Rekayasa *Shading Device* Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya untuk Mengurangi Penerimaan Radiasi Matahari

Prasetio Herjuno[1] dan Andika Citraningrum[2]

[1] Mahasiswa Program Studi Sarjana Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
[2] Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Email: praset29@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia terletak pada area garis khatulistiwa dengan iklim tropis sehingga Indonesia bisa mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Akibat dari posisinya tersebut, Indonesia menerima radiasi sinar matahari paling besar dari arah barat dan timur. Bangunan di Indoensia perlu perlindungan dari radiasi matahari dengan menggunakan *shading device* dengan bentuk dan ukuran yang sesuai. Pada objek penelitian, Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya, sisi terpanjangnya menghadap barat dan timur tanpa perlindungan *shading device* yang mencukupi untuk membayangi sisi tersebut. Metode pada penelitian ini menggunakan metode simulasi. Objek di simulasi dengan program Autodesk Ecotect Analysis 2012 untuk mengetahui penerimaan radiasi matahari pada kedua sisi tersebut dan juga dilakukan perhitungan dengan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) sebelum dan sesudah diberikan *shading device* yang direkomendasikan. Dengan rekomendasi *shading device* yang tepat, penerimaan radiasi matahari pada sisi barat dan timur bangunan dapat berkurang hingga 22,99% dari semula dan menurunkan nilai OTTV menjadi sesuai standar SNI yaitu 35 Watt/m^2, dari 37,02 Watt/m^2 menjadi 25,31 Watt/m^2.

Kata kunci: Penerimaan radiasi matahari, *shading device*, Ecotect Analysis, OTTV

ABSTRACT

Indonesia is located on the equator with tropical climate so Indonesia can get sun rays throughout the year. Because of the location, Indonesia receives a lot of solar radiation from the west and east. The buildings in Indonesia need to protect its façade from solar radiation with the right shape and size of shading device. In this object of study, Faculty of Agricultural Technology Brawijaya University building, the longest side is facing the west and east while not providing enough shading device to shade itself. The method used in this study is simulation method. The object is simulated with Autodesk Ecotect Analysis 2012 to see the solar irradiance gain on its both sides and calculate its OTTV (Overall Thermal Transfer Value) before and after being given the recommended shading device. With the right shading device recommendation, the solar irradiance gain on the west and east side of the building can be reduced up to 22,99% from its origin and lowered the OTTV to be in accordance with the SNI standard of 35 Watt/m^2, from 37,02 Watt/m^2 to 25,31 Watt/m^2.

Keywords: Solar irradiance gain, shading device, Ecotect Analysis, OTTV

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada pada area yang dilewati garis khatulistiwa. Terletak antara 6° LU dan 11° LS membuat Indonesia masuk ke dalam area beriklim tropis. Pada tanggal-tanggal tertentu dikarenakannya evolusi bumi terhadap matahari dan miringnya poros bumi, posisi datangnya matahari sinar matahari dapat berubah-ubah. Pada tanggal 21 Maret sampai 22 September, sinar matahari cenderung menyinari dari arah Utara dimana pada puncaknya terjadi pada anggal 21 Juni. Sedangkan pada tanggal 23 September sampai 20 Maret, sinar matahari cenderung menyinari dari arah Selatan dengan puncaknya tanggal 22 Desember. Perpindahan arah datangnya sinar matahari ini dapat mempengaruhi desain bangunan. Desain yang sebaiknya digunakan pada area tropis adalah mengorientasikan sisi terpanjangnya menghadap utara dan selatan, agar setiap 6 bulan sekali sisi terluas tersebut terbayangi dan tidak menerima radiasi panas dari sinar matahari langsung.

