

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Umum

Metode dalam proses kajian pengaruh *shading devices* terhadap penerimaan radiasi panas matahari (*incident solar radiation*) pada fasad Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya muncul dengan adanya gagasan untuk memberikan rekomendasi desain *shading device* pada gedung tersebut, agar dapat meminimalisir radiasi panas yang diterima permukaan bangunan. Pada beberapa *mid-rise building* di lingkungan Universitas Brawijaya, sisi terlebar bangunan menghadap ke arah timur dan barat. Hal tersebut menyebabkan panas yang diterima bangunan menjadi lebih besar, sehingga meningkatkan beban pendinginan bangunan.

Untuk meminimalisir beban pendinginan bangunan tersebut, maka diperlukan rekomendasi desain fasad yang dapat mengurangi radiasi matahari pada permukaan bangunan. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif, metode analisis kuantitatif, dan simulasi. Metode deskriptif merupakan metode penelitian dengan prosedur pemecahan masalah yang diselidiki dengan menggambarkan keadaan objek penelitian berdasarkan fakta-fakta yang ada. Metode deskriptif digunakan untuk mengidentifikasi *mid-rise building* di lingkungan Universitas Brawijaya dan untuk menentukan sampel objek penelitian.

Metode analisis kuantitatif digunakan untuk menghitung ukuran *overhang* horizontal dengan menggunakan rumus sesuai dengan teori terkait. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software Autodesk Ecotect Analysis 2011* untuk menganalisis *incident solar radiation* pada permukaan fasad bangunan, baik eksisting maupun alternatif. Kontur *incident solar radiation* berguna untuk menentukan area mana pada fasad yang menerima radiasi matahari secara berlebih dan tingkat keberhasilan fasad alternatif.

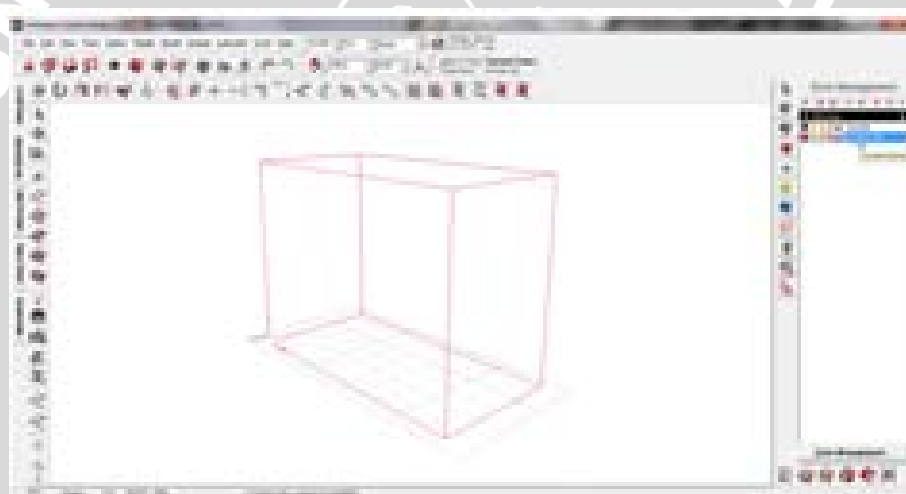
3.1.1 Metode Analisis Solar Radiasi pada Autodesk Ecotect Analysis 2011

Pada penelitian ini, sistem analisis yang akan digunakan adalah penghitungan besar radiasi matahari pada bangunan. Analisis yang akan dilakukan pada *Ecotect* adalah analisis penerimaan radiasi matahari (*incident*

solar radiation) pada permukaan bangunan. Radiasi matahari dihitung berdasar waktu per jam dan data radiasi langsung dari data cuaca. Penghitungan pembayangan hanya membutuhkan geometri bangunan dan lingkungan sekitar. Sebelum melakukan penghitungan, perlu dilakukan pengaturan posisi lintang dan bujur serta data cuaca agar sesuai dengan kondisi lokasi eksisting bangunan.

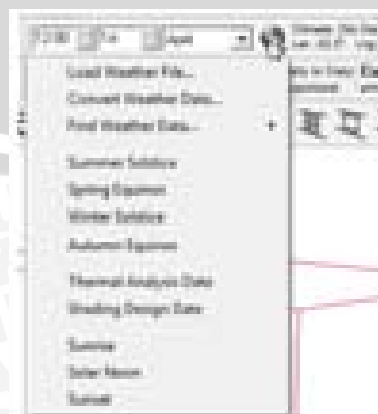
Berdasarkan panduan menganalisis radiasi matahari pada bangunan yang terdapat dalam *tools Help Autodesk Ecotect Analysis 2011*, maka tahap analisis *incident solar radiation* adalah sebagai berikut:

1. Objek bangunan yang akan disimulasikan dapat dibuat pada *grid plane* atau dimasukkan melalui proses *import 3D CAD geometry*, tetapi sebelumnya objek perlu dimodelkan pada *SketchUp* untuk memudahkan permodelan di *Ecotect* (**Gambar 3.1**). Sebisa mungkin permodelan objek dibuat sederhana untuk memudahkan proses analisis selanjutnya.



Gambar 3.1 Tampilan simulasi pada *Ecotect*

2. Perlu dilakukan pengaturan mengenai data iklim lokasi objek pada opsi *Load Weather File* (**Gambar 3.2**). Lokasi yang dipilih adalah Kota Malang, sehingga posisi lintang dan bujur akan langsung menyesuaikan.



Gambar 3.2 Pengaturan data iklim berdasarkan lokasi objek

Selain data iklim, orientasi objek juga perlu diatur di opsi *Project* (**Gambar 3.3**). Orientasi objek dapat diatur pada *Site Specifics*.



Gambar 3.3 Data objek dan data tapak

3. Tahap selanjutnya adalah menentukan *Analysis Grid* pada objek. Opsi *Auto-Fit Grid to Object* dapat dipilih untuk mengatur posisi dan ukuran grid (**Gambar 3.4**). **Gambar 3.5** menunjukkan *analysis grid* pada objek.



Gambar 3.4 Pengaturan *Analysis Grid*

Analysis Grid
[No Data Available]
Value Range: 100-300
Average Value: 0.00
Value Range: 100-300

Average Value: 0.00
Value Range: 100-300

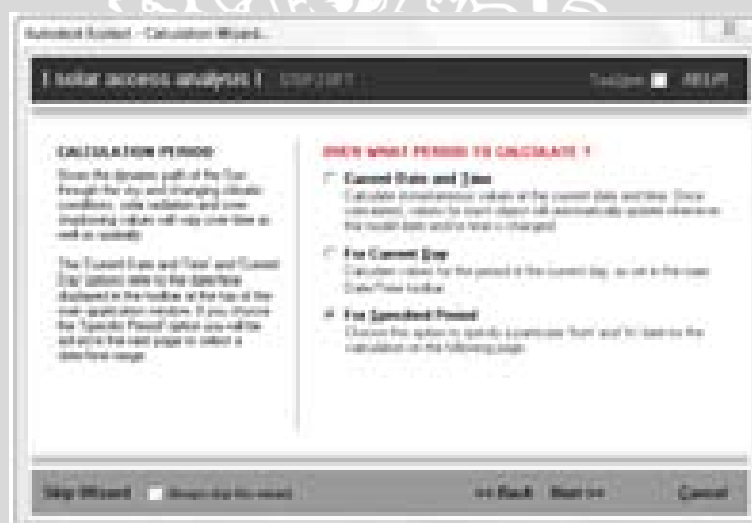
Gambar 3.5 Tampilan *Analysis Grid* pada zona yang dipilih

4. Setelah muncul *Analysis Grid*, dapat dilakukan analisis solar radiasi pada objek, dengan memilih opsi *Insolation Levels*. Step pertama dalam *solar access analysis* adalah memilih kondisi yang akan dianalisis atau dihitung, yaitu *incident solar radiation*, yang menghitung radiasi panas matahari yang mengenai permukaan objek (**Gambar 3.6**).



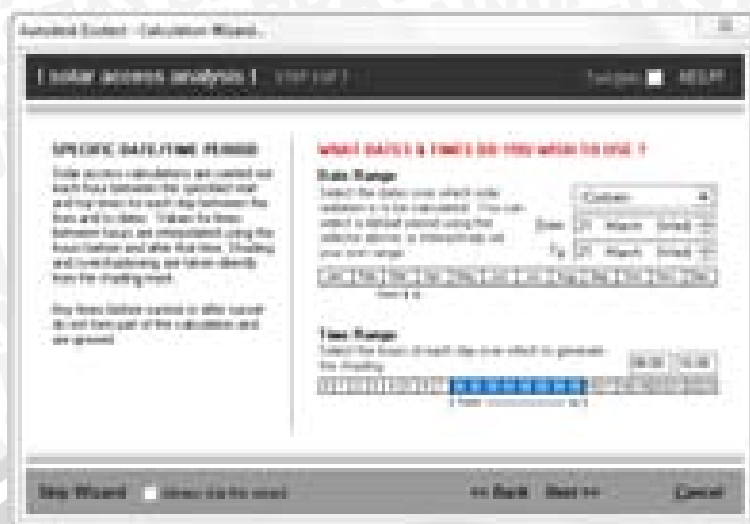
Gambar 3.6 Step 1 solar access analysis

5. Step kedua adalah memilih periode yang akan dikalkulasi. *Current date and time* akan mengkalkulasi pada tanggal dan jam yang ditentukan, dan akan berubah apabila tanggal dan jam objek diubah. Periode *for current day* akan mengkalkulasi pada tanggal dan jam yang telah diatur pada *main toolbar* tanggal dan waktu. Periode *for spesific periode* akan mengkalkulasi sesuai dengan periode yang dipilih (Gambar 3.7).



