

Kesan Penggunaan Unjuran Melintang kepada Pencahayaan Siang Bilik Kuliah di Bangunan Pentadbiran, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia

(Effect of Horizontal Shading Device Towards Daylighting in Lecture Room at Administration Building, Faculty of Engineering and Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia)

Khairul Ihsan Badri^a, Mohd Khairul Azhar Mat Sulaiman^{a*}, Zabidi Hamzah^a, Mohd Fadlullah Gimat^{a,b} & Maryam Qays Oleiwi^c

^aJabatan Seni Bina dan Alam Bina, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia
^bBahagian Arkitek, Pejabat Pembangunan dan Penyelenggaraan, Universiti Tun Hussien Onn, Johor, Malaysia
^cKayabasi Kayasehir Bulvari CD, Toki 6 Bolge, Yakut Sitesi, C33, Daire 26, Basaksehir, Istanbul, Turkey

*Corresponding author: m.khairulazhar@ukm.edu.my

Received 11 May 2022, Received in revised form 12 June 2022
Accepted 14 July 2022, Available online 30 October 2022

ABSTRAK

Pencahayaan siang merupakan faktor penting bagi bilik kuliah dalam memberi keselesaan terutamanya dari aspek penglihatan. Selain itu, ia turut mengurangkan beban penggunaan elektrik dengan mengurangkan kebergantungan terhadap pencahayaan buatan. Namun begitu, tingkap yang menggunakan kaca telus cahaya kebanyakannya menerima sinaran matahari ke ruang dalaman dan menyebabkan silau dan ketidakselesaan kepada kualiti visual. Maka, kaedah-kaedah dalam mengawal kemasukan sinaran adalah penting untuk mengatasi masalah tersebut. Antara kaedah yang digunakan adalah melalui aplikasi unjuran tingkap dari jenis menegak, melintang dan petak. Walau bagaimanapun, kajian ini hanya memfokuskan kepada penggunaan unjuran dari jenis melintang sahaja. Kajian ini akan menganalisa kualiti pencahayaan di bilik kuliah sedia ada dan mengkaji kesan unjuran kepada kualiti pencahayaan di bilik kuliah. Bilik kuliah yang dikenali sebagai Bilik Seminar di Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina (FKAB), dijadikan sebagai kajian kes dalam kajian ini. Lazimnya, bilik tersebut digunakan untuk penyampaian kuliah untuk aktiviti pengajaran dan pembelajaran. Kaedah-kaedah yang digunakan untuk pengumpulan data adalah melalui pengukuran secara lapangan dan secara simulasi menggunakan perisian Sefaira. Pengesahsahihan perisian simulasi juga dijalankan dengan membandingkan pengukuran lapangan dan data dari simulasi. Kajian mendapati penggunaan unjuran tingkap melintang tunggal adalah kurang efektif bagi bilik kuliah di Bangunan Pentadbiran FKAB. Dengan mengkaji nisbah unjuran melintang yang paling efektif, ianya dapat menyumbang kepada reka bentuk bangunan yang lebih lestari dengan dapatan cahaya siang yang lebih baik terutamanya untuk pembelajaran dan pengajaran.

Kata kunci: Alat teduhan; unjuran melintang; sefaira; pencahayaan siang; bilik kuliah

ABSTRACT

Daylighting plays a crucial role in making the lecture room comfortable, particularly in terms of vision. Additionally, by lowering reliance on artificial lighting, it eases the load of electricity use. However, windows made of transparent glass let most of the sunlight inside, which degrades the visual clarity and causes glare. Therefore, strategies for limiting daylighting entry are crucial to solving the issue. One of the techniques is the use of window overhangs, including egg-crate, horizontal, and vertical forms. However, the utilisation of solely horizontal types of overhang is the exclusive subject of this study. In this study, the lighting in existing lecture room was analysed, and the impact of projections on the quality of lighting in lecture room was also looked at. This study employed the lecture room at the Faculty of Engineering and Built Environment (FKAB) known as the Seminar Room as a case study. The space is typically utilised for giving lectures as part of educational activities. Field measurements and simulations with Sefaira software were the methods employed for data collecting. By contrasting data from the simulations and field observations, the simulation software was also validated. According to the study, lecture room in the FKAB Administration Building are less successful when using a single horizontal window

overhang. It is possible to contribute to a more sustainable building design with better daylight discoveries, especially for learning and teaching, by researching the most efficient horizontal projection ratio.

