapan cahaya siang yang berkualiti disamping mampu menjamin kualiti persekitaran dalaman pejabat yang baik. Melalui perancangan dan strategi yang sistematik, pencahayaan siang yang berkualiti mampu untuk mengurangkan peratusan penggunaan tenaga elektrik (Kudela et al. 2019).

Majoriti rekabentuk bangunan tinggi adalah berfungsi sebagai bangunan pejabat di kawasan bandar (Ezeh et al. 2022). Pencahayaan siang untuk bangunan tinggi adalah penting dalam menangani cabaran pengurangan tenaga di masa kini (Kadaei, 2023). Kajian Ezema & Maha (2022) juga membuktikan bahawa pencahayaan siang amat penting selain daripada sistem penghawa dingin dalam mewujudkan penggunaan tenaga yang efisien bagi sesebuah bangunan. Akibat daripada ketinggian dan kedalaman sesuatu reka bentuk pelan bangunan pejabat yang tidak efektif menggalakkan terjadinya pencahayaan siang yang tidak berkualiti. Saiz bangunan, lokasi, orientasi dan orientasi tingkap harus diambil kira dalam mewujudkan pencahayaan siang yang berkualiti (Mohapatra et al. 2018). Kajian yang dilakukan oleh Sern et al. (2022) menyatakan bahawa pencahayaan siang yang berkualiti sukar untuk diperolehi hasil daripada kedalaman pelan lantai bangunan yang tidak efektif. Tambahan pula, reka bentuk bangunan tinggi sukar untuk mengeksploitasi penerimaan cahaya siang daripada bahagian bumbung bangunan bagi setiap tingkat (Phuong et al. 2023). Bagi reka bentuk bangunan tinggi, kebanyakan bangunan menerapkan keluasan tingkap yang besar dan memerlukan strategi yang baik memandangkan ia memberi kesan kepada penggunaan tenaga bangunan (Chaloeytoy et al. 2020). Reka bentuk tingkap yang baik berpotensi untuk mewujudkan kualiti pencahayaan siang malahan mengurangkan suhu dan penggunaan tenaga elektrik (Shamri et al. 2022). Terdapat dua kaedah utama untuk pencahayaan siang dalam reka bentuk sesebuah bangunan iaitu pencahayaan atas dan pencahayaan sisi. Pencahayaan sisi memainkan peranan yang lebih besar dan efektif berbanding dengan pencahayaan atas dalam bangunan tinggi. Adalah agak sukar untuk menerapkan pencahayaan atas bagi reka bentuk bangunan pejabat tinggi memandangkan pelbagai faktor yang harus diambil kira.

Bagi menggalakkan berlakunya pencahayaan siang yang berkualiti dalam reka bentuk bangunan pejabat tinggi, fakad bangunan merupakan elemen terpenting (Nejadriahi 2017). Fakad merupakan penghadang antara ruang dalam dan luar bangunan (Khairdzir & Taib 2020) malahan merupakan elemen yang membezakan rekabentuk di kalangan bangunan tinggi (Vitkala 2017). Reka bentuk fakad yang optimum berpotensi untuk meningkatkan prestasi penggunaan tenaga bangunan (Mohammad et al. 2023). Fakad juga menentukan prestasi tenaga bagi sesebuah rekabentuk bangunan tinggi (Wang et al. 2020).

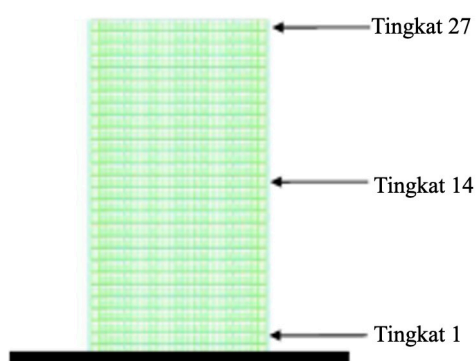
tinggi pejabat ini adalah setingkat 27 tingkat yang terletak di Putrajaya, Malaysia.

IES VE dipilih sebagai perisian komputer yang berfungsi untuk menjalankan kajian simulasi komputer dengan menggunakan *RadianceIES*. Ia merupakan salah satu elemen untuk aplikasi *Lighting* yang fokus untuk mengkaji pencahayaan dalam sesebuah bangunan sama ada pencahayaan semulajadi atau pencahayaan mekanikal. Kaedah simulasi komputer merupakan satu analisa yang efektif dan memberi banyak impak positif kepada arkitek dalam mengetahui prestasi pencahayaan siang bagi

sesebuah bangunan (Nazri & Matusiak, 2024). Elemen *RadianceIES* adalah penting sebagai pemilihan keadaan langit akan digunakan pada elemen ini. Pemilihan keadaan langit adalah *standard Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) overcast sky* dan *intermediate sky with sun*. Selain itu, elemen ini juga menentukan pemilihan bahan yang akan dipilih untuk reka bentuk bangunan seperti dinding luar bangunan, dinding dalam bangunan, cermin tingkap dan lantai bangunan. Kajian simulasi turut dilengkapi dengan beberapa parameter yang ditetapkan seperti di Jadual 1.