Gambar 3.7 Step 2 solar access analysis

Pada simulasi ini, akan menggunakan *for spesific periode* untuk menganalisis pada jangka waktu tertentu, sesuai dengan kebutuhan simulasi. Step ketiga adalah penentuan waktu simulasi berupa *range* tanggal dan jam. Penentuan *range* jam perlu diperhatikan, karena pada saat malam hari tidak ada matahari, maka untuk menganalisis radiasi matahari hanya dibutuhkan *range* jam mulai matahari terbit hingga terbenam, kecuali simulasi diperlukan untuk menganalisis radiasi matahari selama 24 jam (Gambar 3.8).



Gambar 3.8 Step 3 solar access analysis

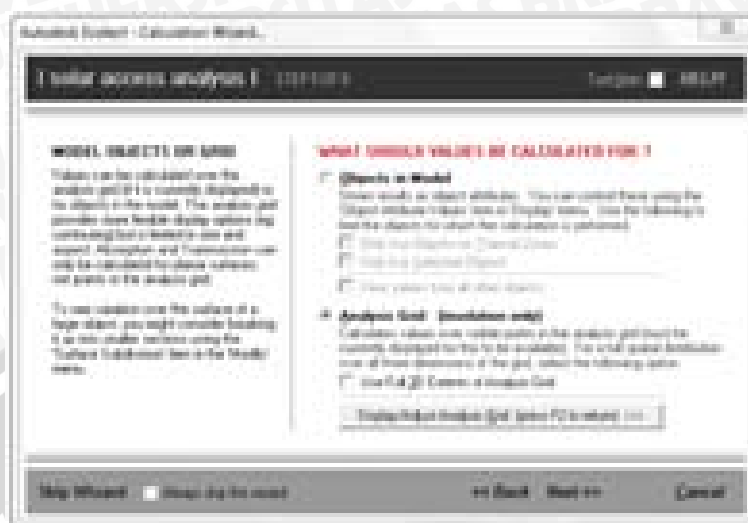
6. Step keempat adalah menentukan *period-based values*. *Cumulative values* merupakan total dari keseluruhan radiasi tiap meter dalam satu periode yang telah dipilih. *Average daily values* adalah total dari keseluruhan radiasi tiap meter, kemudian dibagi dengan jumlah hari dalam periode yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan nilai rata-rata radiasi harian (Gambar 3.9).



Gambar 3.9 Step 4 solar access analysis

Pada *average hourly values*, total keseluruhan radiasi dibagi dengan jumlah jam dalam periode yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan nilai rata-rata radiasi per jam. *Peak values* mengkalkulasi nilai radiasi maksimum per meter yang dicapai dalam satu periode. Pada simulasi ini dipilih *average hourly values* untuk mengetahui nilai rata-rata radiasi matahari per jam dalam satu tanggal dengan kurun waktu pukul 08.00 sampai dengan 16.00.

7. Step kelima adalah pemilihan zona simulasi, pada keseluruhan objek atau pada *analysis grid* saja (**Gambar 3.10**).



Gambar 3.10 Step 5 solar access analysis

Apabila pada step kelima memilih opsi *analysis grid*, maka secara otomatis pada step keenam akan langsung berada pada opsi *perform detailed shading calculations*, yang berarti pada saat simulasi berlangsung juga akan mengkalkulasi pembayaran pada tiap objek atau poin-poin grid (**Gambar 3.11**).



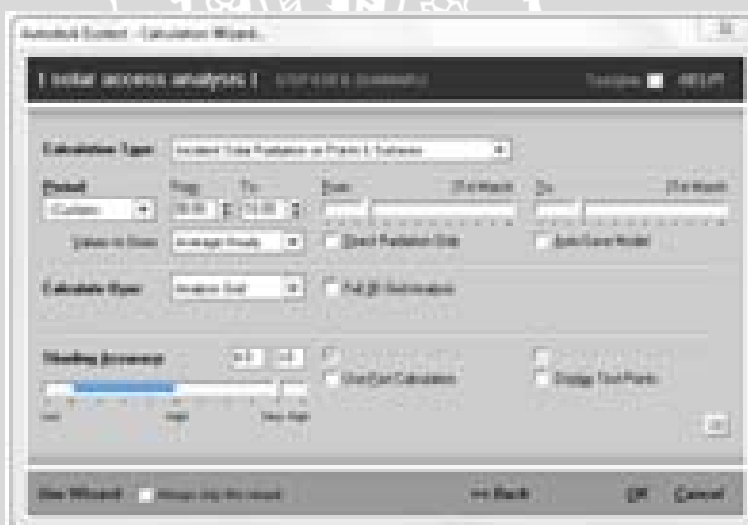
Gambar 3.11 Step 6 solar access analysis

Step ketujuh adalah memilih level akurasi pembayaran yang dibutuhkan. Agar hasil simulasi yang dihasilkan optimal, maka akurasi permukaan permodelan dipilih *full 25x25 grid*, sedangkan unsur langit dipilih *high 4°x3°* (**Gambar 3.12**).



Gambar 3.12 Step 7 solar access analysis

8. Step terakhir adalah *summary* (rangkuman) dari rangkaian step sebelumnya. Pada bagian rangkuman ini, dapat dilihat ulang opsi tipe kalkulasi, periode kalkulasi, posisi kalkulasi, dan akurasi pembayangan. Apabila telah dipastikan tidak ada kesalahan, maka dapat dipilih opsi OK untuk melanjutkan ke proses simulasi (Gambar 3.13).



Gambar 3.13 Step 8 solar access analysis

9. Dapat dilihat pada hasil simulasi bahwa *analysis grid* memiliki kontur warna sesuai dengan nilai rata-rata radiasi matahari (Gambar 3.14). *Average hourly radiation* menunjukkan mode simulasi yang digunakan yaitu rata-rata radiasi matahari per jam, dengan rentang intensitas 100- 500 Wh. *Average value* menunjukkan nilai rata-rata radiasi pada fasad yang disimulasikan. *Visible nodes* merupakan titik yang terbentuk dari pertemuan antar *grid*. Kontur warna di sisi kanan merupakan penunjuk nilai intensitas radiasi matahari pada fasad. Apabila grid berwarna biru atau ungu, maka intensitas

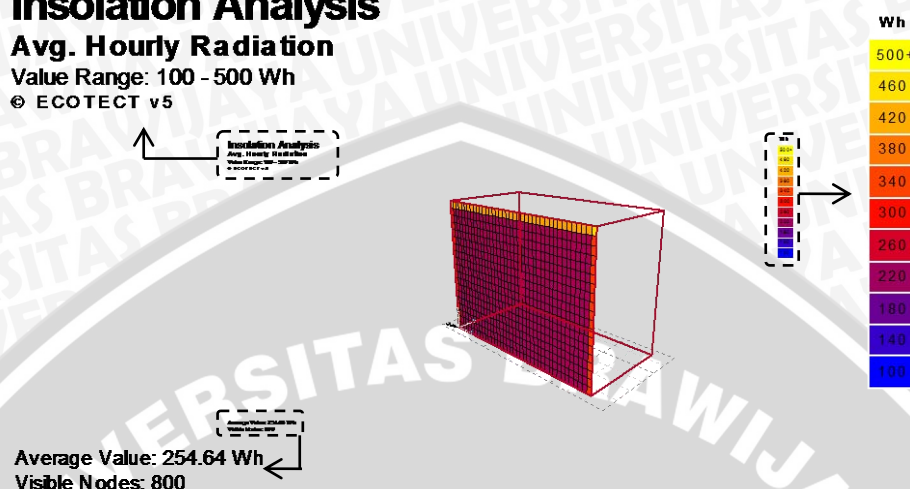
radiasinya 100- 220 Wh, apabila berwarna merah atau jingga maka intensitas radiasinya 260- 420 Wh, apabila berwarna kuning maka intensitas radiasinya 460- 500+ Wh.

