

PEMBAYANGAN MATAHARI DAN PERHITUNGAN PEMBUKAAN DINDING DENGAN SOFTWARE AMETHYST SHADOW-FX

Purwanto, L.M.F.^{1*}

1. Program studi Doktor Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang

*Correspondent Author: lmf_purwanto@unika.ac.id

Tanggal masuk naskah: 20-09-2022 • Tanggal review: 23 & 27-09-2022 • Tgl revisi: 01-10-2022 • Tgl review II: 08 & 11-10-2022 • Tgl siap terbit 15-10-2022

DOI: 10.24167/joda.v2i1.5546



Abstrak: Dalam desain bangunan di daerah tropis, pembayangan pada dinding diperlukan untuk menahan masuknya sinar matahari ke dalam bangunan. Pembayangan sangat diperlukan dengan menentukan panjang sun shading dan perletakan ketinggian jendela, sesuai dengan orientasi bangunan yang di desain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan desain bangunan terhadap upaya menahan masuknya sinar matahari ke dalam bangunan dengan simulasi software *Amethyst Shadow-FX*. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan *Ex Post Facto*, dimana variabel-variabel bebasnya diberi perlakuan (*treatment*) yaitu variasi bentuk dan ukuran pembukaan dinding dan arah orientasi bangunannya. Hasil dari penelitian ini adalah panduan dalam mendesain fasade bangunan di daerah tropis dan orientasi yang dapat menghasilkan kenyamanan termal di dalam bangunan karena peningkatan temperatur dapat dihindari

Kata Kunci: software *Amethyst Shadow-FX*, sun shading, orientasi bangunan, fasade bangunan

Abstract: *The buildings design in the tropics climate, shading on the walls is needed to prevent the entry of sunlight into the building. Shading is needed by determining the length of the sun shading and the placement of the height of the window, according to the orientation of the designed building. The purpose of this research is to determine the design of the building against the effort to block the entry of sunlight into the building with the simulation of Amethyst Shadow-FX software. The research method used is Ex Post Facto, where the independent variables are given treatment, namely variations in the shape and size of the wall opening and the orientation of the building. The results of this study are guidelines for designing building facades in the tropics and orientations that can produce thermal comfort in buildings because temperature increases can be avoided.*

Keywords: *Amethyst Shadow-FX software, sun shading, building orientation, building facade*

1. Pendahuluan

Desain bangunan tropis selalu memikirkan pada orientasi bangunan, upaya menahan masuknya sinar matahari ke dalam bangunan yang membawa serta panas matahari dan pembayangan pada fasade bangunan. Saat ini banyak bangunan yang memiliki *shading* yang minim, akibat penyesuaian dengan langgam desain yang dipilih. Fenomena ini tentu sangat memprihatinkan, karena akan merugikan terhadap kenyamanan termal di dalam bangunan [1]. Minimnya *shading* akan memasukkan sinar matahari yang membawa serta panas matahari, secara langsung ke dalam bangunan yang meningkatkan temperatur di dalam bangunan. Akibatnya banyak bangunan yang kurang menggunakan *shading* yang cukup (lihat gbr 1), maka peningkatan temperatur

akan meningkatkan konsumsi energi, jika menggunakan pengkondisian udara buatan (AC) [2].



Gambar 1. Rumah minim *shading* [3]



Permasalahan pada desain saat ini adalah pengabaian terhadap orientasi bangunan, pembayangan bangunan dan imbas kenyamanan termal di dalam bangunan. Pada penelitian ini dilakukan analisis terkait dengan upaya pembayangan fasade bangunan sesuai dengan orientasi dan ketinggian jendela, untuk menghasilkan penghalang masuknya sinar matahari ke dalam bangunan. Fenomena desain bangunan di daerah tropis adalah kelalaian dalam menyikapi masuknya sinar matahari ke dalam bangunan [1]. Padahal masuknya sinar matahari akan meningkatkan temperatur di dalam bangunan. Peningkatan temperatur ini akan berakibat pada tidak tercapainya kenyamanan termal dan peningkatan energi listrik untuk menurunkan temperatur tersebut. Trend desain bangunan saat ini adalah bangunan dengan menggunakan banyak kaca dan tidak memperhatikan lagi orientasi bangunan untuk menghindari sinar matahari masuk ke dalam bangunan [4]. Akibatnya pemborosan energi terjadi untuk mengejar kenyamanan termal dengan pengkondisian udara artificial (AC) [2]. Issue penerapan bangunan hijau dengan perhitungan-perhitungan termal sekarang akan ditetapkan sebagai kebijakan dalam membangun di seluruh kota di Indonesia. Saat ini kebijakan tersebut masih berada di kota besar seperti Jakarta, Bandung dan Semarang. Dari kondisi itu, kerisauan tentang desain bangunan tropis mulai dialami oleh para arsitek yang peduli terhadap lingkungan. Dengan penelitian ini akan mendukung kesadaran untuk mulai memperhitungkan fasade dan orientasi bangunan dengan memperhitungkan dan mensimulasikan dengan software Amethyst ShadowFX ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan bangunan terhadap upaya menahan masuknya sinar matahari ke dalam bangunan. Dengan demikian kenyamanan termal dan penghematan energi dapat direncanakan sejak awal desain bangunan.