Pada kenyataanya, tidak semua bangunan dapat mengikuti desain tersebut, seperti Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Sisi terpanjang bangunan tersebut menghadap ke arah timur dan barat, sehingga bangunan menerima radiasi panas matahari yang besar. Masuknya panas ini memang tidak akan mempengaruhi kenyamanan termal pengguna di dalam bangunan karena penggunaan sistem penghawaan buatan berupa *Air Conditioner* (AC), tetapi panas yang masuk tentu akan mempengaruhi beban pendinginan. Semakin besar panas yang masuk maka semakin besar juga kerja AC untuk mempertahankan suhu yang diatur oleh pengguna ruangan sehingga daya yang digunakan AC akan lebih besar juga.

Salah satu cara untuk mengurangi daya yang digunakan oleh AC tersebut adalah mengurangi panas yang masuk ke dalam ruangan. Cara untuk mengurangi panas yang masuk ini dapat menggunakan *shading device* pada sisi dinding bangunan. Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya sudah memiliki *shading device* di sisi dinding bangunannya. Akan tetapi dimensi *shading device* yang ada kurang dapat membayangi jendela dengan baik sehingga sinar matahari langsung masih bisa masuk melalui jendela.

2. Metode

Objek yang diteliti adalah Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya yang berada di Kota Malang, Jawa Timur. Bangunan berupa bangunan pendidikan setinggi 8 lantai terletak tepat di seberang Lapangan Rektorat dan Bundaran Universitas Brawijaya. Orientasi sisi terpanjang bangunan menghadap timur dan barat dengan perbandingan panjang dan lebarnya adalah 3:1. Bangunan yang mempunyai luas 218.888 m^2 ini memiliki ruang-ruang kuliah dan laboratorium khusus untuk Fakultas Teknik Pertanian. Di dalamnya juga terdapat ruang administrasi dan fasilitas-fasilitas pelengkap seperti kantin dan musholla.

Penelitian dilakukan dengan melakukan pembuatan model secara digital menggunakan program Autodesk Ecotect Analysis 2012 untuk kemudian dilakukan simulasi untuk mengetahui besar radiasi matahari yang diterima di semua sisi dinding luar gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya. Data yang didapat dari hasil simulasi dipadukan dengan data hasil perhitungan OTTV. Jika hasil perhitungan OTTV didapatkan bangunan tidak memenuhi standar SNI, maka dilakukan perhitungan kebutuhan besaran *shading device* yang diperlukan. Besaran *shading device* yang akan direkomendasikan dihitung menggunakan rumus trigonometri. Setelah mendapat

besaran *shading device* yang diperlukan pada setiap sisi dinding, dilakukan simulasi kembali untuk mengetahui perbedaan penerimaan radiasi matahari pada sisi dinding bangunan sebelum dan sesudah diberikan rekomendasi.

2.1. Radiasi Matahari

Pada SNI 03-6389-2000 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung, besar radiasi matahari pada bidang vertikal di Indonesia mulai dari yang terbesar ke terkecil yaitu dari orientasi Barat, Barat Laut, Barat Daya, Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, dan Selatan. Satuan yang digunakan untuk penerimaan energi radiasi matahari adalah watt per meter persegi (W/m^2). Batas perolehan panas pada dinding dan atap suatu bangunan adalah 35 Watt/m2.

2.2. Perpindahan Panas

Perpindahan panas (kalor) terjadi dikarenakan adanya perbedaan suhu antara dua benda dimana panas dialirkan dari benda yang lebih panas ke benda yang lebih dingin (Darmawan, 2007). Terdapat 3 jenis perpindahan kalor yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Soegijanto (1998) menjelaskan bahwa pada bangunan ketiga jenis perpindahan tersebut terjadi setiap saat dengan bangunan akan menerima panas dan melepas panas ke lingkungan sekitar. Perpindahan secara konduksi terjadi pada atap dan dinding bangunan, perpindahan secara konveksi terjadi melalui ventilasi udara bangunan dan radiasi melalui permukaan dinding bangunan lingkungan sekitar dan radiasi matahari langsung dan refleksinya.