Keywords: Shading device; horizontal overhang; sefaira; daylighting; lecture room

PENGENALAN

Cahaya siang adalah cahaya yang dipindahkan melalui sinaran matahari yang kemudiannya dipantulkan ke permukaan sebelum menerangi sesuatu ruang. Ia juga adalah strategi utama dalam reka bentuk untuk mereka bentuk ruang yang berkualiti yang memberi kesan kepada kualiti visual yang baik kepada pelajar dan pensyarah yang secara langsung meningkatkan prestasi pembelajaran (Samiou et al. 2022; Syaheez et al. 2018; Lechner, 2008). Menurut Zain-Ahmed et al. (2002), penggunaan pencahayaan siang di dalam reka bentuk bangunan terutama di Malaysia masih belum diterapkan secara optimum walaupun sumber cahaya matahari di kawasan tropika sangat banyak. Dari pemerhatian, dapat dilihat arkitek mereka bentuk bangunan dengan hanya intuisi mereka sahaja (Hyde, 2000).

Di Malaysia, bangunan memerlukan penyejukan suhu yang tinggi berikutan penembusan sinaran haba matahari yang tinggi melalui tingkap. Kaji selidik dan audit tenaga bangunan pejabat untuk Malaysia menunjukkan bahawa tenaga yang digunakan untuk menyejukkan bangunan itu adalah sekitar 68% daripada jumlah penggunaan elektrik (Saidur, 2009).

Antara penyelesaian reka bentuk secara pasif adalah dengan menggunakan alat teduhan pada muka luar bangunan. Walau bagaimanapun, penggunaan teduhan yang semberono untuk mengurangkan sinaran matahari yang tidak diinginkan boleh mengurangkan tahap penerimaan cahaya semula jadi dalam bangunan. Pengurangan cahaya semula jadi dalam bangunan akan meningkatkan penggunaan cahaya buatan sekaligus menyebabkan beban penyejukan untuk mengurangkan peningkatan haba dalaman dari lampu serta meningkatkan penggunaan tenaga elektrik untuk tujuan pencahayaan.

Selain itu, panjang unjuran yang berlebihan pula akan menyebabkan kualiti cahaya semula jadi di dalam bilik tidak dapat dicapai. Hal ini akan mendatangkan pelbagai kesan negatif kepada kesihatan seperti tekanan, ketidakselesaan mata, kerengsaan atau lebih dikenali dengan *Sick Building Syndrome* (Ghaffarianhoseini et al. 2018; Tabadkani et al. 2018; Pauley 2004). Dengan membenarkan kemasukan cahaya siang yang cukup ke dalam ruang bangunan, aspek kesihatan dan psikologi dapat ditingkatkan (Hassanabadi et al. 2012). Selain itu, alam semula jadi adalah satu aspek sumber alam yang dapat mendorong motivasi untuk pembelajaran (Tsikraa & Andreou 2017).

Maka topik untuk kajian ini ialah menganalisa kualiti pencahayaan di bilik kuliah sedia ada dan mengkaji kesan unjuran kepada kualiti pencahayaan di bilik kuliah. Melalui uji kaji tersebut, masalah kualiti pencahayaan dapat dikenal pasti dan cadangan penambahbaikan dapat diberikan untuk meningkatkan kualiti pencahayaan di bilik kuliah.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

KEPERLUAN CAHAYA SIANG

Kajian kepustakaan kepada keperluan cahaya siang dijalankan melalui pengumpulan data kepada piawaian di Malaysia dan luar negara. Jadual 1 dan 2 menunjukkan rangkuman piawaian yang ditetapkan di Malaysia dan luar negara.