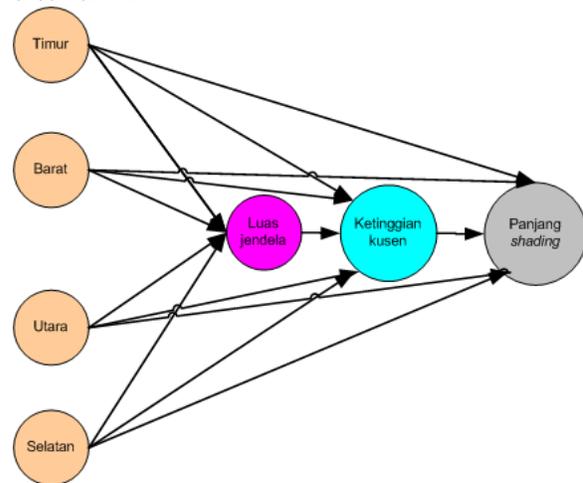
Urgensi dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kesadaran lingkungan dengan desain bangunan yang tanggap terhadap iklim, kenyamanan termal dan penghematan energi.

E. Pantazis, melakukan penelitian untuk beberapa pola fasade dengan menggunakan multi-agent system approach [5]. Pendekatan ini secara bertahap melakukan pemodelan fasade dan melakukan pengukuran efektifitas fasade dan pengaruhnya dalam bangunan. Penelitian tentang pola fasade dengan pendekatan algoritmik dan pengukuran pola tersebut terhadap pengaruhnya ke dalam bangunan juga telah dilakukan [6]. Eksplorasi yang dilakukan

untuk mengoptimalkan dan merasionalisasikan pengaruh bentuk atap dalam ruangan di dalamnya. Selanjutnya terkait dengan energi efisiensi melalui perencanaan fasade menghasilkan dampak yang sangat signifikan [7] namun pendekatan yang dilakukan dalam penelitian belum mengarah pada penggunaan software sebagai simulasi. Dan penelitian tentang pembayangan dianalisis untuk menghasilkan pola pembayangan yang didokumentasikan sebagai panduan dalam penentuan orientasi bangunan. Belum dikaitkan dengan upaya untuk menahan laju panas yang masuk bersama dengan sinar matahari yang dapat meningkatkan temperatur ruang dalam [8]. Dalam penelitian tentang fasade terkait desain sun shading, orientasi bangunan, pembayangan yang berpengaruh terkait kenyamanan bangunan belum pernah dilakukan, terutama dengan software Amethyst ShadowFX

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan menentukan desain bangunan yang akan di hitung. Selanjutnya arah hadap bangunan diuji coba dengan berbagai arah hadap, yaitu timur, barat, utara dan selatan. Besaran dari kusen, ketinggian kusen dan panjang shading menjadi variabel yang diperhitungkan juga. Variabel dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.

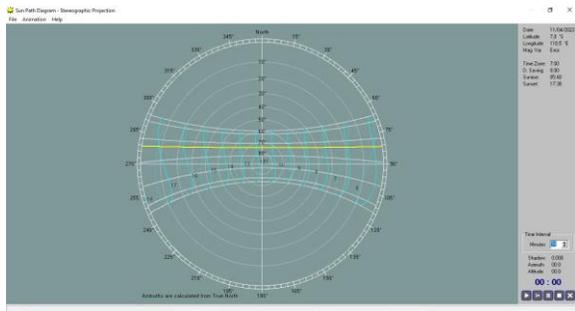


Gambar 2. Variabel dalam penelitian ini

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan *Ex Post Facto*, dimana variabel-variabel bebasnya diberi perlakuan (*treatment*) yaitu variasi bentuk dan ukuran pembukaan dinding dan arah orientasi bangunannya. Dalam penelitian ini menggunakan software Amethyst ShadowFX dengan lisensi berbayar dengan nomor SFX3274276.