2.3. OTTV (Overall Thermal Transfer Value)

Pada SNI 6389-2011 dijelaskan bahwa OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) adalah suatu besaran nilai perpindahan termal pada seluruh dinding bangunan. Cara perhitungan yang dilakukan yaitu dengan menghitung besaran perpindahan termal pada dinding orientasi tertentu yang kemudian dilakukan perhitungan kembali untuk mendapatkan nilai OTTV total dari seluruh bidang dinding bangunan.

$$OTTV_i = (\alpha.[Uw \times (1 - WWR)] \times TD_{Ek}) + (SC \times WWR \times SF) + (Uf \times WWR \times \Delta T)$$

Dengan:

OTTVi = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m2).
α = absorbtansi radiasi matahari.
Uw = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (Watt/m2.K).
WWR = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.
TDEk = beda temperatur ekuivalen (K).
SC = koeffisien peneduh dari sistem fenestrasi.
SF = faktor radiasi matahari (W/m2).
Uf = transmitansi termal fenestrasi (W/m2.K).
ΔT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5K).

$$OTTV = \frac{(A_{01} \times OTTV_1) + (A_{02} \times OTTV_2) + \ldots\ldots\ldots\ldots + (A_{0i} \times OTTV_i)}{A_{01} + A_{02} + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_{0i}}$$

Dengan :

A_{0i} = luas dinding pada bagian luar i (m2). Luas ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.

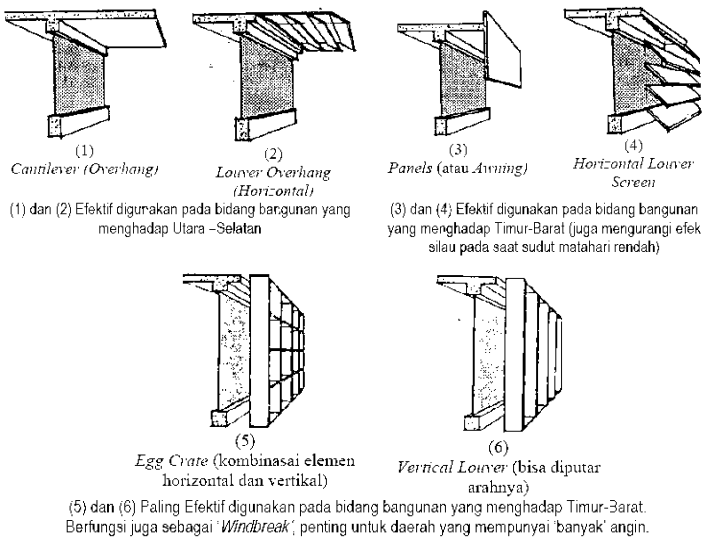
OTTVi = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i sebagai hasil perhitungan persamaan

2.4. Shading Device

Shading device merupakan alat yang paling effisien untuk menangkal panas sinar matahari langsung masuk ke dalam bangunan melalui jendela (Yeang, 2008). *Shading device* juga dapat digunakan sebagai alat untuk melindungi bangunan dari radiasi sinar matahari (Talarosha, 2005). *Shading device* (Syam, 2013 dalam Ariatsyah, 2016) terbagi dalam 2 jenis, yaitu :

- Tipe vertikal
  Merupakan *shading device* yang memberikan naungan dengan bentuk berdiri (vertikal). Jenis *shading device* ini efektif untuk membayangi bangunan dari sinar matahari yang datang dari arah bersudut.
- Tipe horizontal
  Merupakan *shading device* yang memberikan naungan dalam bentuk horizontal. *Shading device* ini mampu melindungi bangunan dari sinar matahari yang datang dari sudut yang tegak.