JADUAL 1. Saranan dari piawaian di Malaysia mengenai kadar kecahayaan di dalam bilik

Sumber / Piawaian Malaysia	Kegunaan	Illuminance (lx)
Malaysia Standard MS1525:2001	Pejabat	200-500
Malaysia Standard MS1525:2007	Membaca, Menulis & Melukis	300-400
	Bacaan Semak	500
	Melukis secara tepat	1000
	Kerja penelitian dan tepat	2000
MEWC-LEO Building Putrajaya	Bacaan Umum	335

JADUAL 2. Saranan dari piawaian luar negara mengenai kadar kecahayaan di dalam bilik

Sumber / Piawaian Antarabangsa	Kegunaan	Illuminance (lx)
IES lighting code (1993)	Kerja Pejabat	500
	Lukisan	200
IES lighting code (1995)	Kelas	100
	Perpustakaan	150
	Kerja berkomputer	352
Berruto et al (1997)	Kerja Pejabat	425-500
	Lukisan	500
CIBSE lighting code(1977)	Kelas	300
	Perpustakaan	300
	Kelas	300-500
CIBSE lighting code(2004)	Pejabat Melukis	750
Brazilian Standard NBR 5413(1992)	Kelas	200-500
The Education School Premises Regulation (1981)	Cahaya buatan untuk kelas	300
	Cahaya buatan dan Semula jadi	350
Guzowski (2000)	Pejabat	500
	Pejabat dalam	750

Dari aspek faktor cahaya siang (*daylight factor*) (DF), piawaian di Malaysia dapat dirujuk dalam MS1525:2007 dan piawaian antarabangsa yang lain seperti IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) dan CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) (1999). Jadual 3 menunjukkan rangkuman saranan DF oleh piawaian dalam dan luar negara.

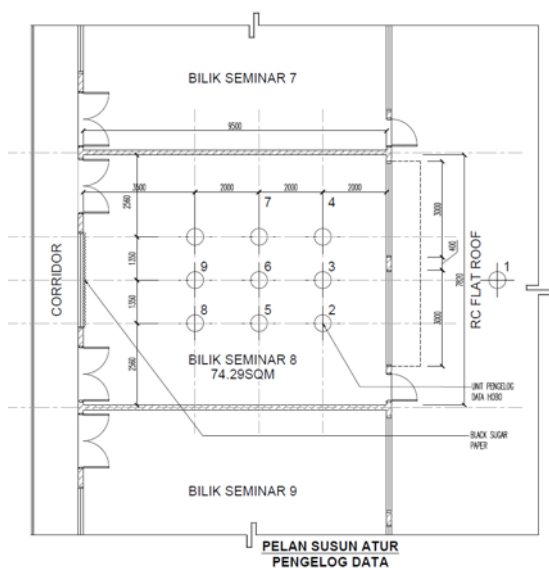
JADUAL 3. Rangkuman saranan piawaian faktor cahaya siang, DF

Sumber / Piawaian	Kegunaan	Faktor Cahaya Semula Jadi (%)
IESNA	Umum	5
	Gelep	2
Hopkinson dan Kay (1969)	Bilik Kuliah	2
	Lukisan	2.5
CIBSE (1999)	Bilik Kuliah	2.5
	Studio Lukisan	2.5
	Punata DF	5
Beam (2012)	Pejabat Melukis	2
MS1525:2007	Pejabat	1.5

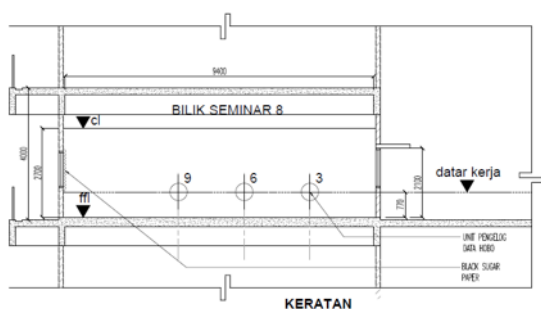
METODOLOGI

PEMILIHAN RUANG KAJIAN

Kajian dijalankan di Bilik Seminar 8 terletak di tingkat 1, Bangunan Pentadbiran, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, UKM. Bilik seminar ini lazimnya digunakan oleh pensyarah untuk menjalankan aktiviti pengajaran dan pembelajaran terutamanya untuk penyampaian kuliah. Pengukuran bilik seminar dilakukan menggunakan pita pengukur bagi menentukan, panjang, lebar, serta tinggi ruang dalaman bilik kuliah. Pengukuran dilakukan dari hujung ke hujung dinding dalaman bangunan. Rajah 1 dan 2 menunjukkan lukisan pelan susun atur dan keratan bagi Bilik Seminar 8. Kajian dijalankan di bilik kuliah dengan satu sumber pencahayaan sisi sahaja. Sumber-sumber lain pencahayaan ditutup dengan kertas hitam. Ini untuk memastikan jumlah pencahayaan yang dipengaruhi oleh unjuran melintang dapat diukur dengan lebih tepat melalui satu sumber cahaya sahaja.