Insolation Analysis

Avg. Hourly Radiation

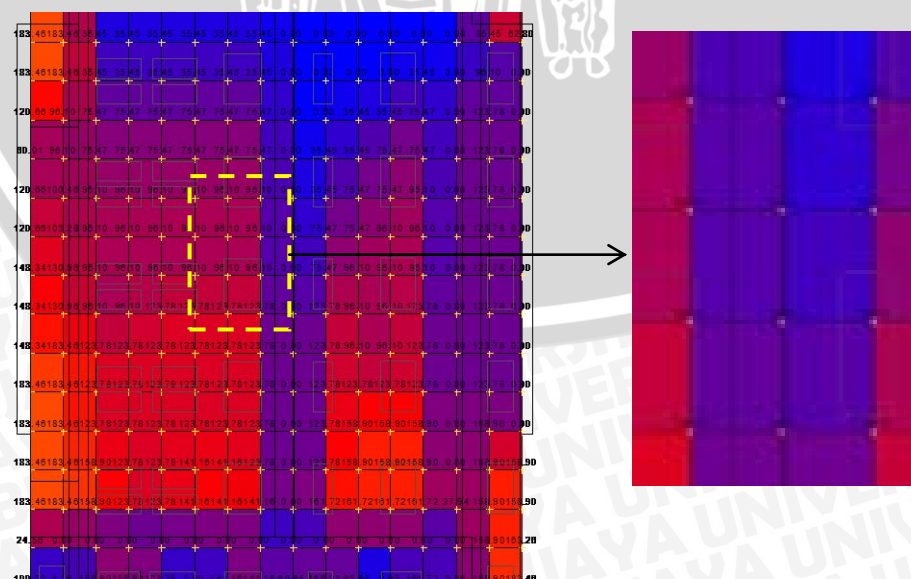
Value Range: 100 - 500 Wh

© ECOTECT v5



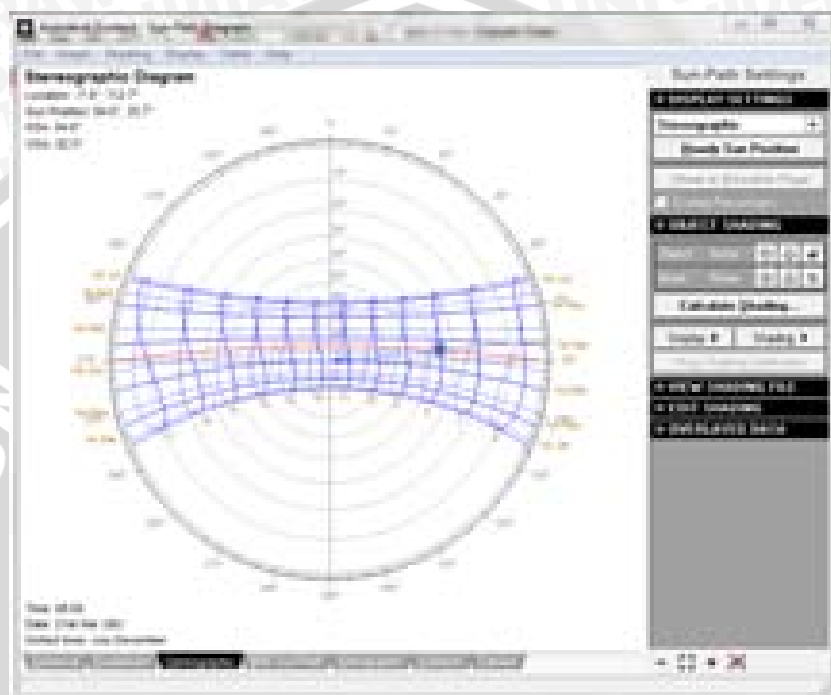
Gambar 3.14 Hasil solar access analysis

Warna pada hasil simulasi merepresentasikan nilai rata-rata *incident solar radiation* pada masing-masing *node* atau titik pada permukaan fasad yang dianalisis. Nilai pada node tersebut menjadi acuan dalam menentukan kebutuhan *shading device* pada jendela, seperti pada **Gambar 3.15**. Warna biru menunjukkan intensitas radiasi matahari adalah 0 Wh/m². Semakin tinggi intensitas radiasi matahari, maka warna yang muncul akan berubah menjadi warna ungu, merah, jingga, dan kuning. Perbedaan warna pada fasad dapat menjadi acuan peletakan rekomendasi *shading device* pada fasad.



Gambar 3.15 Node values

Untuk melihat *sun path* dan *daily solar data* pada *Ecotect*, dapat memilih opsi Calculate > Sun Path Diagram. Posisi matahari pada *sun path* dan *daily solar data* dapat diubah dengan mengubah tanggal dan jam pada *main toolbar*. *Daily solar data* berisi sudut azimuth, altitude, serta HSA dan VSA bidang dinding yang dipilih. Sun Path Diagram dan Data HSA- VSA dapat dilihat pada **Gambar 3.16** dan **Gambar 3.17**.



Gambar 3.16 Sun path

Date	Time	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
10/10/2010	06:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	06:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	06:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	06:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	07:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	07:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	07:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	07:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	08:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	08:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	08:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	08:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	09:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	09:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	09:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	09:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	10:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	10:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	10:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	10:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	11:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	11:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	11:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	11:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	12:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	12:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	12:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	12:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	13:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	13:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	13:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	13:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	14:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	14:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	14:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	14:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	15:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	15:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	15:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	15:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	16:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	16:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	16:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	16:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	17:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	17:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	17:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	17:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	18:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	18:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	18:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	18:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	19:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	19:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	19:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	19:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	20:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	20:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	20:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	20:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	21:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	21:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	21:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	21:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	22:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	22:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	22:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	22:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	23:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	23:15	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	23:30	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	23:45	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	
10/10/2010	00:00	101.2°	10.2°	101.2°	10.2°	

Gambar 3.17 Daily solar data

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang langsung diperoleh dari sumber-sumber di lapangan melalui pengamatan langsung mengenai penerimaan radiasi panas matahari pada fasad bangunan dan kondisi eksisting bangunan *mid-rise* lingkungan Universitas Brawijaya. Data primer didapat melalui observasi lapangan. Observasi secara langsung dilakukan untuk mendapatkan data mengenai orientasi bangunan, luas bangunan, jumlah lantai, rasio bukaan, kondisi eksisting fasad, dan tipe fasad yang digunakan.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari studi literatur, website, serta dokumen milik Universitas Brawijaya. Data literatur (jurnal ilmiah, buku, SNI, dll), *website*, dan penjelasan *software Autodesk Ecotect Analysis 2011* berupa data mengenai kondisi iklim dasar, radiasi matahari, bangunan di kawasan tropis, elemen arsitektural pelindung bangunan dari radiasi matahari. dan *software Autodesk Ecotect Analysis 2011*. Dokumen milik Universitas Brawijaya berupa salinan gambar kerja tiap-tiap sampel gedung Universitas Brawijaya.

3.3 Analisis Data

Pada tahap observasi awal, didapat data mengenai jumlah lantai, orientasi bangunan, orientasi dinding, dan kondisi eksisting fasad masing-masing gedung. Data tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk menentukan sampel objek penelitian.

Tabel 3.1 Data hasil observasi awal

Gedung Dekanat	Σ Lantai	Orientasi Bangunan	Orientasi Dinding
FPIK	8 lantai	Membujur U-S 	Utara Timur Selatan Barat
FAPET	8 lantai	Membujur U-S 	Utara Timur Selatan Barat

Gedung Dekanat	Σ Lantai	Orientasi Bangunan	Orientasi Dinding
FT	8 lantai	Membujur TL-BD	Timur laut Tenggara Barat daya Barat laut
FIB	7 lantai	Melintang B-T	Utara Timur Selatan Barat
FTP	7 lantai	Membujur U-S	Utara Timur Selatan Barat
FISIP	7 lantai	Membujur U-S	Utara Timur Selatan Barat
FIA	6 lantai	Membujur BL-TG	Barat laut Timur laut Tenggara Barat daya
FK	6 lantai	Membujur U-S	Utara Timur Selatan Barat
FH	6 lantai	Membujur U-S	Utara Timur Selatan Barat

Berdasarkan hasil observasi awal, maka dapat dilakukan “*blocking*” untuk menentukan sampel penelitian yang terdapat pada **Tabel 3.2**.

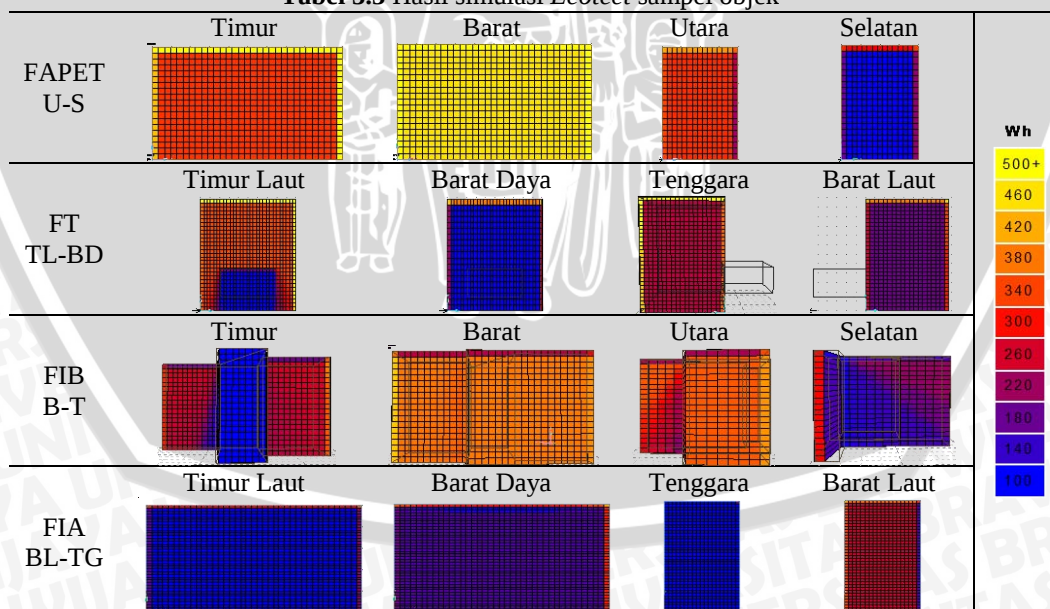
Tabel 3.2 Jumlah lantai dan orientasi objek sampel