3. Pembahasan Hasil

Lokasi penelitian adalah kota Semarang yang memiliki posisi di 6° 50' - 7° 10' Lintang Selatan dan garis 109° 35' - 110° 50' Bujur Timur. Dengan menggunakan software Amethyst Shadow-FX ditentukan solar chart sebagai dasar perhitungan seperti gambar 3 berikut ini Orientasi matahari memainkan peran penting dalam desain arsitektur. Solar chart diperlukan untuk memperhitungkan dan mengetahui cara menggambar dalam meningkatkan kualitas desain bangunan [9].



Gambar 3. Solar Chart kota Semarang

Untuk dapat menghitung pembayangan di sisi Selatan dan Utara maka waktu perhitungan di lakukan pada tanggal 21 Juni (tabel 1) untuk bangunan menghadap ke Utara, karena matahari di bulan ini berada condong ke arah Utara dan 21 Desember (tabel 2) untuk bangunan menghadap ke Selatan, karena matahari di bulan ini berada condong ke arah Selatan

Tabel 1: Waktu matahari terbit dan tenggelam Juni

Daily Sunrise/ Sunset Times & Azimuths

Month: June, 2021
 Latitude: 7.0 °S
 Longitude: 110.5 °E
 Time Zone: 7:00
 Magnetic Variation: Not calculated
 Daylight Saving: 0:00
 Azimuths are calculated from True North

Date (mm/dd/yyyy)	Local Civil Time			
	Sunrise (hh:mm)	Rise Azimuth (degs)	Sunset (hh:mm)	Set Azimuth (degs)
06/01/21	5:44	67.9	17:28	292.2
06/02/21	5:44	67.8	17:28	292.3
06/03/21	5:44	67.6	17:28	292.4
06/04/21	5:44	67.5	17:28	292.6
06/05/21	5:44	67.4	17:28	292.7
06/06/21	5:45	67.3	17:29	292.8
06/07/21	5:45	67.2	17:29	292.9
06/08/21	5:45	67.1	17:29	293.0
06/09/21	5:45	67.0	17:29	293.0
06/10/21	5:46	66.9	17:29	293.1
06/11/21	5:46	66.8	17:29	293.2
06/12/21	5:46	66.8	17:29	293.3
06/13/21	5:46	66.7	17:30	293.3
06/14/21	5:47	66.7	17:30	293.4
06/15/21	5:47	66.6	17:30	293.4
06/16/21	5:47	66.6	17:30	293.4
06/17/21	5:47	66.5	17:30	293.5
06/18/21	5:48	66.5	17:31	293.5
06/19/21	5:48	66.5	17:31	293.5
06/20/21	5:48	66.5	17:31	293.5
06/21/21	5:48	66.5	17:31	293.5
06/22/21	5:48	66.5	17:31	293.5
06/23/21	5:49	66.5	17:32	293.5
06/24/21	5:49	66.5	17:32	293.5
06/25/21	5:49	66.5	17:32	293.5
06/26/21	5:49	66.6	17:32	293.4
06/27/21	5:49	66.6	17:33	293.4
06/28/21	5:50	66.6	17:33	293.3
06/29/21	5:50	66.7	17:33	293.3
06/30/21	5:50	66.8	17:33	293.2
07/01/21	5:50	66.8	17:34	293.1

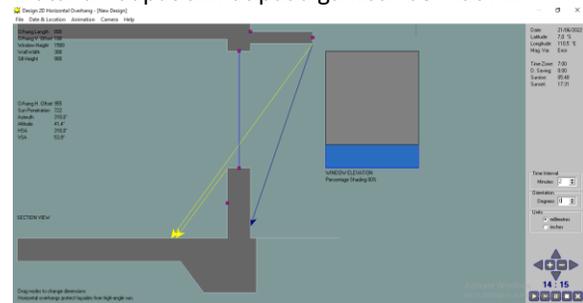
Tabel 2: Waktu matahari terbit dan tenggelam Desember