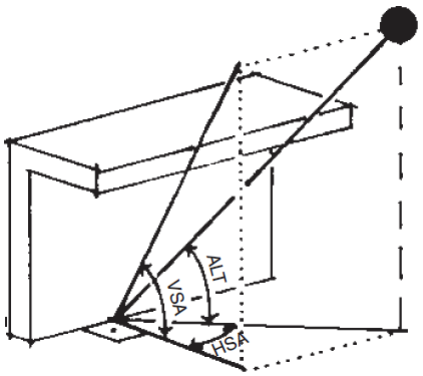
Selain itu, *shading device* dapat juga dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam seperti *overhangs*, *louvres*, *panels*, dan *egg crate* (Gambar 1).



Gambar 1. Jenis *shading device*
Sumber: Egan, 1975 dalam Talarosha, 2005

Yeang (2008) menjelaskan bahwa sisi Timur bangunan memerlukan *shading device* agar terlindungi dari sinar matahari pagi yang terik. Perlindungan dari sinar

matahari utamanya memanfaatkan *shading device* tipe horizontal. Perhitungan kebutuhan *shading* device pada bangunan sebaiknya dilakukan secara terpisah pada setiap fasadnya dikarenakan pengaruh sudut datangnya radiasi matahari pada setiap fasad bangunan yang berbeda (Lippsmeier, 1980).



Gambar 2. VSA dan HSA
Sumber: Szokolay, 2004

Untuk mendapatkan besaran panjang *shading device* yang diperlukan digunakan rumus trigonometri.

$$X_{di} = \cot\theta° \times Y_{di}$$

Dengan :
X_{di} = Panjang *shading device* pada dinding i
θ = Sudut bayang vertikal
Y_{di} = Tinggi jendela pada dinding i

2.5. Secondary Skin

Secondary skin atau yang disebut juga *double skin facade* merupakan sebuah lapisan tambahan pada fasad bangunan yang tidak menempel langsung dengan tembok bangunan. Lapisan ini dapat difungsikan sebagai pembayang dan juga penghalau panas (Rahayu, 2015, Secondary Skin Perisai Penahan Panas, http://rumahwaskita.com/artikel/secondary-skin-perisai-penahan-panas/, diaskses tanggal 21 Mei 2018) sehingga radiasi sinar matahari tidak langsung mengenai fasad bangunan. Ruang diantara *secondary skin* dan fasad bangunan juga dapat berfungsi sebagai insulasi bangunan (Dewi et al. 2013).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Eksisting Bangunan

Objek studi Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya berada di bagian timur area kampus Universitas Brawijaya. Objek studi memiliki tinggi 8 lantai dengan area atap sebagai area servis. Gedung ini difungsikan sebagai ruang kuliah bagi mahasiswa Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya pada lantai 3 sampai lantai 5 serta ruang dosen dan kantor dekanat Fakultas Teknik Pertanian pada lantai 6 sampai lantai 8. Objek studi diapit oleh dua massa gedung Fakultas Teknik Pertanian lainnya yang memiliki tinggi 2 lantai.