RAJAH 1. Pelan susun atur Bilik Seminar 8



RAJAH 2. Keratan rentas Bilik Seminar 8

RADAS PENGUKURAN LAPANGAN

HOBO® U12 digunakan untuk mengukur illuminans cahaya seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Sebanyak sembilan (9) alat pengeloc digunakan dalam kajian ini di mana lapan

(8) daripadanya adalah untuk pengukuran illuminans ruang dalaman dan 1 unit untuk pengukuran illuminans luaran. Kesemua alat pengukuran ditandakan dengan nombor 1-9 bagi membolehkan pengenalpastian alat dan lokasi alat pengeloc dapat ditentukan. Lapan (ditandakan 2-8) daripada alat tersebut diletakkan di dalam bilik kuliah untuk mendapatkan illuminans dalaman dan satu (ditandakan 1) diletakkan di luar bilik kuliah untuk mendapatkan illuminans luaran. Data dari alat pengeloc ini dapat dibaca dengan menghubungkan alat tersebut dengan komputer melalui kabel USB Data diterjemahkan dalam bentuk graf dan boleh dieksport ke dalam format CSV (*comma-separated values*) untuk analisis lanjut. Lokasi alat pengeloc hobo ditunjukkan dalam RAJAH 1.



RAJAH 3. Instrumen HOB0® U12 dengan pengeloc data untuk pengukuran suhu, kelembapan relatif dan pencahayaan

Selain itu, kompas dan pita pengukur digunakan untuk mengukur ruang kajian serta talaan bilik dari arah utara.

KAEDAH KAJIAN

Objektif kajian ini adalah untuk mengenal pasti keadaan sedia ada pencahayaan siang di dalam bilik kuliah, menilai kesan penggunaan unjuran tingkap terhadap pencahayaan siang kepada bilik kuliah dan penilaian variasi alat teduhan melintang dan strategi pencahayaan tambahan untuk meningkatkan kualiti cahaya siang dalam bilik kuliah.

Kajian dijalankan menggunakan dua kaedah iaitu melalui pengukuran lapangan di bilik kuliah untuk mengenal pasti pencahayaan sedia ada di bilik kuliah dan simulasi menggunakan perisian Sefaira. Pengesahsahihan juga dijalankan untuk menentukan data yang diperolehi dari simulasi dapat diterima pakai untuk menilai kesan nisbah unjuran melintang. Pengesahsahihan dilakukan dengan membandingkan kuantiti cahaya dari pengukuran dan kuantiti cahaya dari simulasi pada tetapan yang paling menyamai tarikh, masa dan parameter asal bilik kuliah. Dalam menilai kesan nisbah alat teduhan melintang (*overhang ratio*) (OHR) terhadap kualiti pencahayaan, nisbah 0.0 (tiada unjuran), 0.6 (720 mm), 0.8 (960 mm), 1 (1200 mm), 1.4 (1680 mm) dan 1.6 (1920 mm) digunakan dalam kajian ini.

Kajian dijalankan pada 28 Julai 2018 hingga 1 Ogos 2018. Berdasarkan pemerhatian, terdapat pelbagai kondisi awan seperti awan pertengahan, awan cerah, awan mendung, dan hujan.

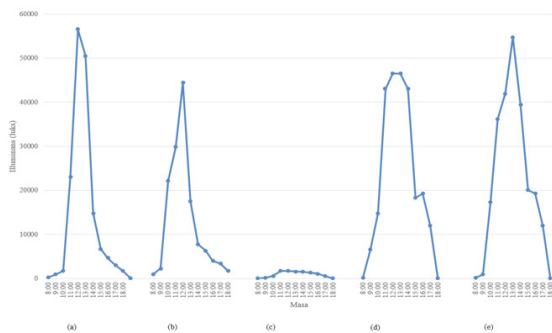
KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