Daily Sunrise/ Sunset Times & Azimuths

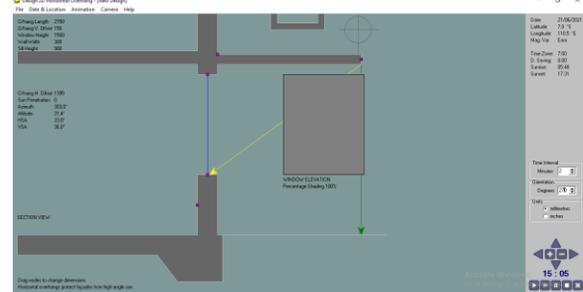
Month: December, 2021
 Latitude: 7,0 'S
 Longitude: 110,5 'E Time Zone: 7:00
 Magnetic Variation: Not calculated Daylight Saving: 0:00
 Azimuths are calculated from True North

Date (mm/dd/yy)	Sunrise (hh:mm)	Rise Azimuth (degs)	Sunset (hh:mm)	Set Azimuth
12/01/21	5:12	112,1	17:42	247,6
12/02/21	5:12	112,2	17:42	247,7
12/03/21	5:13	112,4	17:43	247,6
12/04/21	5:13	112,5	17:43	247,4
12/05/21	5:13	112,6	17:44	247,3
12/06/21	5:14	112,8	17:44	247,2
12/07/21	5:14	112,9	17:45	247,1
12/08/21	5:14	113,0	17:45	246,9
12/09/21	5:15	113,1	17:46	246,8
12/10/21	5:15	113,2	17:46	246,8
12/11/21	5:15	113,3	17:47	246,7
12/12/21	5:16	113,4	17:47	246,6
12/13/21	5:16	113,4	17:48	246,5
12/14/21	5:17	113,5	17:48	246,5
12/15/21	5:17	113,6	17:49	246,4
12/16/21	5:18	113,6	17:49	246,4
12/17/21	5:18	113,6	17:50	246,3
12/18/21	5:19	113,7	17:50	246,3
12/19/21	5:19	113,7	17:51	246,3
12/20/21	5:20	113,7	17:51	246,3
12/21/21	5:20	113,7	17:52	246,3
12/22/21	5:20	113,7	17:52	246,3
12/23/21	5:21	113,7	17:53	246,3
12/24/21	5:21	113,7	17:53	246,3
12/25/21	5:22	113,7	17:54	246,3
12/26/21	5:23	113,7	17:54	246,4
12/27/21	5:23	113,6	17:55	246,4
12/28/21	5:24	113,6	17:55	246,4
12/29/21	5:24	113,5	17:56	246,5
12/30/21	5:25	113,5	17:56	246,6
12/31/21	5:25	113,4	17:57	246,6

bangunan yang menghadap ke arah Utara dan didapat efektifitas panjang dan waktu masuknya sinar matahari ke dalam bangunan yang berbeda karena sudut kemiringan matahari yang berbeda pula. Pada bulan Juni, sinar matahari masuk melalui jendela mulai siang hari. Gambar simulasi masuknya sinar matahari dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Sinar matahari masuk mulai jam 14.15 dengan sun shading panjang 1.00 m



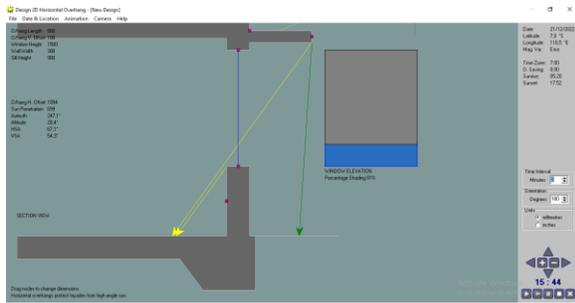
Sinar matahari masuk mulai jam 15.05 dengan sun shading panjang 2.00 m