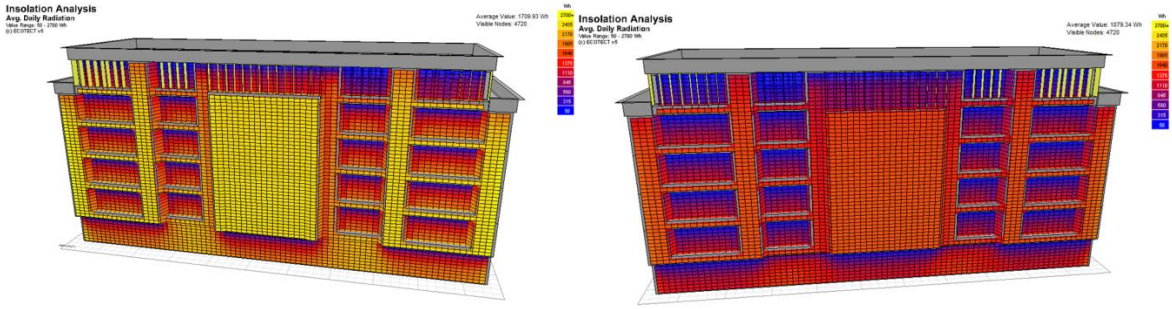
Hampir seluruh fasad Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya tidak memiliki shading device yang melindungi jendelanya. Bahkan pada sisi barat terdapat permukaan kaca yang besar tetapi tidak memiliki perlindungan shading device sama sekali. Shading device hanya terdapat pada fasad lantai 8 yang berupa sirip vertikal yang terletak di sisi setiap jendela yang menghadap barat dan timur. Selain itu juga terdapat overhang dari atap sehingga mendapatkan perlindungan tambahan. Walaupun sebagian besar fasad bangunan tidak memiliki shading device, tetapi sebagian besar jendela, terutama yang menghadap barat dan timur, berada di dinding yang menjorok masuk sehingga fasad bangunan dapat melakukan *self-shading*. Meski begitu, masuknya dinidng tersebut tidak terlalu besar dan posisi jendela yang rendah sehingga masih ada bagian dinding dan jendela yang terkena sinar matahari langsung.

Gambar 3. Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya
Sumber: www.pictame.com dan prasetya.ub.ac.id

3.2. Simulasi Eksisting

Simulasi dilakukan menggunakan program Autodesk Ecotect 2012. Program ini dapat melakukan perhitungan penerimaan radiasi matahari pada suatu fasad bangunan. Pada penelitian ini, akan dilakukan simulasi rata-rata penerimaan radiasi matahari per harinya pada fasad bangunan. Sebelum dilakukannya simulasi, pertama dibuatkan terlebih dahulu model eksisting objek studi pada program Autodesk Ecotect 2012. Model yang dibuat berupa fasad lantai 3 sampai lantai 8 Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya. Sisi barat dan timur diutamakan dalam penelitian ini karena pada area barat dan timur objek studi terdapat ruang kelas dan kantor, sementara pada sisi utara dan selatan hanya digunakan untuk tangga darurat dan area servis. Waktu yang digunakan untuk mengetahui besar rata-rata harian penerimaan radiasi matahari pada fasad bangunan dimulai dari jam 06.00 pagi sampai jam 18.00 sore dengan hari yang diambil adalah setiap hari dalam satu tahun. Simulasi dilakukan secara satu-persatu pada sisi timur dan barat.

Dari hasil simulasi dapat dilihat sisi barat menerima radiasi matahari yang lebih besar dengan rata-rata penerimaan panas per harinya sebesar 1709,93 Wh dibandingkan dengan sisi timur yang menerima rata-rata sebesar 1079,34 Wh. Hal ini dikarenakan besar radiasi matahari pada siang dan sore hari jauh lebih besar dari radiasi matahari disaat pagi hari.