DATA PENGUKURAN LAPANGAN

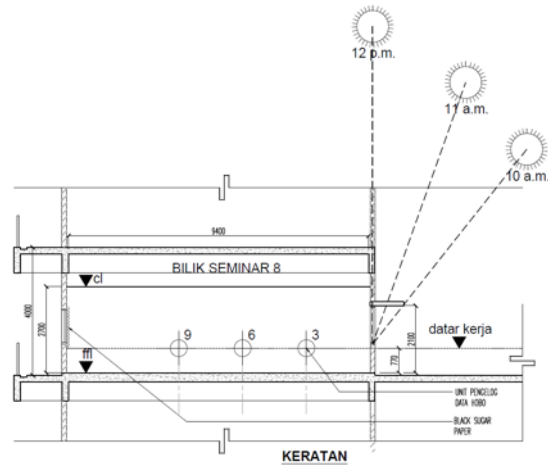
Rajah 4 dan 5 menunjukkan keputusan pengukuran lapangan pada pencahayaan dalaman dan luaran bilik kuliah sedia ada. Dari aspek pengukuran illuminans, dapatan cahaya pada julat 300-500 luks yang memenuhi piawaian adalah pada 2 m sahaja dari tingkap pada jam 0900-1000 dan 1400-1700. Selain itu, melalui analisis graf pada waktu puncak, didapati unjuran sedia ada (900 mm, OHR 0.75) menghalang kemasukan cahaya matahari selepas jam 1000 hingga 1200 seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6.



RAJAH 4. Pencahayaan dalaman bilik kuliah pada (a) 28, (b) 29, (c) 30, (d) 31Julai dan (e) 1 Ogos 2018



RAJAH 5. Pencahayaan luaran bilik kuliah pada (a) 28, (b) 29, (c) 30, (d) 31Julai dan (e) 1 Ogos 2018

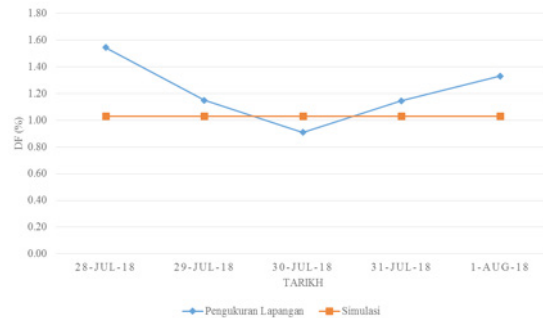


RAJAH 6. Unjuran memberi kesan kepada altitud matahari yang berbeza

Dari aspek faktor purata cahaya siang (aDF), aDF pada hari yang berbeza berada pada julat 1.12%. Mengikut MS1525, kadar DF adalah pada tahap 'boleh diterima' manakala menurut piawaian antarabangsa CIBSE (1999), DF untuk bilik kuliah adalah 2.5-5.

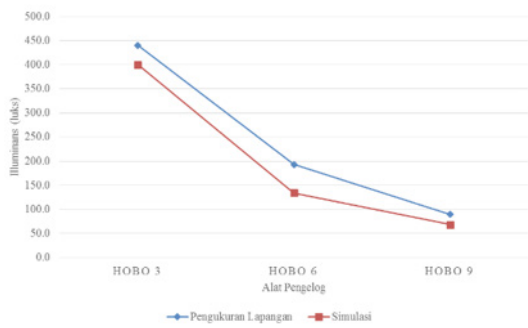
PERBANDINGAN PENGUKURAN LAPANGAN DAN SIMULASI

Keputusan pengukuran lapangan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan simulasi untuk mengesahkan data dari simulasi dapat diterima pakai bagi langkah seterusnya. Keputusan ditunjukkan dalam Rajah 7 dan 8.



RAJAH 7. Perbandingan purata faktor cahaya siang dari pengukuran lapangan dan simulasi. Kadar lencongan simulasi 8-10%

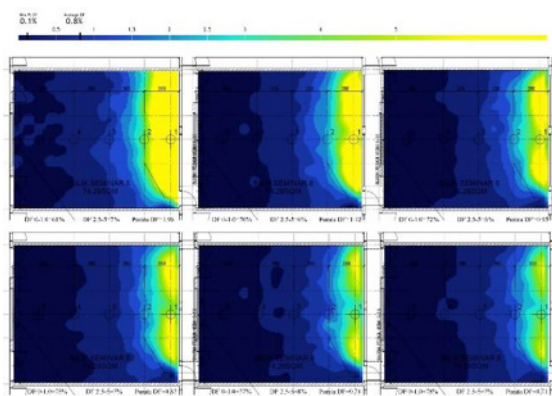
Hasil dari perbandingan menunjukkan data dari simulasi adalah hampir dengan pengukuran lapangan. Maka data dari simulasi untuk uji kaji seterusnya dapat diterima pakai dan dipercayai.