Gambar 4. Masuknya sinar matahari pada bulan Juni

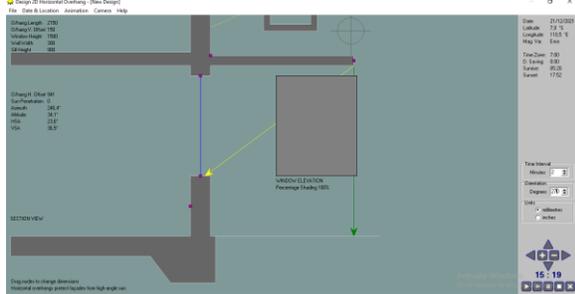
Pada bangunan di daerah tropis dengan posisi geografis seperti di Semarang, matahari akan condong ke Utara di bulan Juni dan condong ke selatan pada bulan Desember, dengan demikian perlu diketahui bahwa pada sisi bangunan di utara dan selatan tetap diperhitungkan adanya sun shading yang tidak terlalu panjang untuk mengantisipasi masuknya sinar matahari ke dalam bangunan. [10] Perhitungan cermat dalam pemilihan sun shading sangat diperlukan karena sun shading juga dapat berkontribusi untuk meningkatkan atau memperburuk kinerja termal dan pencahayaan bangunan dari sebuah sudut pandang penghematan energi [11]. Di sisi lain, perlu disadari bahwa kaitan antara faktor lingkungan luar bangunan sangat erat mempengaruhi kondisi termal di dalam ruangan dan sun shading dianggap sebagai cara yang efektif untuk menyesuaikan interaksi di antaranya lingkungan dalam dan luar ruangan [12].

Pada bangunan sebagai obyek penelitian, ditentukan tinggi ruang 3.00 m dan tinggi jendela beberapa varian panjang sun shading. Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran di bulan Juni, pada sisi

Pada bulan Desember matahari condong ke Selatan, maka dilakukan simulasi pada sisi bangunan sebelah Selatan dengan tinggi ruang 3.00 m dan tinggi jendela 1.50 m dengan beberapa varian panjang sun shading juga. Didapat hasil bahwa sinar matahari masuk setelah tengah hari dan waktu mulai masuk adalah pukul 15.44 dengan panjang sun shading 1.00 m. Hal ini terdapat selisih 59 menit dibandingkan sisi Utara pada bulan Juni, karena sudut kemiringan matahari yang berbeda antara Utara dan Selatan. Pada sun shading dengan panjang 2.00 m, terdapat selisih waktu antara bulan juni dan desember saat mulai masuk ke dalam bangunan sekitar 14 menit. Masuknya sinar matahari dari sisi Utara maupun selatan, tetap perlu diantisipasi, agar temperatur di dalam bangunan tidak meningkat yang berimbas pada peningkatan konsumsi energi saat penggunaan pengkondisian udara di dalam ruangan. Perencanaan shading untuk menghalangi masuknya sinar matahari perlu dilakukan dengan penambahan penghalang di depan bangunan.



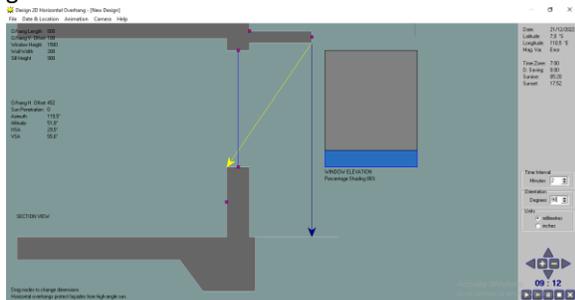
Sinar matahari masuk mulai jam 15.44 dengan sun shading panjang 1.00 m



Sinar matahari masuk mulai jam 15.19 dengan sun shading panjang 2.00 m

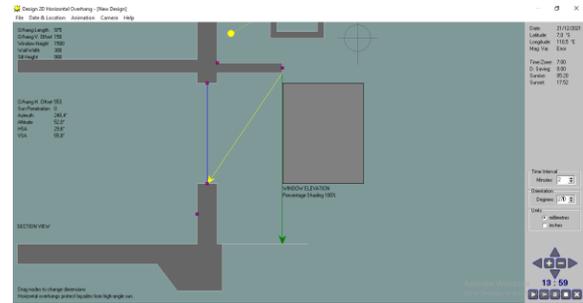
Gambar 5. Masuknya sinar matahari pada Bulan Desember

Sementara pada sisi Timur dan Barat perlu perlakuan yang berbeda. Pada sisi Timur, sun shading dengan panjang 1.00 m cukup untuk menghalangi masuknya sinar matahari sampai jam 09.12. seperti pada gambar di bawah ini.