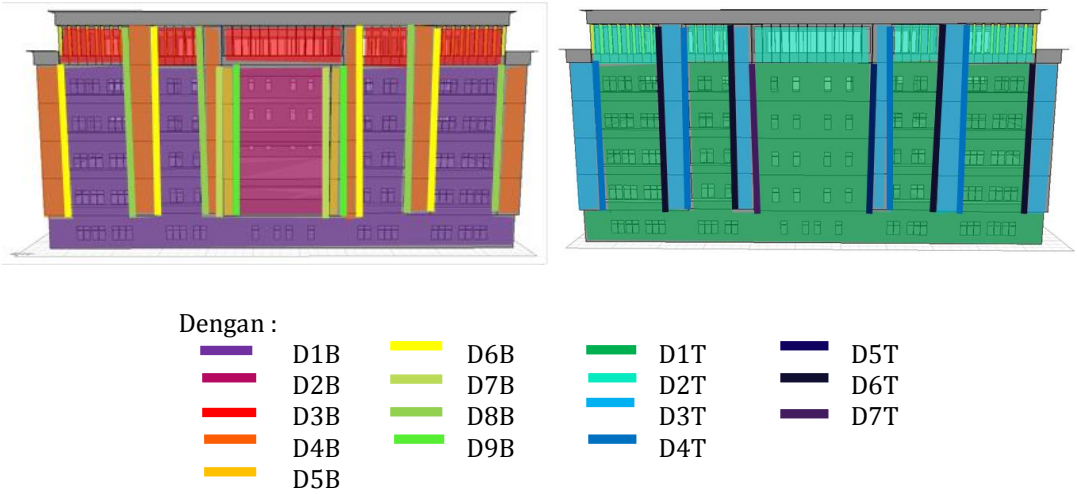


Gambar 4. Hasil simulasi pada fasad barat (kiri) dan fasad timur (kanan)

3.3. Perhitungan OTTV Eksisting

3.3.1. Pembagian Dinding

Perhitungan OTTV akan dibagi menjadi 16 bagian dinding berdasarkan orientasi dinding, warna cat dinding dan juga keadaan *shading device* eksistingnya.



Gambar 5. Pembagian dinding fasad barat (kiri) dan timur (kanan) untuk perhitungan OTTV

3.3.2. Hasil Perhitungan OTTV Eksisting

Tabel 1. Perhitungan Total OTTV Eksisting

Dinding	OTTV	A (m²)	OTTV X A
D1B	53,31	600,8	32.028,38
D2B	134,764	160	21.562,19
D3B	106,53	149.6	15.937,15
D4B	11,026	252.8	2.787,36
D5B	3,938	41.6	163,81
D6B	11,026	92	1.014,39
D7B	3,938	22.4	88,21
D8B	11,026	92	1.014,39
D9B	3,938	22.4	88,21
D1T	25,597	802.4	20.538,93
D2T	57,39	149.6	8585,78
D3T	11,026	252.8	2.787,36
D4T	11,026	88	970,28
D5T	3,938	9.6	37,80
D6T	11,026	88	970,28
D7T	3,938	9.6	37,80
Total		2.833,6	104913,69
OTTV Total			**37.02**

Perhitungan OTTV dilakukan dengan menghitung nilai OTTV tiap dinding sesuai pembagian sebelumnya dan dilanjutkan perhitungan OTTV total. Tabel 1 menunjukkan bahwa Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya masih melebihi standar nasional, yaitu 35 Watt/m^2. Dengan begitu bangunan ini harus menurunkan besar nilai OTTV. Salah satu caranya adalah dengan meningkatkan nilai SC dengan memberikan *shading device* yang lebih memadai pada D1B, D2B, D3B, D1T dan D2T.