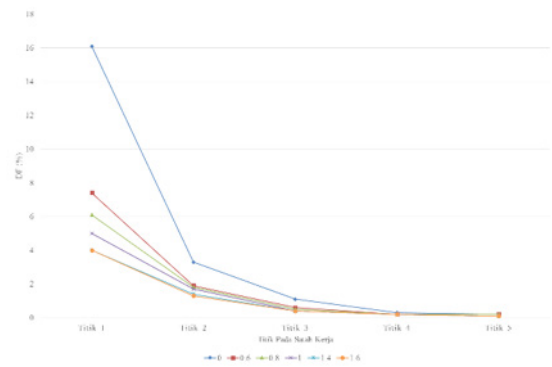
RAJAH 8. Perbandingan pencahayaan di antara pengukuran lapangan dan simulasi. Kolerasi Pearson adalah 0.99

KUALITI PENCAHAYAAN PADA VARIASI NISBAH ALAT TEDUHAN MELINTANG LUARAN

Keputusan simulasi nisbah alat teduhan melintang pada nisbah 0 0 (tiada unjuran), 0.6 (720 mm), 0.8 (960 mm), 1 (1200 mm), 1.4 (1680 mm) dan 1.6 (1920 mm) ditunjukkan dalam Rajah 9 dan 10.



RAJAH 9. Ilustrasi DF pada nisbah unjuran yang berbeza



RAJAH 10. Graf DF pada nisbah unjuran yang berbeza

Secara umum, Bacaan DF menurun secara pereputan eksponan (*exponential decay*) apabila nisbah unjuran meningkat.

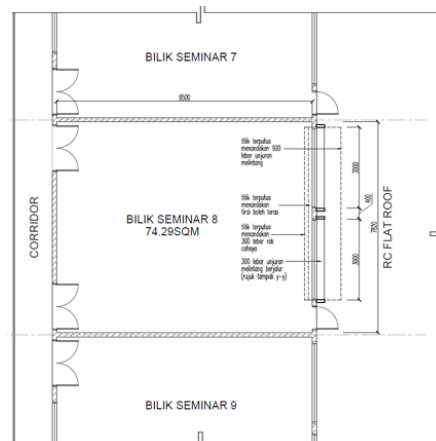
Bacaan aDF bagi kesemua nisbah unjuran adalah di bawah piawaian 1% mengikut MS1525:2007 kecuali pada nisbah alat unjuran adalah 0 dan 0.6 iaitu sebanyak 1.96% dan 1.12%. Walau bagaimanapun, penggunaan pada nisbah 0 dan 0.6, bacaan DF pada jarak 2 m dari tingkap adalah terlalu tinggi iaitu pada 7.4 dan 16 akan menyebabkan masalah keselesaan terma dan silauan di bilik kuliah. Selain itu, bagi setiap nisbah unjuran, takat pencahayaan mengikut piawaian adalah pada 2 m sahaja dari tingkap.

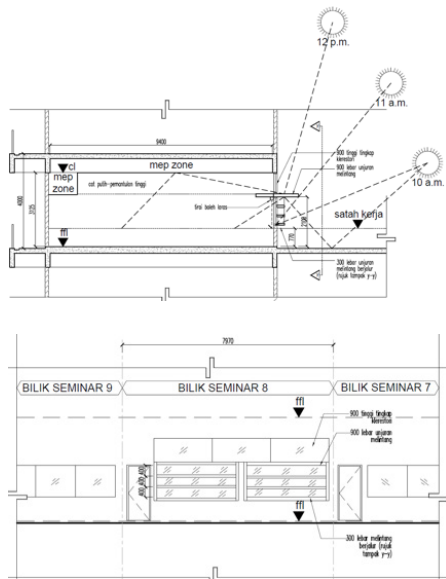
Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa pada setiap nisbah unjuran, ia tidak dapat memberi kualiti cahaya yang memuaskan di Bilik Seminar 8. Walaupun DF memenuhi piawaian pada nisbah 0 dan 0.6, ia menyebabkan masalah lain seperti keselesaan terma dan silauan.