	FPIK	FAPET	FT	FIB	FTP	FISIP	FIA	FK	FH
ΣLT.	8	8	8	7	7	7	6	6	6
OR. B.	U-S	U-S	TL-BD	B-T	U-S	U-S	BL-TG	U-S	U-S
OR. D.	UTSB	UTSB	TTBB	UTSB	UTSB	UTSB	BTTB	UTSB	UTSB

Dari sembilan objek, dipilih objek dengan jumlah lantai paling banyak, yaitu delapan lantai karena diasumsikan dapat mewakili objek bangunan dengan ketinggian enam dan tujuh lantai. Orientasi bangunan yang dipilih adalah orientasi bangunan yang membujur utara-selatan, karena sisi terpanjang bangunan akan banyak terpapar matahari karena langsung menghadap ke arah timur dan barat. Selain orientasi yang membujur utara-selatan, orientasi timur laut-barat daya, barat-timur, dan barat laut-tenggara juga dipilih sebagai sampel karena memiliki orientasi yang berbeda dari beberapa objek yang lain.

Pemilihan objek selanjutnya dianalisis dengan menggunakan simulasi *Ecotect*, untuk mengetahui radiasi panas matahari yang mengenai permukaan bangunan. *Ecotect* akan menganalisis dalam periode waktu satu hari yaitu pada tanggal 21 September dengan nilai yang diukur adalah nilai rata-rata insolasi panas per jam. Tanggal 21 September dipilih karena posisi matahari berada tepat di atas garis ekuator, sehingga intensitas radiasi matahari akan semakin besar. Hasil simulasi sampel objek dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Hasil simulasi *Ecotect* sampel objek



Warna biru- ungu menunjukkan perolehan radiasi matahari cukup rendah, warna merah- jingga sedang- tinggi, sedangkan warna kuning sangat tinggi. Dari hasil simulasi tersebut, diketahui bahwa nilai *incident solar radiation* paling besar

terdapat pada Gedung Fakultas Peternakan. Sehingga gedung tersebut dipilih sebagai objek penelitian.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Variabel tetap : luas permukaan fasad (masif dan bukaan) (m^2), ukuran jendela (lebar dan tinggi) (m), posisi jendela, waktu pengondisian (21 Maret, 21 Juni, 21 September, 21 Desember), rentang waktu analisis (pukul 09.00 – 16.00), pengondisian simulasi fasad (*Average Hourly Direct Radiation*)
- Variabel bebas : radiasi matahari ($Watt.hour/m^2$), sudut bayangan (VSA dan HSA)
- Variabel terikat : kedalaman overhang (m), panjang overhang (m)

3.4 Sintesis/ Pembahasan

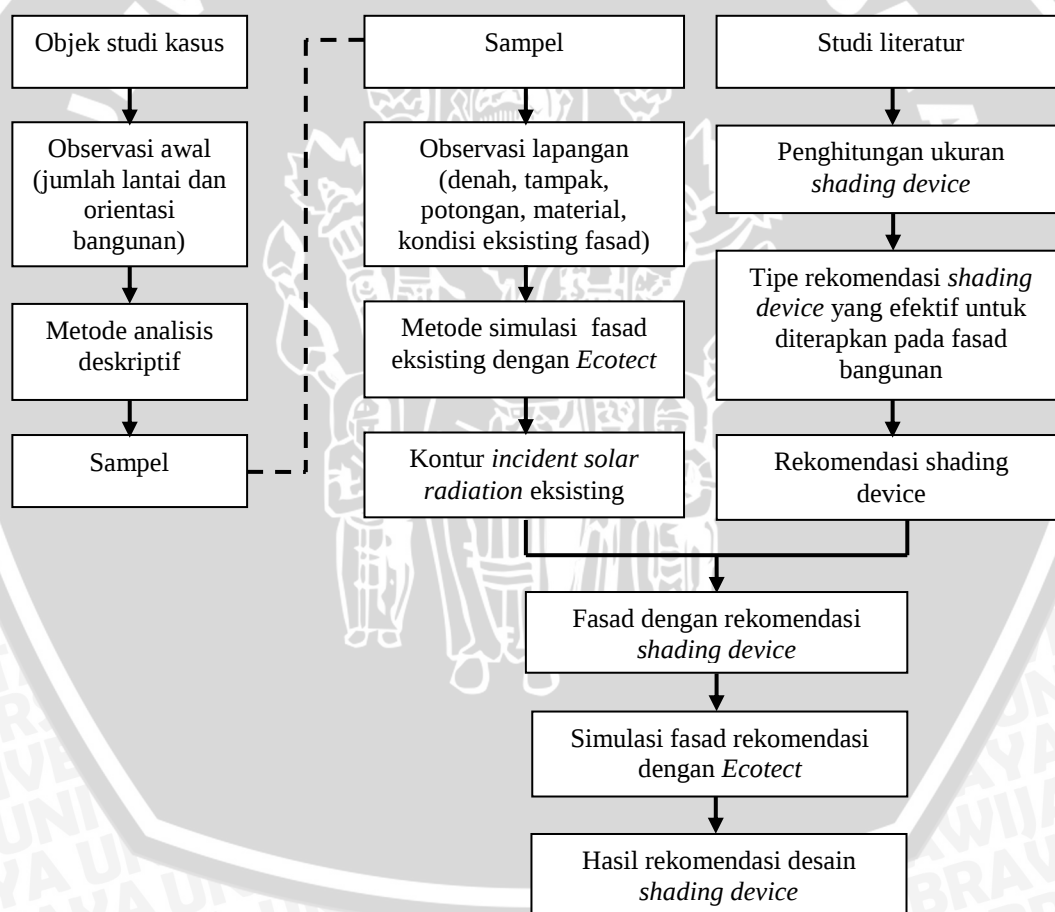
Tahap penelitian selanjutnya adalah menganalisis fasad eksisting melalui analisis deskriptif dan simulasi *Ecotect*. Analisis deskriptif berfungsi untuk mengetahui kondisi fasad eksisting, berupa luas fasad, luas bukaan, jenis dan jumlah jendela, material dinding dan bukaan, serta jenis peneduh eksisting pada masing-masing sisi fasad. Simulasi fasad eksisting menggunakan *Ecotect* berfungsi untuk mengetahui nilai *incident solar radiation* pada masing-masing fasad pada tanggal 21 Maret, 21 Juni, 21 September, dan 21 Desember pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00. Pada tanggal-tanggal tersebut posisi bumi paralel terhadap matahari. Jangka waktu delapan jam dipilih berdasarkan aktivitas jam kerja fungsi di dalam bangunan. Hasil simulasi fasad eksisting adalah kontur *incident solar radiation* dan nilai *average hourly values* pada masing-masing fasad di tiap tanggal.

Dari *software Ecotect analysis* juga didapat data HSA (*horizontal shadow angle*) dan VSA (*vertical shadow angle*). Data HSA dan VSA berguna untuk melakukan penghitungan ukuran *shading device*. VSA digunakan untuk menghitung kedalaman *overhang*, sedangkan HSA digunakan untuk menghitung panjang *overhang*. Penghitungan ukuran *overhang* dilakukan pada setiap fasad di tiap tanggal untuk mendapatkan ukuran maksimum yang dapat menanungi bukaan. Untuk menentukan ukuran *shading* yang akan digunakan, maka dipilih ukuran terbesar pada setiap fasad. Ukuran tersebut akan menjadi standar ukuran untuk alternatif desain *shading device*.

Alternatif desain *shading device* diperoleh berdasarkan efektifitas *shading* dari nilai *shading coefficient*. Alternatif desain terpilih kemudian dianalisis berdasarkan indikator nilai absorbtansi radiasi matahari pada permukaan dinding tak tembus cahaya dan warna cat permukaan dinding luar serta nilai konduktifitas termal bahan bangunan.

Setelah mendapatkan hasil rekomendasi desain *shading device*, kemudian dilakukan simulasi pada fasad dengan *shading device* rekomendasi tersebut. Simulasi tersebut berfungsi untuk mengetahui nilai *incident solar radiation* pada fasad setelah dikondisikan dengan rekomendasi *shading device*, sehingga dapat diketahui efektifitas rekomendasi desain *shading device* tersebut.

3.5 Kerangka Penelitian



Gambar 3.18 Bagan kerangka penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Objek Penelitian

4.1.1 Kota Malang

Kota Malang terletak di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Secara astronomis terletak pada $112,06^{\circ}$ - $112,07^{\circ}$ Bujur Timur dan $7,06^{\circ}$ - $8,02^{\circ}$ Lintang Selatan. Memiliki luas wilayah sebesar $110,06 \text{ km}^2$, Kota Malang merupakan kota kedua terbesar di Jawa Tmur setelah Surabaya. Kota Malang terletak pada ketinggian 440- 667 meter di atas permukaan air laut dan dikelilingi oleh beberapa gunung. Sebelah Utara terdapat Gunung Arjuno, sebelah Timur Gunung Semeru, sebelah Barat Gunung Kawi dan Gunung Panderman, serta di sebelah Selatan terdapat Gunung Kelud. Oleh karena itu wilayah Kota Malang termasuk dalam dataran tinggi yang cukup sejuk (www.id.wikipedia.org).