3.4. Rekomendasi Shading Device

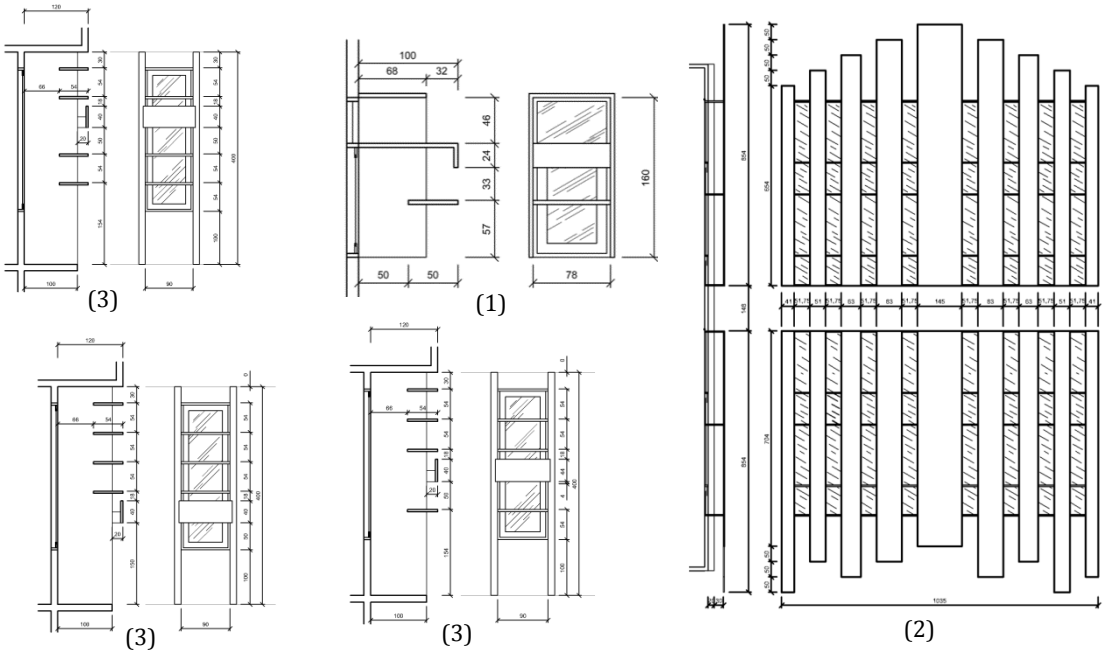
3.4.1. Ukuran Rekomendasi Shading Device

Untuk mendapatkan besar *shading device* yang sesuai, dilakukan pencarian besar sudut bayangan vertikal (SBV). Untuk penelitian ini waktu yang diambil dari bulan yang memilliki intensitas tertinggi, yaitu pada bulan Spetember dan Oktober. Diantara kedua bulan tersebut, dicari tanggal yang memiliki nilai SBV tertinggi pada pukul 15.00 sore. Didapatkan bahwa pada tanggal 23 September memiliki nilai SBV yang paling kecil pada jam 15.00 sore dengan besar SBV 34.27°.

Tabel 2. Besar *Shading Device* Rekomendasi

Dinding	θ°	cot θ°	Y_d (m)	X_d (m)
D1B	34,27	1,468	1,6	2,35
D2B	34,27	1,468	6	8,81
D3B	34,27	1,468	2,7	3,96
D1T	34,27	1,468	1,6	2,35
D2T	34,27	1,468	2,7	3,96

3.4.2. Hasil Rekomendasi Shading Device

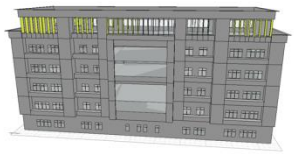
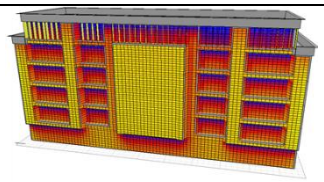
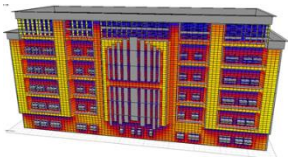
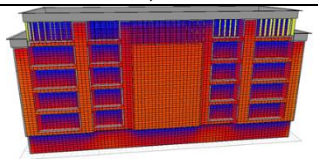
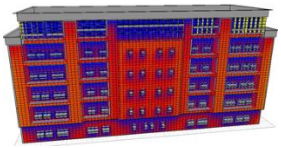


Gambar 6. Desain *shading device* rekomendasi pada Dinding D1B dan D1T (1), Dinding D2B (2), dan Dindng D3B dan D2T (3)

Dari hasil yang didapat, ditentukan desain *shading device* yang dapat mengurangi penerimaan panas radiasi matahari dan mampu membayangi bukaan jendea dengan baik pada fasad yang meghadap barat dan timur. Selain itu juga desain memperhitungkan estetika dari bentuk fasad bangunan di sekitar objek penelitian dan besar bukaan yang tak terhalangi oleh *shading device*. Didapatkan rekomendasi *shading device* yang akan diimplementasikan ke fasad bangunan.