JADUAL 1. Parameter untuk simulasi komputer

Perkara	Huraian
Ketinggian bangunan	122 meter
Ketinggian setiap tingkat	4.5 meter
Ketinggian siling setiap tingkat	2.4 meter
Jenis fakad bangunan	Fakad tunggal dan Fakad Dua Lapis (FDL) dengan jarak 100 mm
Kaedah pengudaraan ruang kaviti FDL	Pengudaraan secara semulajadi.
Waktu	1 tengah hari untuk Bulan Jun, Disember dan Mac
Tingkat bangunan	Tingkat 1, 14 dan 27
Waktu	1 tengah hari untuk Bulan Jun, Disember dan Mac
Orientasi	Utara, Selatan, Timur dan Barat
Keadaan langit	<i>Intermediate</i> dan <i>Overcast sky</i>
Nisbah keluasan tingkap kepada dinding	1 : 2.3
Jenis tingkap	<i>Fixed windows</i>
Jenis kaca tingkap	Kaca jernih
Dimensi tingkap	8.3 meter (lebar) X 2.1 meter (tinggi)
Dimensi ruang (Orientasi utara dan selatan)	11.12 meter (panjang) X 39.4 meter (lebar)
Dimensi ruang (Orientasi timur dan barat)	11.12 meter (panjang) X 11.97 meter (lebar)



RAJAH 2. Tingkat 1,14 dan 27 untuk kajian simulasi IES VE

Pemilihan keadaan langit adalah berdasarkan kepada keadaan langit yang sering terjadi di Malaysia iaitu *Intermediate* dan *Overcast sky*. Kedua-dua keadaan langit

ini merupakan keadaan langit yang majoritinya berlaku di Malaysia yang memberi impak kepada prestasi pencahayaan siang bagi sesebuah reka bentuk bangunan.

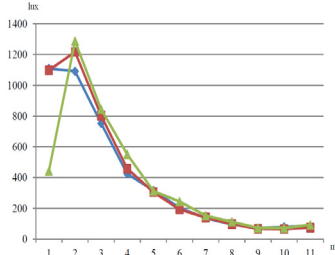
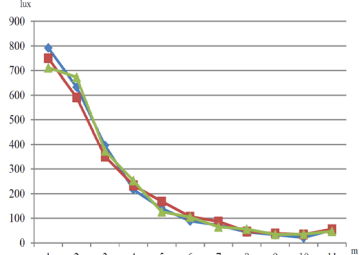
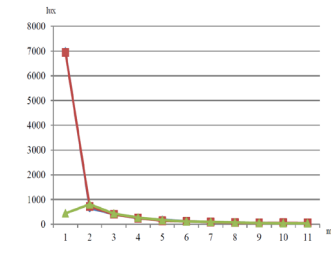
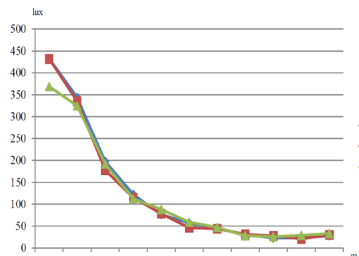
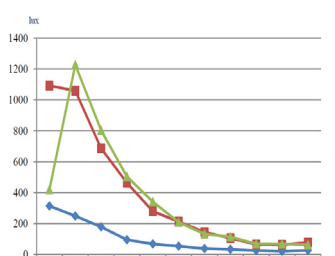
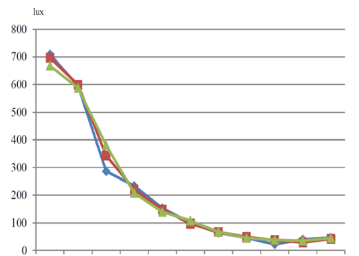
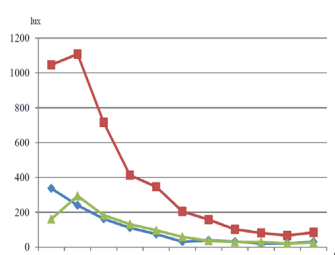
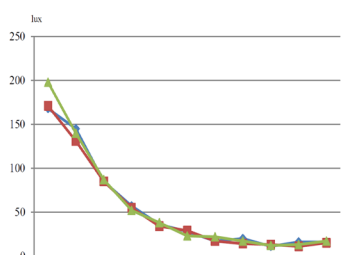
Pejabat orientasi bahagian utara dan selatan menggunakan bulan Jun serta Disember sebagai waktu kajian. Bulan Jun merupakan waktu penerimaan sinaran matahari tertinggi bagi hari bekerja manakala bulan Disember merupakan waktu penerimaan cahaya matahari terendah untuk orientasi bahagian utara bangunan. Bulan Disember pula merupakan waktu penerimaan cahaya matahari tertinggi manakala bulan Jun merupakan waktu penerimaan sinaran cahaya matahari terendah untuk orientasi bahagian selatan bangunan. Bagi orientasi di bahagian timur bangunan, bulan Mac menerima cahaya matahari tertinggi dan bulan Disember merupakan bulan yang menerima cahaya matahari terendah yang mana keduanya merupakan waktu yang akan diaplikasikan bagi

kajian simulasi. Orientasi di bahagian barat bangunan pula mengaplikasikan bulan Oktober yang menerima cahaya matahari tertinggi dan bulan Januari yang menerima cahaya matahari terendah. Kedua-dua bulan ini menjadi waktu yang dipilih untuk kajian simulasi komputer IES VE. Walau bagaimanapun, penerimaan cahaya matahari untuk orientasi bangunan di bahagian timur dan barat adalah lebih sekata berbanding utara serta selatan. Pemilihan waktu-waktu untuk kajian ini juga adalah selari dengan kajian-kajian yang dilakukan oleh Mahdavi et al. (2015), Ling et al. (2007) dan Lim & Heng (2016).