Kota Malang berbatasan langsung dengan beberapa kecamatan di Kabupaten Malang, yaitu:

- Utara : Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso
- Timur : Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang
- Selatan : Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji
- Barat : Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau

Berdasarkan data kondisi iklim yang dihimpun dalam Kota Malang dalam Angka 2014, selama tahun 2013 rata-rata suhu udara berkisar antara $21,6^{\circ}\text{C}$ – $24,7^{\circ}\text{C}$, dengan suhu maksimum mencapai $32,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu minimum $17,5^{\circ}\text{C}$. Sedangkan rata-rata kelembaban udara berkisar antara 70% - 86%, dengan kelembaban maksimum 98% dan kelembaban minimum 20%. Berada di kawasan iklim tropis lembab, Kota Malang memiliki dua pUtaran musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Curah hujan relatif tinggi pada bulan Februari, November, dan Desember, sedangkan curah hujan relatif rendah pada bulan Juni dan September. Kecepatan angin maksimum terjadi pada bulan Mei, Juli, dan September (www.malangkota.go.id).

Kota Malang dikenal sebagai Kota Pendidikan karena memiliki beberapa perguruan tinggi ternama. Terdapat sekitar 51 perguruan tinggi, empat diantaranya merupakan perguruan tinggi negeri (www.id.wikipedia.org). Oleh

karena itu banyak pendatang dari luar Kota Malang yang kemudian menetap di Malang untuk melanjutkan studi. Salah satu perguruan tinggi negeri ternama adalah Universitas Brawijaya.

4.1.2 Universitas Brawijaya



Gambar 4.1 Wilayah Universitas Brawijaya
Sumber: Peta persil Kota Malang

Gambar 4.1 menunjukkan peta garis wilayah Universitas Brawijaya. Kampus pusat Universitas Brawijaya berada di kawasan Barat Kota Malang, tepatnya di Jalan Veteran dengan luas lahan 58 ha. Secara astronomis terletak pada $112^{\circ}36'45,88''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}57'20,00''$ Lintang Selatan. Terdapat 12 fakultas dan 2 program setara fakultas, yaitu Fakultas Hukum, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Ilmu Administrasi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Fakultas Ilmu Budaya, Fakultas Pertanian, Fakultas Peternakan, Fakultas Teknik, Fakultas Kedokteran, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Teknologi Pertanian, Program Kedokteran Hewan, dan Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (**Gambar 4.2**).

Jumlah mahasiswa baru tahun 2014 adalah 13.237 orang dan total seluruh mahasiswa pada tahun 2015 adalah 59.469 orang (www.ub.ac.id). Tingginya jumlah mahasiswa menuntut Universitas Brawijaya memiliki banyak gedung untuk memenuhi sarana prasarana kegiatan akademik maupun non-akademik. Untuk efisiensi penggunaan lahan, mayoritas gedung-gedung di

Universitas Brawijaya berlantai tiga, bahkan beberapa gedung di tiap-tiap fakultas berlantai tujuh. Gedung kantor pusat (rektorat) memiliki delapan lantai dengan gaya arsitektur bangunan yang sangat khas, sehingga menjadi salah satu ciri khas Universitas Brawijaya. Gedung lain yang berada di lingkungan Universitas Brawijaya selain gedung perkuliahan dan gedung kantor administrasi antara lain adalah Gedung Samantha Krida, Gedung Widyaloka, Gedung *Student Center*, Gedung Graha Medika, dan lain-lain.

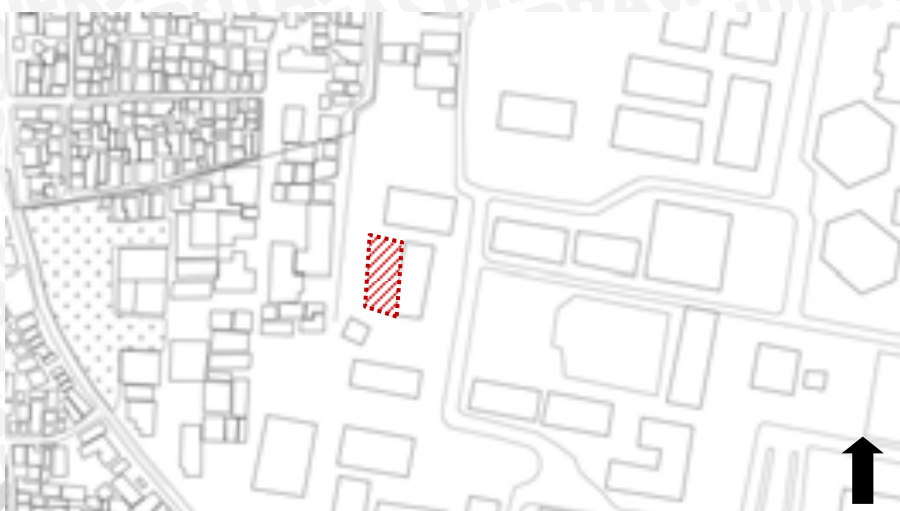


Gambar 4.2 Lokasi Gedung di Lingkungan Universitas Brawijaya
Sumber: *Digital Globe Google* (diakses: 3/3/2015)

Keterangan:

1. Program Kedokteran Hewan (PKH)
2. Fakultas Teknik (FT)
3. Fakultas Ilmu Administrasi (FIA)
4. Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP)
5. Fakultas Hukum (FH)
6. Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB)
7. Fakultas Peternakan (FAPET)
8. Fakultas Teknologi Pertanian (FTP)
9. Fakultas Ilmu Budaya (FIB)
10. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK)
11. Fakultas Pertanian (FAPERTA)
12. Fakultas MIPA (FMIPA)
13. Fakultas Kedokteran (FK)
14. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (PTIIK)

4.1.3 Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya



Gambar 4.3 Peta Garis Letak Gedung Fakultas Peternakan
Sumber: Peta persil Kota Malang

Gedung Fakultas Peternakan berada di sisi Barat lingkungan Universitas Brawijaya (**Gambar 4.3**). Fungsi yang terdapat di dalam gedung tersebut adalah fungsi kantor dan perkuliahan, yang mewakili dua fungsi utama pada sebuah universitas. Bentuk geometri Gedung Fakultas Peternakan berupa persegi panjang, dengan sisi terpanjang bangunan menghadap ke arah Timur dan Barat. Fasad masing-masing sisi dapat dilihat pada **Gambar 4.4** sampai dengan **Gambar 4.7**.



Gambar 4.4 Fasad sisi Timur



Gambar 4.5 Fasad sisi Barat



Gambar 4.6 Fasad sisi Utara



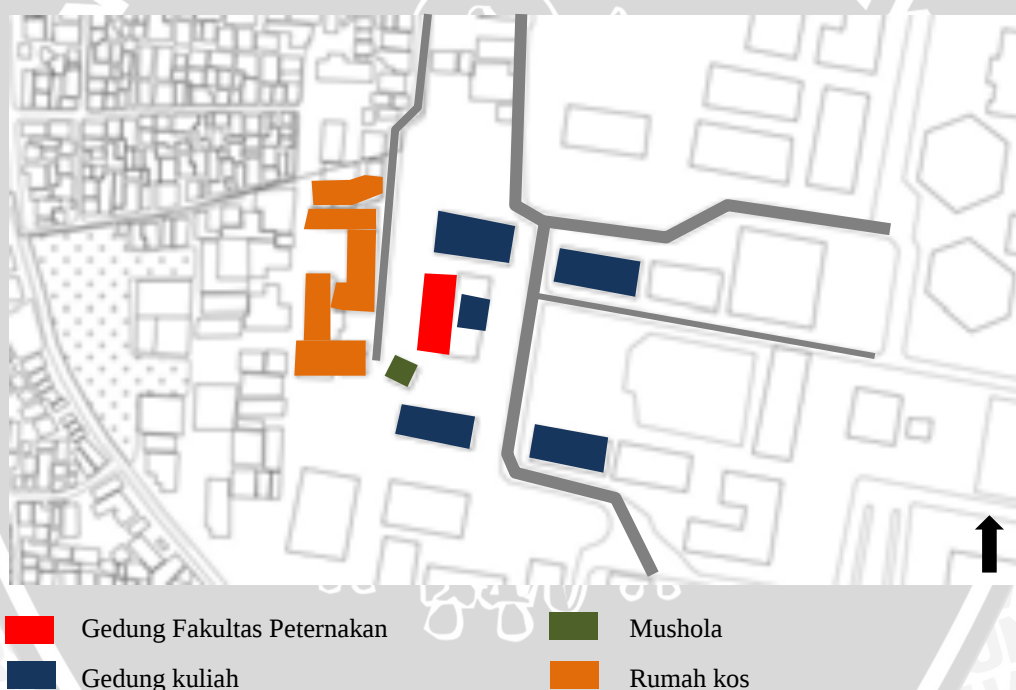
Gambar 4.7 Fasad sisi Selatan

Jumlah lantai Gedung Fakultas Peternakan adalah delapan lantai. Data kuantitatif gedung, berupa luas bangunan, volume bangunan, luas permukaan bangunan (fasad), luas permukaan pintu dan jendela, luas permukaan dinding, serta nilai *window to wall ratio* (WWR) akan dijelaskan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Data Luas dan Volume Bangunan