3.5. Perbandingan Hasil Simulasi

Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting dengan Rekomendasi

		Eksisting	Rekomendasi
Fasad	Barat		
	Timur		
Hasil Simulasi	Barat	 1709,93 Wh	 1232,9 Wh
	Timur	 1079,34 Wh	 841,95 Wh

Nilai rata-rata per harinya pada setiap fasad turun setelah diberikan *shading device* rekomendasi. Fasad barat dari semula 1709,93 Wh turun 27,3% menjadi 1232,90 Wh dan fasad timur dari semula 1079,34 Wh turun 22,99% menjadi 841,95 Wh

3.6. Perbandingan Hasil Perhitungan OTTV

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan OTTV pada desain rekomendasi objek penelitian. Dapat dilihat bahwa nilai OTTV Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya turun dari 37,02 Watt/m^2 menjadi 25,31 Watt/m^2, turun sebesar 31,63%, setelah diberikan rekomendasi desain *shading device*.

Tabel 4 Perhitungan Total OTTV Hasil Rekomendasi

Dinding	OTTV	A (m^2)	OTTV X A
D1B	30,55	600,8	18.355,51
D2B	62,61	160	10.017,96
D3B	86,43	149.6	12.929,56
D4B	11,026	252.8	2.787,36
D5B	3,938	41.6	163,81

D6B	11,026	92	1.014,39
D7B	3,938	22.4	88,21
D8B	11,026	92	1.014,39
D9B	3,938	22.4	88,21
D1T	16,47	802.4	13.212,17
D2T	48,34	149.6	7.231,97
D3T	11,026	252.8	2.787,36
D4T	11,026	88	970,28
D5T	3,938	9.6	37,80
D6T	11,026	88	970,28
D7T	3,938	9.6	37,80
Total		2.833,6	71.707,06
OTTV Total			**25,31**

4. Kesimpulan

- Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya memiliki nilai OTTV 37,02 Watt/m^2 dan masih belum memenuhi standar maksimal 35 Watt/m^2.
- Rekomendasi *shading device* dengan panjang 2,35 m, 8,81 m, dan 3,96 m dapat menurunkan nilai penerimaan radiasi matahari rata-rata per hari Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya dimana pada fasad barat turun 27,3% dari 1709,93 Wh menjadi 1232,9 Wh dan pada fasad timur turun 22,99% dari 1079,34 Wh menjadi 841,95 Wh.
- Rekomendasi *shading device* dapat menurunkan nilai OTTV Gedung Fakultas Teknik Universitas Brawijaya menjadi 25,31 Watt/m^2 turun 31,63% dari semula.

Daftar Pustaka

Ariatsyah, Ardian. 2016. *Optimasi Desain Shading Horizontal Bangunan Kantor Terhadap Kenyamanan Visual Penerangan Alami*. Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala: Banda Aceh

Darmawan, AMS, Heinz Frick dan Antonius Ardiyanto. 2007. *Ilmu Fisika Bangunan*. Kanisius (Anggota IKAPI): Yogyakarta.

Dewi, Cynthia Permata, Rong-Yau Huang dan Agung Murti Nugroho. 2013. Strategi Double Skin Fasade pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi Pendinginan. *RUAS*. 11(2): 51-59.

Lippsmeier, Georg. 1980. *Bangunan Tropis*. Edisi kedua. (diterjemahkan oleh: Syahmir, Nasution) Erlangga: Jakarta.

Rahayu, Agus. 2015. *Secondary Skin Perisai Penahan Panas*. http://rumahwaskita.com/artikel/ secondary-skin-perisai-penahan-panas/ (diaskses 21 Mei 2018)

Soegijanto. 1998. *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan.* Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Talarosha, Basaria. 2005. *Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan*. USUPress: Medan.

Yeang, Ken. 2008. *Ecodesign: A Manual for Ecological Design*. John Willey & Sons: New Jersey.