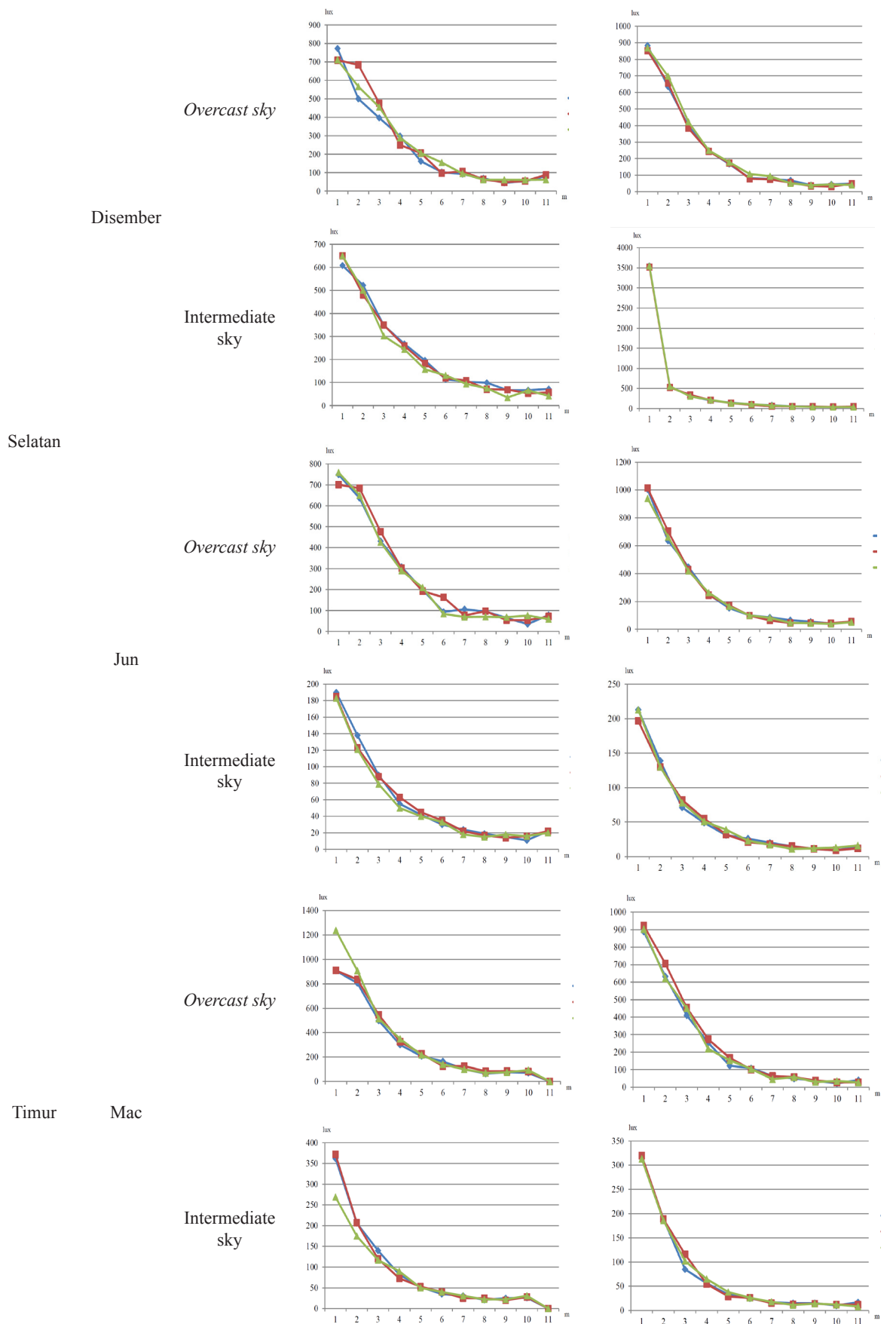
KEPUTUSAN

Hasil keputusan proses simulasi keseluruhan dapat dilihat berdasarkan kepada Jadual 2. Berdasarkan kepada Jadual 2, graf untuk simulasi bagi fakad tunggal dan FDL dihasilkan dan mengikut kriteria orientasi bangunan, bulan dan keadaan langit. Ini merupakan hasil awalan kajian yang menjadi asas utama untuk langkah seterusnya melalui bentuk graf yang berbeza dalam mengetahui hasil keseluruhan kajian ini.