	Utara	Selatan	Barat	Timur	Total
Luas bangunan (m ²)	-	-	-	-	9205.20
Volume bangunan (m ³)	-	-	-	-	41423.40
Luas permukaan bangunan (fasad) (m ²)	885.68	885.68	2328.45	2122.19	6222.00
Luas permukaan pintu dan jendela (m ²)	170.12	170.12	539.53	525.41	1405.18
Luas permukaan dinding (m ²)	715.56	715.56	1788.92	1596.78	4816.82
Nilai WWR	0.238	0.238	0.301	0.329	0.291

4.1.4 Lingkungan Sekitar Gedung Fakultas Peternakan



Gambar 4.8 Lingkungan Sekitar Gedung Fakultas Peternakan

Pada peta garis (**Gambar 4.8**) terlihat bahwa batas Utara dan Timur Gedung Fakultas Peternakan adalah gedung kuliah (**Gambar 4.9** dan **Gambar 4.10**), sedangkan di sisi Selatan berbatasan dengan mushola dan gedung kuliah (**Gambar 4.11** dan **Gambar 4.12**). Pada sisi Barat Gedung Fakultas Peternakan berbatasan dengan rumah kos (**Gambar 4.13**). Ketinggian bangunan di sekitar gedung berkisar antara satu sampai dengan tiga lantai.



Gambar 4.9 Gedung kuliah di sisi Utara



Gambar 4.10 Gedung kuliah di sisi Timur



Gambar 4.11 Gedung kuliah di sisi Selatan



Gambar 4.12 Mushola di sisi Selatan



Gambar 4.13 Rumah kos di sisi Barat



4.1.4.1 Pengaruh Lingkungan Sekitar terhadap Penerimaan Radiasi Matahari

Fungsi bangunan di sekitar Gedung Fakultas Peternakan adalah gedung kuliah, tempat ibadah, dan permukiman, sehingga tidak memiliki potensi yang dapat menambah penerimaan radiasi matahari pada fasad Gedung Fakultas Peternakan. Selain itu, jenis radiasi matahari yang akan disimulasikan atau diteliti adalah radiasi matahari langsung, yaitu radiasi matahari yang berasal dari matahari itu sendiri terhadap bidang vertikal bangunan, tanpa memperhitungkan kondisi sekitar atau bidang horizontal bangunan dan sekitarnya.

4.1.4.2 Pengaruh Lingkungan Sekitar terhadap Rekomendasi *Shading Device*

Jenis *shading device* akan dipilih berdasarkan nilai *Shading Coefficient* masing-masing jenis jendela. Pemilihan jenis *shading device* tidak dipengaruhi oleh karakteristik bangunan atau *shading device* yang ada di lingkungan Universitas Brawijaya. Hal tersebut dikarenakan jenis *shading device* yang digunakan pada tiap-tiap bangunan tidak memiliki karakteristik tertentu.

Pada bangunan lama dengan jumlah lantai satu sampai dengan tiga lantai, jenis *shading device* yang digunakan adalah jenis panel/ *awning* atau dengan tritisan yang berupa perpanjangan lantai dan balok lantai 2.



Gambar 4.14 Penerapan panel/awning



Gambar 4.15 Penerapan tritisan

Pada bangunan yang mayoritas berupa *mid-rise building*, jenis peneduh yang digunakan adalah *self-shaded* dan *overhang* atau kombinasi keduanya. *Shading device* yang digunakan cenderung lebih minimalis, disesuaikan dengan desain bangunan. *Shading device* eksisting pada Gedung Fakultas Peternakan menggunakan *horizontal overhang* pada masing-masing jendela.



Gambar 4.16 Penerapan self shaded



Gambar 4.17 Penerapan self shaded dan overhang



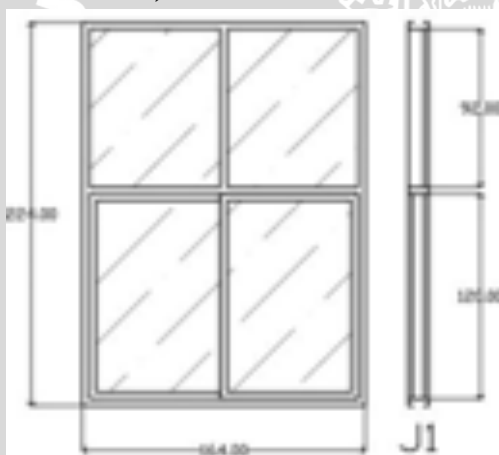
Gambar 4.18 Penerapan overhang

Berdasarkan kondisi eksisting *shading device* pada Gedung Fakultas Peternakan dan *mid-rise building* lainnya yang ada di lingkungan Universitas Brawijaya, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada karakteristik *shading device* tertentu yang dapat digunakan sebagai acuan dalam merancang rekomendasi *shading device*. Oleh karena itu rekomendasi jenis *shading device* akan ditentukan berdasarkan nilai *Shading Coefficient* dari tiap jenis *shading device*.

4.2 Kondisi Eksisting Fasad

Fasad pada Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya terdiri dari dinding, jendela, dan pintu. *Shading device* rekomendasi hanya diletakkan di atas jendela. Terdapat beberapa jenis jendela pada tiap lantai, antara lain:

J1: kusen aluminium, kaca 5mm (164 x 224 cm)



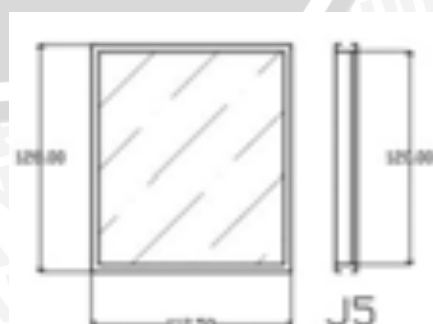
J2: kusen aluminium, kaca 5mm (84 x 224 cm)



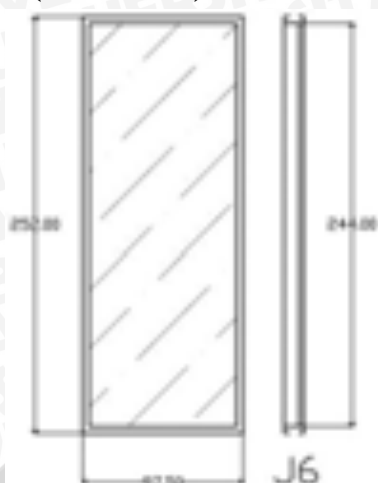
J3: kusen aluminium, kaca 5mm (155 x 224 cm)



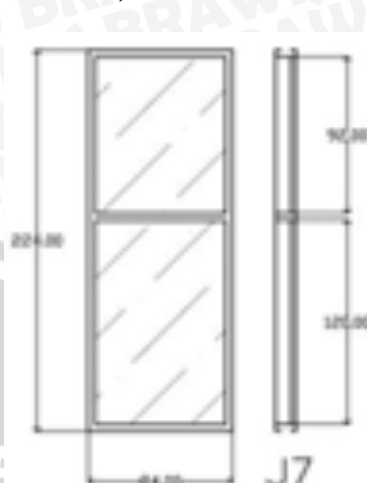
J5: kusen aluminium, kaca 5mm (112.5 x 128 cm)



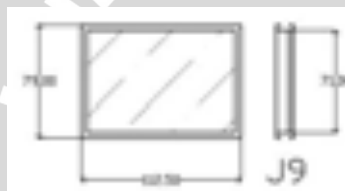
J6: kusen aluminium, kaca 5mm
(97.5 x 252 cm)



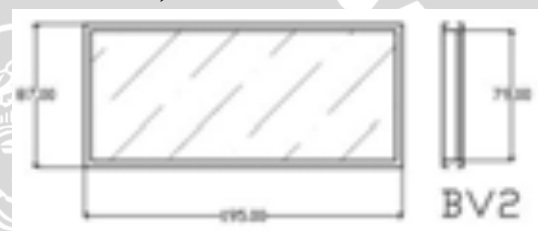
J7: kusen aluminium, kaca 5mm (84 x 224 cm)



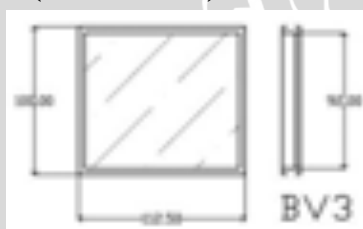
J9: kusen aluminium, kaca 5mm
(112.5 x 790 cm)



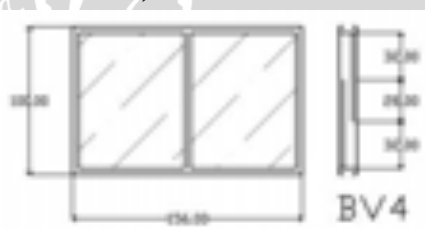
BV2: kusen aluminium, kaca 5mm (195 x 870 cm)