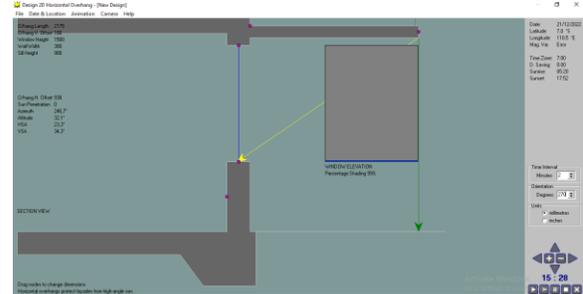


Gambar 6. Masuknya Sinar Matahari sisi Timur

Kesulitan yang selalu dihadapi di daerah tropis adalah sisi sebelah barat bangunan, karena matahari akan masuk ke dalam bangunan. Dari hasil simulasi di dapat, mulai pukul 13.59 matahari mulai masuk ke dalam bangunan dengan sun shading 1.00 m dan pada pukul 15.28 pada sun shading panjang 2.00 m matahari mulai masuk ke dalam bangunan.



Shading panjang 1.00 m



Shading panjang 2.00 m

Gambar 7. Sun shading pada sisi Barat

Besarnya perolehan panas matahari di daerah tropis sangat signifikan mempengaruhi kenyamanan termal di dalam bangunan, karena sinar matahari membawa panas matahari yang dapat meningkatkan temperatur dan mempengaruhi kenyamanan termal. Sun shading memainkan peran penting dalam melindungi bangunan dari radiasi matahari ke dalam bangunan. Hasil dari simulasi ini memperhitungkan sun shading yang ideal dalam menahan radiasi matahari melalui sistem jendela [13] Sun shading horizontal lebih banyak berguna untuk sisi selatan dan utara. Timur dan barat membutuhkan lebar overhang yang lebih panjang dan vertikal saat upaya menahan masuknya sinar matahari tidak efektif tercapai. Beberapa negara telah menetapkan standar untuk peneduhan dengan sun shading, walau bahan dan desain tidak dibatasi, namun setidaknya persyaratan terkait sun shading sudah menjadi pemikiran untuk penghematan energi dan kenyamanan termal yang dapat dicapai secara pasif [14].

Pada sisi sebelah barat, pembukaan lubang dinding dibatasi, sehingga masuknya sinar matahari dapat dikendalikan dan seminimal mungkin. Penghalang vertikal perlu direncanakan untuk menghalangi masuknya sinar matahari [15]. Kesulitan dihadapi jika bangunan menghadap ke arah barat sebagai tampak muka. Penghalang vertikal dan horizontal harus direncanakan secara cermat, jika fasade dengan kaca tidak dapat dihindari [16, 17].

Pada sisi barat memang tidak serta merta diselesaikan dengan sun shading vertikal, namun memperhatikan penghalang di depan bangunan. Jika bangunan di depan dapat dipergunakan sebagai penghalang, maka penghalang vertikal dapat direncanakan seminimal mungkin agar tidak mengganggu estetika tampak depan bangunan [18]. Penggunaan tanaman sebagai penghalang vertikal dapat juga dilakukan dengan memperhitungkan kerapatan tanaman itu sendiri [19].

Penggunaan software untuk memperhitungkan simulasi desain pembukaan dinding dan sun shading, dapat dilakukan dan membantu dalam merencanakan optimalisasi dalam peneduhan dan penghalang sinar matahari, sehingga bangunan dapat dengan tepat direncanakan, dalam kaitan dengan kinerja bangunan dan kenyamanan termal di dalam bangunan, yang berimplikasi pada penghematan energi, jika pengkondisian udara buatan harus digunakan [20].

4. Kesimpulan

Penggunaan software Amethyst Shadow-FX dapat membantu dengan mudah desain pembayangan fasade untuk melindungi bangunan dari cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan, yang dapat meningkatkan temperatur di dalam bangunan. Desain fasade ini dapat dengan mudah disimulasikan terhadap panjang sun shading di sisi Timur Barat, panjang parapet di sisi Utara-Selatan, tinggi kusen, yang menghalangi masuknya cahaya matahari secara akurat. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka perlu ditindaklanjuti dengan menggabungkan pengaruh penyinaran dan pembayangan matahari ke dinding luar bangunan dengan terjadinya transfer panas, yang akan mempengaruhi peningkatan temperatur bangunan dan kenyamanan thermal. Upaya untuk menyelesaikan pengaruh radiasi matahari yang menerpa dinding, harus diperhitungkan dalam tiga aspek, yaitu refleksi yang harus ditekan untuk meniadakan terjadinya panas di lingkungan sekitar dan mencegah peningkatan Urban Heat Island. Absorpsi pada dinding perlu diminimalisir agar menghindari terjadinya perambatan panas sehingga time lag temperatur dapat ditekan, sehingga panas tidak mempengaruhi ruang dalam di malam hari. Konduksi panas juga harus diminimalisir agar temperatur di dalam ruangan tidak naik. Dengan fenomena ini, maka perlu adanya penelitian lanjutan dengan menggabungkan antara penyinaran dan