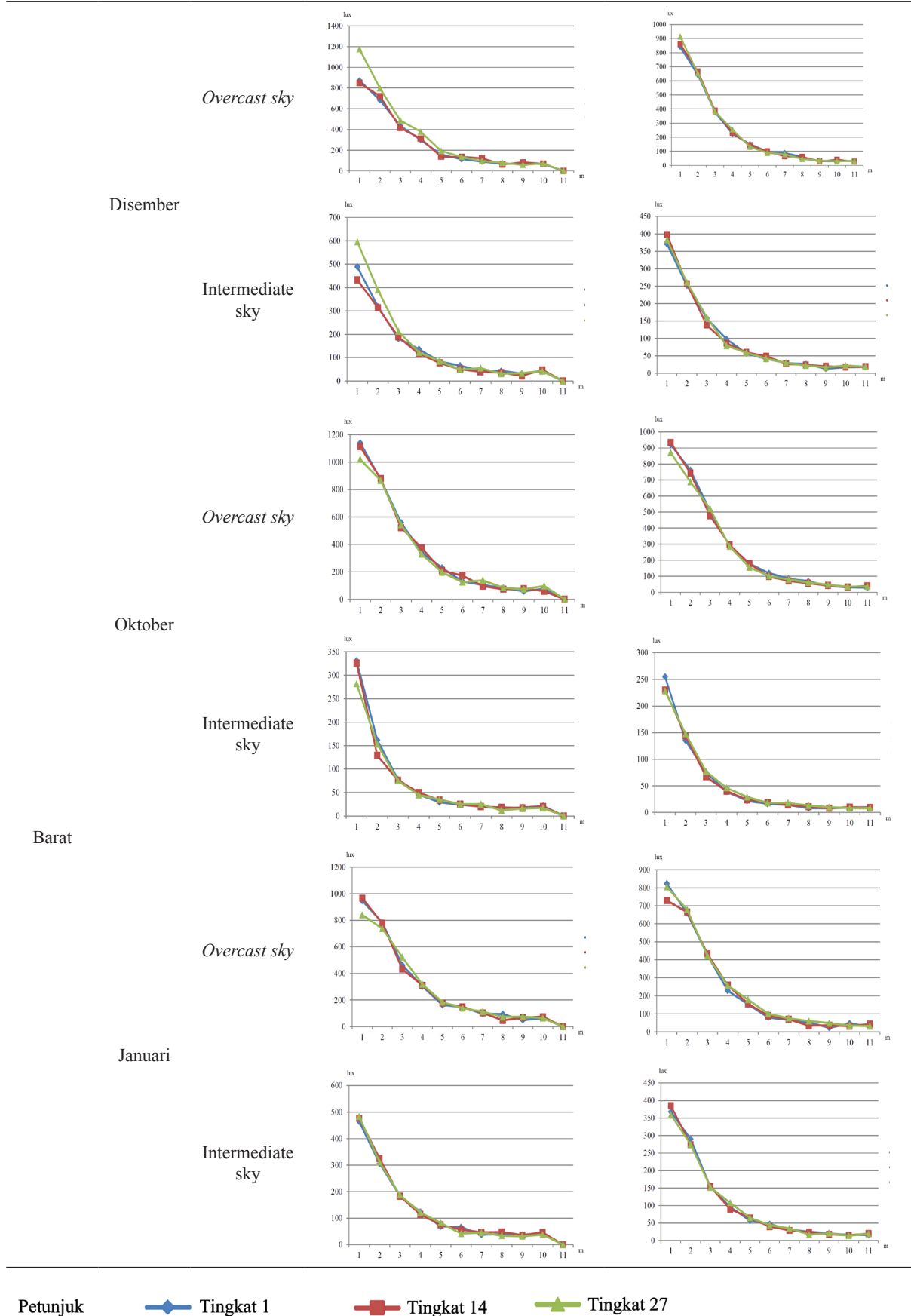
JADUAL 2. Simulasi computer berdasarkan kepada orientasi bangunan, bulan dan keadaan langit.

Orientasi bangunan	Bulan	Langit	Graf	
			Fakad tunggal	Fakad dua lapis (100 mm)
Utara	Jun	Overcast sky		
		Intermediate sky		
	Disember	Overcast sky		
		Intermediate sky		

bersambung...

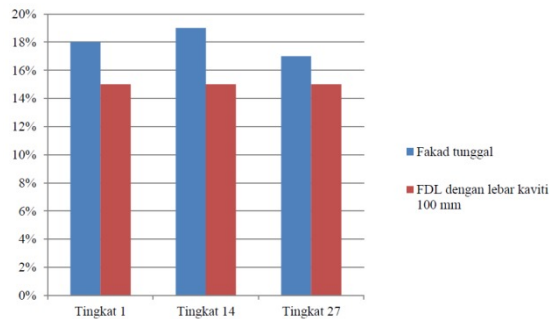


...sambungan



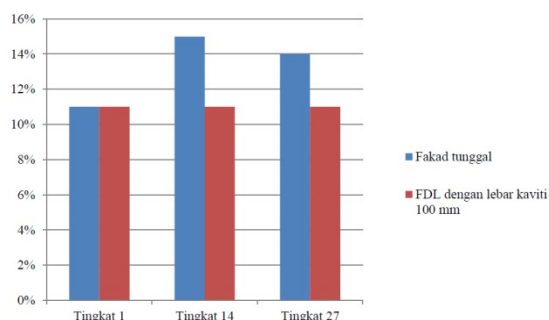
Analisa perbandingan antara fakad tunggal dan FDL dengan lebar kaviti 100 mm adalah satu analisa permulaan dalam mengetahui keberkesanan FDL berbanding dengan fakad tunggal. Analisa ini terbahagi kepada tiga bentuk perbandingan iaitu perbandingan antara nilai cahaya siang, perbandingan antara keadaan langit dan perbandingan antara orientasi bahagian bangunan.

1. Perbandingan Antara Nilai Cahaya Siang



RAJAH 3. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang antara 200 lux ke 500 lux

Berdasarkan kepada Rajah 3, peratusan kedudukan dalam ruang pejabat untuk nilai cahaya siang antara 200 lux ke 500 lux bagi fakad tunggal adalah lebih tinggi berbanding dengan FDL dengan lebar kaviti 100 mm bagi ketiga-tiga tingkat. Aplikasi FDL telah menurunkan peratusan kedudukan nilai cahaya siang antara 200 lux ke 500 lux untuk setiap tingkat dan ini akan mengganggu keselesaan para pekerja dalam ruang pejabat. FDL dengan lebar kaviti 100 mm juga menyediakan nilai cahaya siang yang berkualiti dengan peratusan kedudukan yang sama bagi setiap tingkat bangunan iaitu di tingkat 1, 14 dan 27.