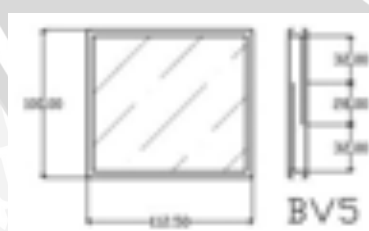
BV3: kusen aluminium, kaca 5mm
(112.5 x 100 cm)



BV4: kusen aluminium, kaca 5mm (156 x 100 cm)



BV5: kusen aluminium, kaca 5mm
(112.5 x 100 cm)



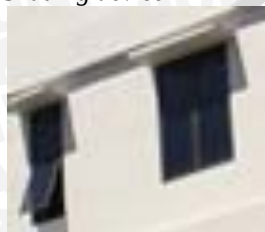
BV6: kusen aluminium, kaca 5mm
(60 x 110 cm)



Gambar 4.19 Detail jendela

Tabel 4.2 Data Kondisi Eksisting Fasad Bangunan

Sisi	Material Dinding	Jenis Peneduh	Jenis & Jumlah Jendela	
Timur	1. Batu bata finishing cat warna abu-abu tua (untuk kolom) dan abu-abu muda (untuk dinding).	Self shaded	Lantai 1: J1 (8)	Lantai 2: J1 (8), J2 (8), J3 (4)
	2. Batu candi.	Shading device	Lantai 3: J1 (15), J3 (4)	Lantai 4-6: J1 (15), J5-BV3 (4)
Barat	1. Batu bata finishing cat warna abu-abu tua (untuk kolom) dan abu-abu muda (untuk dinding).	Self shaded	Lantai 7: J1 (12), J5-BV3 (8)	Lantai 8: J5-BV3 (18), J9-BV3 (6)
	2. Batu candi.	Shading device	Top floor: BV6 (25)	
Barat	1. Batu bata finishing cat warna abu-abu tua (untuk kolom) dan abu-abu muda (untuk dinding).	Self shaded	Lantai 1: J1 (7), BV4 (4)	Lantai 2: J1 (17), J2 (8)
	2. Batu candi.	Shading device	Lantai 3: J1 (12), BV5 (2), J5-BV3 (2)	Lantai 4: J1 (12), J6 (4), BV5 (2), J5-BV3 (2)
Barat	1. Batu bata finishing cat warna abu-abu tua (untuk kolom) dan abu-abu muda (untuk dinding).	Self shaded	Lantai 5-6 : J1 (13), J6 (4), BV5 (2), J5-BV3 (2)	Lantai 7: J1 (8), J6 (4), BV5 (2), J5-BV3 (4)
	2. Batu candi.	Shading device	Lantai 8: BV5 (2), J5-BV3 (12), J9-BV3 (6)	Top floor: BV6 (22)

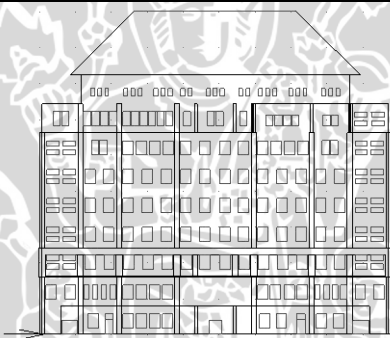
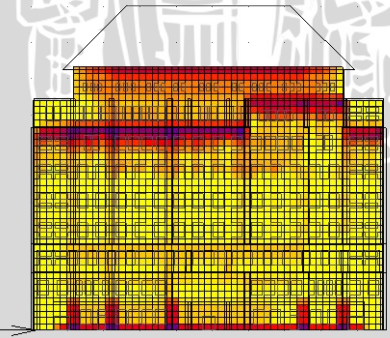
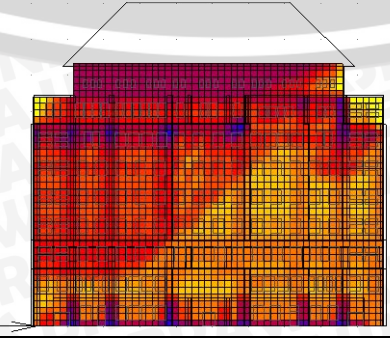
Sisi	Material Dinding	Jenis Peneduh	Jenis & Jumlah Jendela		
Utara	1. Batu bata finishing cat warna abu-abu tua (untuk kolom) dan abu-abu muda (untuk dinding).	Self shaded  Shading device 	Lantai 1: J1 (1), J2 (3), BV2 (4)	Lantai 2: J1 (2), J2 (3), BV2 (4)	Lantai 3-4, 7: J1 (2), J2 (1), J7 (1), BV2 (4)
	2. Batu candi.		Lantai 5-6, 8: J1 (2), J2 (1), BV2 (4)	Top floor: BV6 (9)	
Selatan	1. Batu bata finishing cat warna abu-abu tua (untuk kolom) dan abu-abu muda (untuk dinding).	Self shaded  Shading device 	Lantai 1: J1 (2), J2 (3), BV2 (4)	Lantai 2: J1 (3), J2 (3), BV2 (4)	Lantai 3-7: J1 (3), J2 (1), J7 (1), BV2 (4)
	2. Batu candi.		Lantai 8: J1 (3), J2 (1), BV2 (4)	Top floor: BV6 (9)	

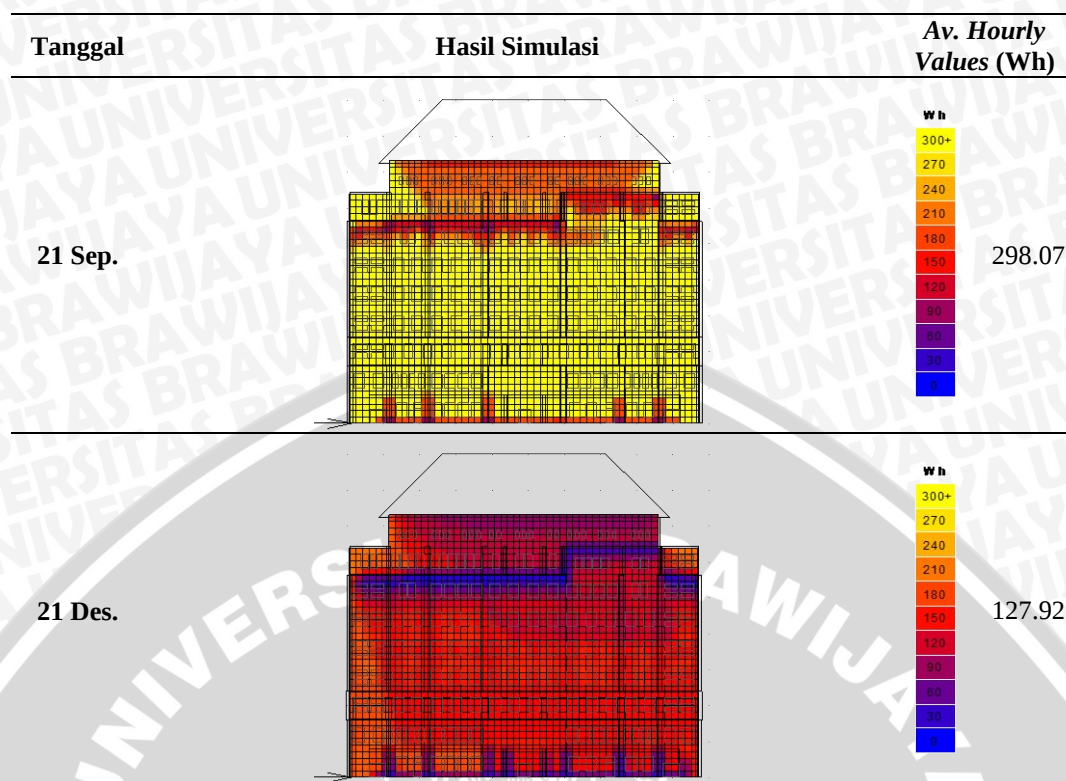
4.3 Hasil Simulasi Fasad Eksisting

4.3.1 Hasil Simulasi Fasad Eksisting Sisi Timur

Periode yang dipilih pada simulasi fasad eksisting adalah tanggal 21 Maret, 21 Juni, 21 September, dan 21 Desember. Pada tanggal 21 Maret dan 21 September, posisi matahari adalah *equinox*, yaitu matahari tepat berada di garis khatulistiwa. Posisi Indonesia yang dilalui garis khatulistiwa menyebabkan *solar radiation* pada tanggal tersebut menjadi lebih tinggi dari waktu-waktu yang lain. Pada tanggal 21 Juni titik balik matahari berada pada posisi paling tinggi, sedangkan pada tanggal 21 Desember titik balik matahari paling rendah. Mode *analysis solar radiation* yang digunakan adalah *average hourly direct radiation*, sehingga nilai rata-rata yang didapat merupakan nilai rata-rata radiasi matahari langsung per jam pada periode-periode tersebut.