pembayangan matahari dengan perhitungan perambatan panas di dinding luar bangunan.

Pustaka

- [1] M. Riley, A. Cotgrave, M. Farragher, 2017, *Building Design, Construction and Performance in Tropical Climates*, Routledge Publisher
- [2] B. Bensley, 2015, *Paradise by Design: Tropical Residences and Resorts by Bensley Design Studios*, Periplus Editions
- [3] Putri, R.H., 2013, 5 Rumah dengan Eksterior Hitam, <https://economy.okezone.com/read/2013/02/08/472/759068/5-rumah-dengan-eksterior-hitam>
- [4] R. Emmanuel Urban, 2016, *Climate Challenges in the Tropics: Rethinking Planning and Design Opportunities*, ICP Publisher
- [5] E. Pantazis, 2018, *A framework for generating and evaluating façade designs using a multi-agent system approach*, International Journal of Architectural Computing, 16(4):248-270
- [6] I. Caetano, 2018, *Algorithmic Patterns for Facade Design: Merging Design Exploration, Optimization and Rationalization*, Conference: FACADE TECTONICS 2018 World Congress
- [7] Ha P T H, *Energy efficiency façade design in high-rise apartment buildings using the calculation of solar heat transfer through windows with shading devices*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 143 (2018) 012055
- [8] M. Kadhim, Nabil & Kadhim, Nada., 2019. *Building Assessment Using Shadow Analysis For The Architectural Documentation*. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLII-2
- [9] Sari, L.H. & Rauzi, E.N., 2021, *An evaluation of shading device in tropics utilising the sun-path diagram*, ARTEKS : Jurnal Teknik Arsitektur, Volume 6 Issue 3
- [10] Bellia, L., et.al. 2014, *An overview on solar shading systems for buildings*, 6th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-14
- [11] Kusumawati, L., 2016, *Shading Device Design Based On Sun Position And Indoor Lighting Requirements*, Prosiding Seminar Kota Layak Huni/Livable Space
- [12] Wang. S., et.al., 2022, *A Parameterized Design Method for Building a Shading System Based on Climate Adaptability*, Atmosphere 2022, 13,

- [13] Maimagani, S.S., et.al. 2019, *The Effect of Shading Devices and Windows Design on Energy Consumption in Tropical Buildings, Nigeria*, Journal of Engineering Research and Application Vol. 9, Issue 12
- [14] Kim, S.H., et.al. 2017, *A Study on the Effectiveness of the Horizontal Shading Device Installation for Passive Control of Buildings in South Korea*, International Journal of Polymer Science, Volume 2017
- [15] A., & Bajpal, U., 2012, *Evaluation of Suitable Vertical and Horizontal Shadow Angles for Shading Devices of Mumbai India*, People's Journal of Science & Technology, Vol 2 (1)
- [16] Foltran, A., 2020, *Shading system in glass facades architecture*, Master's Thesis, KTH Royal Institute Of Technology School Of Architecture And The Built Environment , Sweden
- [17] Chen, X., 2016, *Design Study on Ventilation and Sun-shading System of the Ecological Reconstruction of Guangzhou South logistics complex Building*, International Forum on Energy, Environment and Sustainable Development (IFEESD 2016)
- [18] Yezioro, A., & Shaviv, E., 2020, *"Shading" Analyzing Mutual Shading Among Buildings*, Proceeding of International Building Performance Simulation Association
- [19] Aziz, D.M.A., 2014, *Effects of Tree Shading on Building's Energy Consumption*, Journal of Architectural Engineering Technology 3 (4)
- [20] Dalumo, D.B., & Lim, Y.W., 2021, *Comparative Study on Computer Simulation of Solar Shading Performance with Heliodon and Artificial Sky*, Journal of Daylighting 8 (2021)