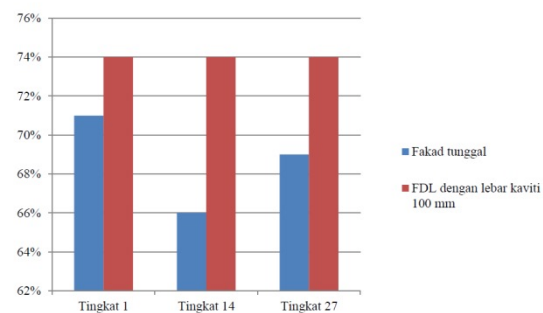


RAJAH 4. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang yang melebihi daripada 500 lux

Berdasarkan kepada Rajah 4, secara keseluruhannya, FDL dengan lebar kaviti 100 mm berjaya mengurangkan nilai cahaya siang yang melebihi daripada 500 lux. Ini dapat dilihat berdasarkan kepada tingkat 14 dan 27 iaitu

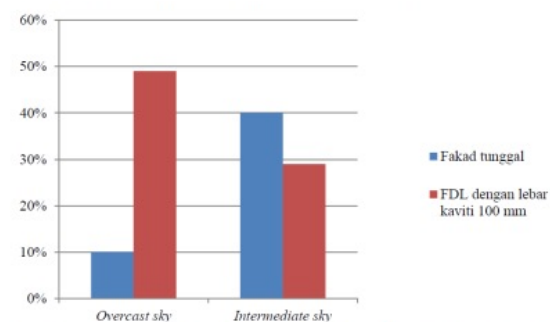
aplikasi FDL mengurangkan peratusan kedudukan ruang pejabat untuk terdedah dengan kesan silau. Tingkat 14 berjaya mengurangkan nilai cahaya siang yang tinggi iaitu sebanyak 4% manakala tingkat 27 adalah sebanyak 3%. Ini merupakan satu impak positif yang baik dalam memberi keselesaan kepada pekerja dalam ruang pejabat hasil daripada pengurangan kesan silau yang akan mengganggu aktiviti pekerjaan.

Berdasarkan kepada Rajah 5, aplikasi FDL dengan jarak kaviti 100 mm tidak memberikan impak positif yang besar untuk peratusan kedudukan ruang pejabat yang menerima cahaya siang kurang daripada 200 lux. Ketiga-tiga tingkat bangunan mengalami peningkatan peratusan kedudukan nilai cahaya siang yang kurang daripada 200 lux. Tingkat 1 mengalami peningkatan sebanyak 3%, tingkat 14 mengalami peningkatan sebanyak 8% dan tingkat 27 mengalami peningkatan sebanyak 5%. Ini akan mengakibatkan berlakunya pertambahan pencahayaan elektrik untuk ruang pejabat. Adalah sukar untuk pekerja bekerja dalam keadaan nilai cahaya yang kurang daripada 200 lux. Keadaan ini juga akan meningkatkan kos dan penggunaan tenaga elektrik dalam menampung kekurangan pencahayaan siang yang berkualiti.



RAJAH 5. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang yang kurang daripada 200 lux

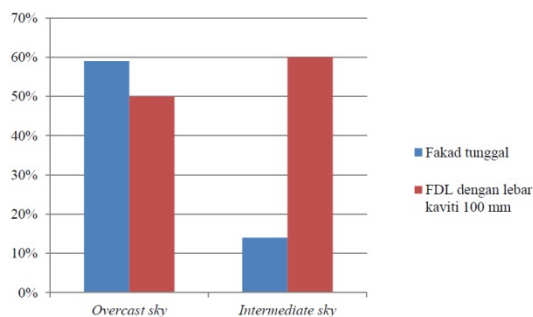
2. Perbandingan Antara Keadaan Langit



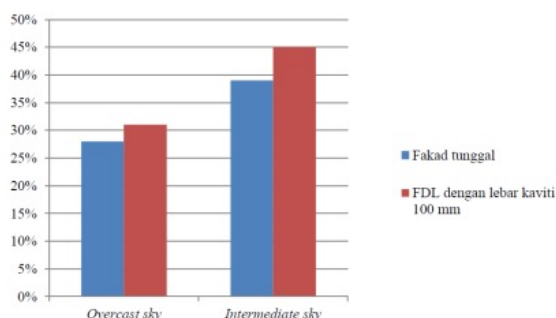
RAJAH 6. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang antara 200 lux ke 500 lux

Berdasarkan kepada Rajah 6, keadaan *overcast sky* memberikan lebih banyak impak positif berbanding dengan *intermediate sky* apabila FDL dengan lebar kaviti 100 mm diaplikasikan di setiap tingkat. Ini juga menunjukkan bahawa aplikasi FDL untuk keadaan *overcast sky* adalah lebih efektif berbanding dengan fakad tunggal dan harus diterapkan dalam menyediakan nilai cahaya yang berkualiti.

Berdasarkan kepada Rajah 7, keadaan *overcast sky* memberikan lebih banyak impak positif berbanding dengan *intermediate sky*. Perbandingan dengan fakad tunggal, peratusan nilai cahaya siang untuk *overcast sky* berjaya menurunkan nilai cahaya siang yang lebih daripada 500 lux. Ini membuktikan bahawa aplikasi FDL mengurangkan kesan silau kepada para pekerja untuk keadaan *overcast sky*. Berbanding dengan keadaan *intermediate sky*, aplikasi FDL pula meningkatkan lagi nilai cahaya siang yang melebihi daripada 500 lux bagi ketiga-tiga tingkat bangunan. Keadaan ini adalah kurang baik juga jika dibandingkan dengan prestasi nilai cahaya siang bagi fakad tunggal. Secara keseluruhannya, FDL hanya memberi impak positif dalam mengurangkan kesan silau pada keadaan *overcast sky* sahaja.