CADANGAN VARIASI ALAT TEDUHAN MELINTANG DAN STRATEGI PENCAHAYAAN TAMBAHAN UNTUK MENINGKATKAN KUALITI PENCAHAYAAN SIANG DI BILIK KULIAH.

Melalui ujikaji bilik seminar dan variasi nisbah alat teduhan melintang luaran, dua masalah utama dapat dikenal pasti. Masalah pertama ialah sebaran cahaya yang tidak seragam dan tertumpu pada dekat sumber pencahayaan. Masalah yang kedua ialah takat di mana kualiti pencahayaan pada piawaian dapat sampai pada satah kerja (*working plane*). Oleh itu strategi yang digunakan ialah menyuramkan pencahayaan yang tertumpu pada satah yang hampir dengan sumber pencahayaan, dan menambah sumber pencahayaan pada aras yang lebih tinggi.

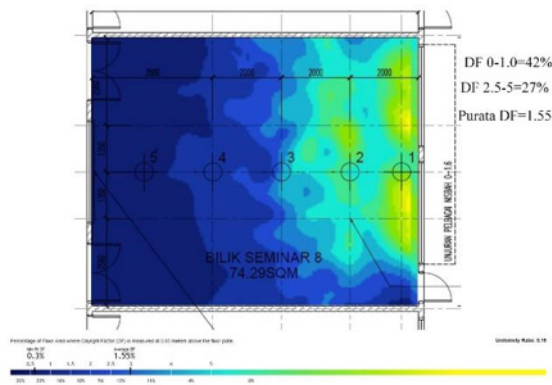
Maka cadangan reka bentuk peningkatan kualiti pencahayaan ditunjukkan dalam Rajah 11. Saiz unjuran kekisi (*louvers*) melintang yang digunakan adalah pada 300 mm lebar, unjuran melintang pada 900 mm lebar, tingkap klerestori pada 900 mm tinggi, rak cahaya pada 300 mm lebar, dan tirai boleh laras. Selain itu, ketinggian siling juga ditinggikan pada aras 3125 mm dari aras lantai. Siling juga disarankan menggunakan siling putih boleh pantul (*reflective*). Unjuran melintang pada 900 mm digunakan adalah kerana melalui uji kaji simulasi, nisbah unjuran melintang dapat dikurangkan sekiranya penggunaan unjuran melintang berjalan bersama unjuran melintang tanpa mengurangkan kualiti pencahayaan.



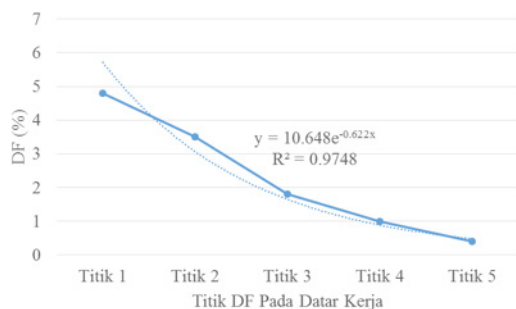


RAJAH 11. Pelan susun atur, keratan dan tampak hadapan bagi penambahbaikan Bilik Seminar 8

Hasil simulasi ditunjukkan dalam Rajah 12 dan 13. Melalui simulasi *Sefaira Architecture*, didapati, kualiti pencahayaan meningkat kepada DF 1.55 dan Nisbah Keseragaman (*Uniformity Ratio*) meningkat kepada 0.19. Selain itu cahaya pada satah berdekatan dengan tingkap juga dapat disuramkan dari DF 6 kepada 4.8. Melalui penggunaan tingkap klerestori, takat pencahayaan juga dapat meningkat kepada 4 m dari tingkap.