RAJAH 7. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang yang melebihi daripada 500 lux



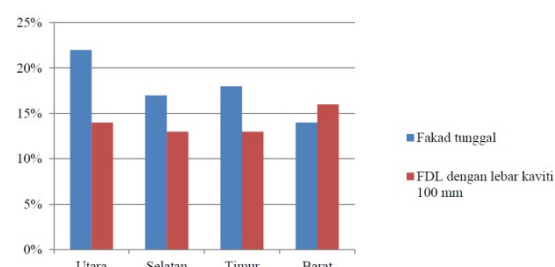
RAJAH 8. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang yang kurang daripada 200 lux

Rajah 8 menunjukkan bahawa aplikasi FDL dengan lebar 100 mm kurang berjaya untuk mengurangkan

kedudukan ruang pejabat yang menerima cahaya siang yang kurang daripada 200 lux. Ini dapat dilihat berdasarkan kepada prestasi untuk kedua-dua keadaan langit bagi tingkat 1, 14 dan 27 iaitu berlaku peningkatan peratusan nilai cahaya siang yang kurang daripada 200 lux berbanding dengan fakad tunggal. Ini menyebabkan berlakunya pertambahan pencahayaan elektrik bagi menampung kekurangan cahaya siang yang berkualiti. Selain itu, ini juga menunjukkan bahawa FDL dengan lebar 100 mm tidak dapat menyelesaikan isu nilai cahaya yang kurang daripada 200 lux amalan memberi impak yang negatif.

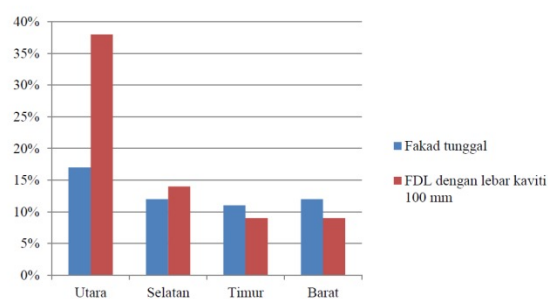
3. Perbandingan Antara Orientasi Bahagian Bangunan

Berdasarkan kepada Rajah 9, hanya orientasi bangunan di bahagian barat sahaja yang mencatat keputusan nilai cahaya siang yang baik berbanding dengan orientasi bahagian bangunan yang lain. Orientasi bangunan di bahagian barat mencatat lebih 2% berbanding dengan fakad tunggal dalam menghasilkan cahaya siang yang berkualiti untuk ruang pejabat iaitu antara 200 lux ke 500 lux. Bagi orientasi bangunan di bahagian utara, terdapat penurunan peratusan nilai cahaya siang yang berkualiti iaitu sebanyak 8% apabila dibandingkan dengan fakad tunggal. Orientasi di bahagian selatan bangunan mencatat penurunan nilai cahaya siang yang berkualiti iaitu sebanyak 4% berbanding dengan aplikasi fakad tunggal. Ini diikuti oleh orientasi bangunan di bahagian timur apabila aplikasi FDL dengan lebar kaviti 100 mm menurunkan peratusan nilai cahaya siang yang berkualiti iaitu sebanyak 5%. Aplikasi FDL memberi impak negatif yang besar kepada orientasi bangunan di bahagian utara dengan penurunan nilai cahaya siang yang paling tinggi diikuti oleh orientasi bangunan di bahagian timur dan selatan. Secara keseluruhannya, FDL dengan lebar 100 mm tidak memberi impak yang berkesan dalam menyediakan nilai cahaya siang yang berkualiti berbanding dengan fakad tunggal untuk keempat-empat orientasi bahagian bangunan.

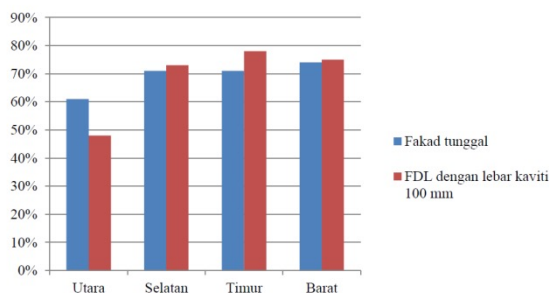


RAJAH 9. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang antara 200 lux ke 500 lux

Berdasarkan kepada Rajah 10, orientasi bangunan di bahagian utara dan selatan mencatat peratusan nilai pencahayaan siang di bawah 200 lux yang lebih tinggi apabila diaplikasikan dengan FDL berbanding dengan fakad tunggal. Ini memberikan kesan silau yang tinggi kepada para pekerja jika dibandingkan dengan fakad tunggal. Bagi orientasi bahagian timur dan barat bangunan pula, terdapat penurunan peratusan yang dicatat dengan aplikasi FDL berbanding dengan fakad tunggal. Ini merupakan satu prestasi yang baik kerana aplikasi FDL dengan lebar 100 mm mengurangkan nilai cahaya siang yang melebihi daripada 500 lux lalu memberikan penyelesaian kepada para pekerja di ruang pejabat.



RAJAH 10. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang yang melebihi daripada 500 lux



RAJAH 11. Graf perbandingan simulasi untuk nilai pencahayaan siang yang kurang daripada 200 lux

Berdasarkan kepada Rajah 11, hanya ruang pejabat di orientasi bahagian utara bangunan mencatat prestasi yang baik dengan berjaya menurunkan peratusan nilai cahaya siang yang kurang daripada 200 lux apabila diaplikasikan dengan FDL. Penurunan ini adalah sebanyak 13% jika dibandingkan dengan fakad tunggal dan ini merupakan satu prestasi yang baik dalam mengurangkan penggunaan pencahayaan siang dengan menggunakan pencahayaan elektrik. Secara tidak langsung, ruang pejabat di orientasi bahagian utara bangunan ini juga berjaya menurunkan kos dan jumlah penggunaan tenaga elektrik. Walau bagaimanapun, untuk orientasi di bahagian selatan bangunan mencatat peningkatan peratusan nilai cahaya

siang yang kurang daripada 200 lux iaitu sebanyak 2% berbanding dengan fakad tunggal. Keadaan ini turut berlaku untuk orientasi di bahagian timur yang mencatat peningkatan sebanyak 7% apabila diaplikasikan dengan FDL dengan lebar kaviti 100 mm. Ini diikuti oleh ruang pejabat di orientasi bahagian barat yang mencatat peningkatan peratusan nilai cahaya siang yang kurang daripada 200 lux sebanyak 1% berbanding dengan fakad tunggal. Secara keseluruhannya, aplikasi FDL dengan lebar kaviti 100 mm kurang memberi impak dalam menurunkan nilai cahaya siang yang kurang daripada 200 lux berbanding dengan fakad tunggal. Ini akan meningkatkan penggunaan pencahayaan elektrik dalam memberikan cahaya yang berkualiti untuk para pekerja berada di dalam ruang pejabat.

KESIMPULAN

Analisa perbandingan antara nilai cahaya siang menunjukkan bahawa FDL dengan lebar kaviti 100 mm mengurangkan nilai cahaya siang yang berkualiti iaitu antara 200 lux ke 500 lux berbanding dengan fakad tunggal di ketiga-tiga tingkat bangunan. Selain itu, aplikasi FDL juga telah meningkatkan peratusan kedudukan ruang pejabat yang menerima cahaya siang yang kurang daripada 200 lux. Keadaan ini memberi kesan negatif dalam mengganggu penglihatan pekerja di ruang pejabat. Ini menyebabkan pekerja akan bergantung kepada pencahayaan elektrik dalam meningkatkan penglihatan visual mereka yang turut menyumbang kepada peningkatan penggunaan elektrik. Peningkatan ini juga memberi kesan kepada alam sekitar terutamanya memberi impak negatif kepada keadaan iklim setempat. Walau bagaimanapun, FDL berjaya mengurangkan nilai cahaya siang yang melebihi daripada 500 lux. Nilai cahaya yang melebihi 500 lux memberi kesan silau dan kesan negatif terhadap visual para pekerja. Ini merupakan satu hasil kajian yang positif terhadap pekerja ruang pejabat dalam menerima visual yang baik hasil daripada pengurangan kesan silau. Kesan silau mewujudkan keadaan yang tidak selesa di kalangan pekerja yang turut memberi kesan kepada kualiti kesihatan. Selain itu, pengurangan ini juga membantu dalam meningkatkan peratusan penggunaan ruang pejabat yang efisien dalam menyediakan kualiti pencahayaan siang yang baik kepada pekerja.

Overcast sky mencatat prestasi yang lebih baik berbanding dengan *intermediate sky*. *Overcast sky* berjaya meningkatkan nilai cahaya siang yang berkualiti untuk ruang pejabat berbanding dengan *intermediate sky*. Selain itu, keadaan *overcast sky* juga telah berjaya mengurangkan nilai pencahayaan siang yang lebih daripada 500 lux

berbanding dengan *intermediate sky*. Ini merupakan prestasi yang baik kerana kesan silau memberikan impak negatif kepada para pekerja yang berada dalam pejabat. Walau bagaimanapun, kedua-dua keadaan langit tidak mampu untuk menyediakan nilai cahaya siang yang berkualiti apabila berlaku pertambahan kedudukan ruang pejabat yang menerima cahaya siang kurang daripada 200 lux.

Analisa perbandingan orientasi bahagian bangunan menunjukkan bahawa ruang pejabat di orientasi bahagian barat sahaja yang mencatat peningkatan dalam menyediakan nilai cahaya siang yang berkualiti apabila diaplikasikan dengan FDL selebar 100 mm. Penurunan nilai cahaya siang yang tinggi daripada 500 lux di orientasi bahagian timur dan barat merupakan satu prestasi yang baik. Ini dapat mengurangkan kesan silau yang mengganggu visual para pekerja. Walau bagaimanapun, ruang pejabat di orientasi bahagian utara dan barat mencatat peningkatan dan memberi pertambahan kesan silau kepada para pekerja. Ruang pejabat di orientasi bahagian utara pula, berjaya mengurangkan kedudukan ruang pejabat yang menerima nilai cahaya siang yang kurang daripada 200 lux. Keadaan ini adalah tidak berlaku untuk ruang pejabat di orientasi selatan, timur dan barat.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Fakulti Kejuruteraan Alam Bina Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) dan Kolej Alam Bina Universiti Teknologi MARA (UiTM).

PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada.