RAJAH 12. Pelan susun atur, keratan dan tampak hadapan bagi penambahbaikan Bilik Seminar 8



RAJAH 13. DF penambahbaikan Bilik Seminar 8

KESIMPULAN

Melalui kajian ini aspek pemilihan unjuran dapat ditentukan. Ini kerana dapat dipastikan penggunaan unjuran melintang memberi kesan yang sedikit dalam meningkatkan kualiti pencahayaan. Selain itu, penggunaan unjuran melintang pada talaan timur adalah tidak sesuai untuk bilik kuliah khususnya Bilik Seminar 8. Pada situasi penggunaan unjuran melintang tidak dapat dilakukan, penggunaan unjuran pada nisbah 0 dan 0.6 dapat memberikan DF pada kadar mengikut piawaian di Malaysia. Melalui cadangan penambahbaikan dapat diketahui bahawa penggunaan unjuran melintang kekisi adalah lebih efektif berbanding penggunaan unjuran melintang tunggal.

Selain itu, pada bangunan dengan pencahayaan satu arah yang menggunakan unjuran melintang pada talaan timur juga dapat menyesuaikan susun atur perabot mengikut keselesaan terma dan susunan suis lampu mengikut keperluan pencahayaan.

Selain itu juga, menerusi kajian ini, ia dapat membantu pereka dan arkitek menentukan kedalaman (*depth*) ruang, terutamanya bagi ruang yang memerlukan pencahayaan siang, seperti bangunan dengan koridor dwi-muatan (*double loaded corridor*) dan bertingkat tinggi yang mempunyai satu sumber pencahayaan. Pada ruang dengan kedalaman dan penggunaan alat teduhan yang sesuai, ianya dapat meningkatkan kualiti persekitaran bilik kuliah, kualiti visual, kualiti pembelajaran dan kelestarian alam sekitar umumnya.

PENGHARGAAN

Penulis ingin berterima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia atas pemberian dana GUP 2018 096.

RUJUKAN

CIBSE. 1999. Daylighting and window design. CIBSE, Publicaciones IDAE LG10_1999: 8–98.

Ghaffarianhoseini, A., Al Waer, H., Omrany, H., Ghaffarianhoseini, A., Alalouch, C., Clements-Croome, D., & Tookey, J. 2018. Sick building syndrome: Are we doing enough? *Architectural Science Review* 61(3), 99121. <https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1461060>

Hassanabadi, M.S., Banihashemi, S. & Javaheri, A.R. 2012. Analysis and comparison of impacts of design optimization approaches with occupant behavior on energy consumption reduction in residential buildings. *International Journal of Engineering and Technology* 4: 680–683.

Hyde, R. 2000. *Climate Responsive Design: A Study of Building in Moderate and Hot Humid Climate*. London: E & FN Spon.

Lechner, N. 2008. Heating, Cooling, Lighting; Sustainable Design Methods for Architects, Chapter 13, Daylighting, 13.3, The Nature of Daylight, pp 386

- Pauley, S.M. 2004. Lighting for the human circadian clock: Recent research indicates that lighting has become a public health issue. *Medical Hypotheses* 63: 588–596.
- Saidur, R. 2009. Energy consumption, energy savings, and emission analysis in Malaysian office buildings. *Energy Policy* 37(10): 4104–4113.
- Samioiu, A.I., Doulos, L.T. & Zerefos, S., 2022. Daylighting and artificial lighting criteria that promote performance and optical comfort in preschool classrooms. *Energy & Buildings* 258. 111819.
- Syaheeza, R.N., Husini, E.M., Arabi, F. Ismail, W.N.W. & Kandar, M.Z., 2018. Secondary school classrooms daylighting evaluation in Negeri Sembilan, Malaysia. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 401. 012024.
- Tabadkani, A., Banihashemi, S. & Hosseini, M.R. 2018. Daylighting and visual comfort of oriental sun responsive skins: A parametric analysis. *Building Thermal, Lighting, and Acoustics Modeling*. <https://doi.org/10.1007/s12273-018-0433-0>
- Tsikraa, P. & Andreou, E. 2017. Investigation of the energy saving potential in existing school buildings in Greece. The role of shading and daylight strategies in visual comfort and energy saving. *Procedia Environmental Sciences* 38: 204 – 211
- Zain-Ahmed, A., Sopian, K., Othman, M.Y.H., Sayigh, A.A.M. & Surendran, P.N. 2002. Daylighting as a passive solar design strategy in tropical buildings: A case study of Malaysia. *Energy Conversion and Management* 43(13): 1725–1736.