RUJUKAN

- Archdaily. 2021. How to design for visual comfort using natural light. [https://www . archdaily . com / 911210 / let – there – be – light – key – indicators – to – describe -and-design-visual-comfort](https://www.archdaily.com/911210/let-there-be-light-key-indicators-to-describe-and-design-visual-comfort) [5 Januari 2021]
- Chaloeytoy, K., Ichinose, M. & Chien, S.C. 2020. Determination of the simplified daylight glare probability (DGPs) criteria for daylit office spaces in Thailand. *Buildings* 10(10) : 1-20.
- Ezeh, C.I., Hong, Y., Deng, W. & Zhao, H. 2022. High rise office building makeovers – Exploiting architectural and engineering factors in designing sustainable buildings in different climate zones. *Energy Reports* 8(2022) : 6396-6410.
- Ezema, C. & Maha, S.A. 2022. Energy efficiency in high-rise office buildings: An appraisal of its adoption in Lagos, Nigeria. *Eart and Energy Science*. 1054(2022) : 1-11.
- Hanim, F., Abdul Aziz, A., Abas, S.A.H., Zin, M.H.M., Yusof, A.F. & Anuar, I. 2023. A thematic review on daylighting strategies and its implementation in buildings. *Sustainable Environment, Development and Energy*. AIP Conference Preocceedings: 1-9.
- Kadaei, S. 2023. A review of limitations and future challenges in optimization of energy in sustainable high-rise buildings. *Journal of Arct and Architecture Studies*. 12(2) : 27-34.
- Heng, C.Y.S., Lim, Y.W. & Ossen, D.R. 2020. Horizontal light pipe transporter to deep plan high-rise office daylighting in tropical climate. *Building and Environment*. 17(2020) : 1-13.
- Khairdzir, N. & Taib, N. 2020. Properties and design of double skin facade in the tropics. *65 Malaysia Architectural Journal*. 2(2) : 65-72.
- Kousalyadevi, G. & Lavanya, G. 2019. Optimal investigation of daylighting and energy efficiency in industrial building using energy-efficient velux daylightign simulation. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 18(1) : 1-14.
- Kudela, P., Herman, D. & Irsova, Z. 2019. Does daylight saving time save electricity? Evidence from Slovakia. Slovakia: Charles University in Prague.
- Manubawa, A.E., Purwanto, L.M.F. & Ardiyanto, A. 2020. Measuring the quality of natural lighting in a building with double skin facade (DSF). *International Journal of Architecture and Urban Development* 10(2) : 5-12.
- Mohamad, N.L., Shari, Z. & Dahlan, N.D. 2023. Building envelope retrofit for energy savings in Malaysian government high-rise offices: A calibrated energy simulation. *Science and Engineering* 85(4) : 1-15.
- Mohapatra, B. N., Kumar, M. R., & Mandal, S. K. (2018). Analysis of daylighting using daylight factor and luminance for different room scenarios. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)* 9(10) : 949-960.
- Nazari, M. & Matusiak, B. 2024. Daylighting simulation and visualisation: Navigating challenges in accuracy and validation. *Energy & Buildings*. 312(2024) : 1-23
- NBS. 2021. Daylighting. [https://www.thenbs.com/ knowledge/daylighting](https://www.thenbs.com/knowledge/daylighting) [3 Januari 2021].
- Nejadriahi, H. 2017. Role of facade in sustainability enhancement of contemporary Iranian buildings. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 11(6) : 729-733.
- Othman, M.A., Mat Yasin, M.F., Md Ajis, A., Jaafar, A.S. & Alauddin, K. 2023. Student's perception of the natural daylighting in higher education design

- studios. *International Journal of Business and Technology Management*. 5(2) : 326-333.
- Phuong, N.H., Nguyen, L.D.L., Nguyen, V.H.M., Cuong, V.V., Tuan, T.M. & Tuan, P.A. 2023. A new approach in daylighting design for buildings. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 13(4) : 11344-11354.
- Roenneberg, T., Justice, A.W., Skene, D.J. Israel, S.A., Wright, K.P., Dijk, D.J., Zee, P., Gorman, M.R., Winnebeck, E.C. & Klerman, E.B. 2019. Why should we abolish daylight saving time? *Journal of Biological Rhythms* 34(3) : 227-230.
- Sern, C.H.Y., Razif, F.M., Fadzil, S.F.S., Liou, L.T.K. & Jun, B.J. 2022. Daylighting performance on integrated venetian blinds with horizontal light pipe system for deep plan high-rise office in tropical climate. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology* 28(3) : 144-153.
- Shamri, S.L., Mohd Husaini, E., Arabi, F., Abdul Manaf, A., Mat Idris, M. & Jamaludin, J. 2022. Strategies in improving the building efficiency and daylighting: A case study of green building. *Journal of the Malaysian Institute of Planners* 2(2022) : 99-109.
- Tregenza, P. & Mardaljevic, J. 2018. Daylighting buildings: Standards and the needs of the designer. *Lighting Res. Technol* 50(2018) 63-79.
- Vitkala, J. 2017. *Facades in high rise buildings-Architects and structural engineers*. Slaid. Finland.
- Wan Abdullah, W.N.H., Tharim, A.H.A., Ismail, A. & Che Ahmad, A. 2022. Determination of design solutions to overcome the daylighting design failure observed in existing educational building. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology* 13(2) : 153-167.
- Wang, M., Hou, J., Hu, Z., He, W. & Yu, H. 2020. Optimisation of the double skin facade in hot and humid climates through altering the design parameter combinations. *Building Simulation*.