Tabel 4.3 Hasil simulasi *incident solar radiation* fasad eksisting sisi Timur

Tanggal	Hasil Simulasi	Av. Hourly Values (Wh)
Eksisting		-
21 Mar.		251.45
21 Jun.		170.30



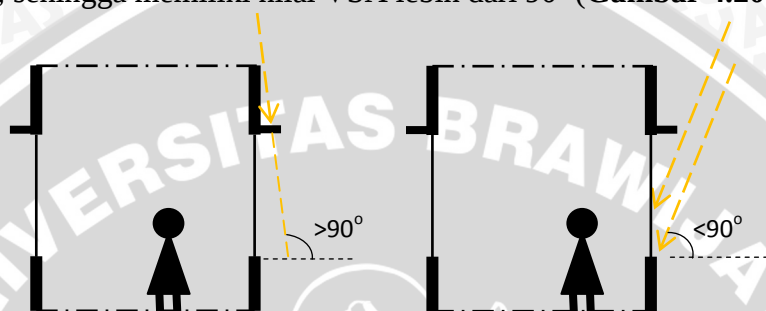
Hasil simulasi fasad Timur (**Tabel 4.3**) menunjukkan bahwa radiasi matahari langsung yang paling tinggi berada pada tanggal 21 September sebesar 298.07 Wh, sedangkan yang paling rendah berada pada tanggal 21 Desember sebesar 127.92 Wh. Pada fasad Timur, radiasi matahari cukup tinggi pada tanggal 21 Maret dan 21 September, yaitu saat posisi bumi terhadap matahari adalah *equinox*. Hasil simulasi pada tanggal 21 Juni menunjukkan kemiringan (diagonal) pada kontur, yang merupakan pengaruh kemiringan orientasi bangunan sebesar 10° dari Utara ke Timur. Tanggal 21 Desember, posisi matahari berada di Selatan bumi, sehingga radiasi matahari langsung yang mengenai fasad Timur cenderung lebih rendah.

Tabel 4.4 Hasil simulasi pembayangan eksisting sisi Timur

Jam	21 Maret	21 Juni	21 September	21 Desember
09.00	 HSA: -19.2° VSA: 51.9 °	 HSA: -51.4° VSA: 54.9°	 HSA: -22.5° VSA: 55.6°	 HSA: 18.1° VSA: 52.9°

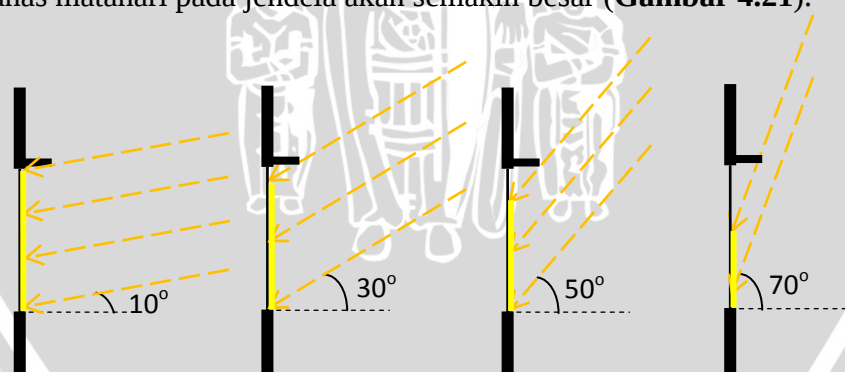
Jam	21 Maret	21 Juni	21 September	21 Desember
10.00				
	HSA: -26.5° VSA: 67.2°	HSA: -65.3° VSA: 71.6°	HSA: -32.5° VSA: 70.9°	HSA: 29.2° VSA: 66.9°
11.00				
	HSA: -49.7° VSA: 82.3°	HSA: -86.7° VSA: 87.9°	HSA: -67.8° VSA: 86.0°	HSA: 58.1° VSA: 80.9°
12.00				
	HSA: -137.8° VSA: 97.2°	HSA: -112.7° VSA: 103.6°	HSA: -147.0° VSA: 100.9°	HSA: 105.9° VSA: 94.9°
13.00				
	HSA: -170.8° VSA: 111.9°	HSA: -134.3° VSA: 118.8°	HSA: -171.0° VSA: 115.7°	HSA: 132.4° VSA: 109.1°
14.00				
	HSA: -179.7° VSA: 126.6°	HSA: -148.4° VSA: 133.5°	HSA: -179.0° VSA: 130.3°	HSA: 142.5° VSA: 123.4°
15.00				
	HSA: -176.1° VSA: 141.2°	HSA: -157.0° VSA: 147.8°	HSA: 176.8° VSA: 145.0°	HSA: 146.5° VSA: 138.1°
16.00				
	HSA: -173.2° VSA: 156.0°	HSA: -170.8° VSA: 111.9°	HSA: 174.0° VSA: 159.7°	HSA: 147.8° VSA: 153.3°

Tabel 4.4 menunjukkan hasil studi pembayangan pada salah satu jendela di fasad Timur. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, diketahui bahwa *shading device* eksisting kurang efektif untuk menaungi jendela terutama pada pukul 09.00- 11.00. Pada pukul 12.00 *shading device* cukup efektif menaungi karena posisi matahari berada di atas bangunan, sehingga pada saat matahari mengenai jendela, jendela telah ternaungi dengan *shading device*. Pada pukul 13.00- 16.00 fasad Timur tidak terpapar matahari karena posisi matahari berada di Barat bangunan, sehingga memiliki nilai VSA lebih dari 90° (**Gambar 4.20**).



Gambar 4.20 Sudut datang sinar matahari pada *shading device* sisi Timur

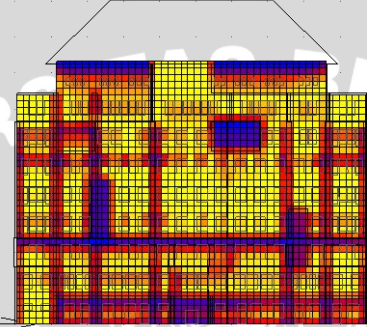
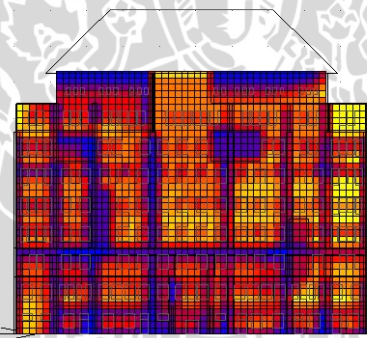
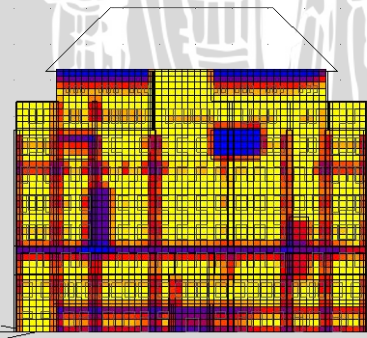
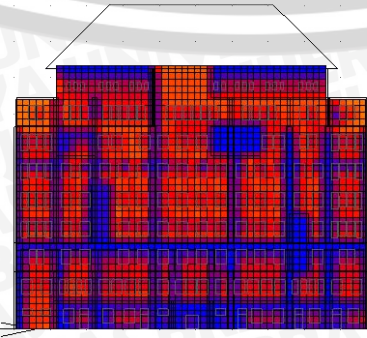
Agar *shading device* pada sisi Timur dapat menaungi jendela dengan maksimal, maka diperlukan ukuran *shading device* yang menyesuaikan dengan sudut datang matahari (VSA). Sudut VSA terkecil dapat menghasilkan panjang *shading device* yang maksimal, yaitu besar VSA 51.9° dan HSA -19.2° . Semakin kecil atau rendah sudut datang matahari, maka potensi masuknya sinar dan panas matahari pada jendela akan semakin besar (**Gambar 4.21**).



Gambar 4.21 Radiasi matahari berdasarkan sudut datang sinar matahari

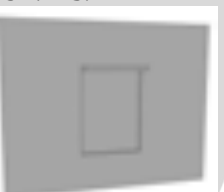
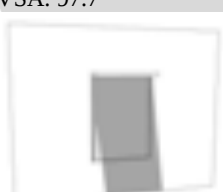
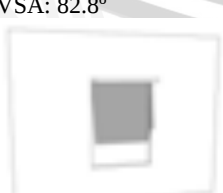
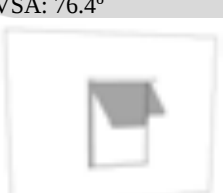
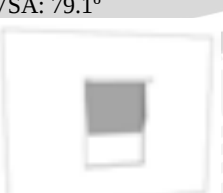
4.3.2 Hasil Simulasi Fasad Eksisting Sisi Barat

Tabel 4.5 Hasil simulasi *incident solar radiation* fasad eksisting sisi Barat

Tanggal	Hasil Simulasi	Av. Hourly Values (Wh)
Eksisting		-
21 Mar.	 Wh 300+ 270 240 210 180 150 120 90 60 30 0	199.05
21 Jun.	 Wh 300+ 270 240 210 180 150 120 90 60 30 0	134.84
21 Sep.	 Wh 300+ 270 240 210 180 150 120 90 60 30 0	238.73
21 Des.	 Wh 300+ 270 240 210 180 150 120 90 60 30 0	93.10

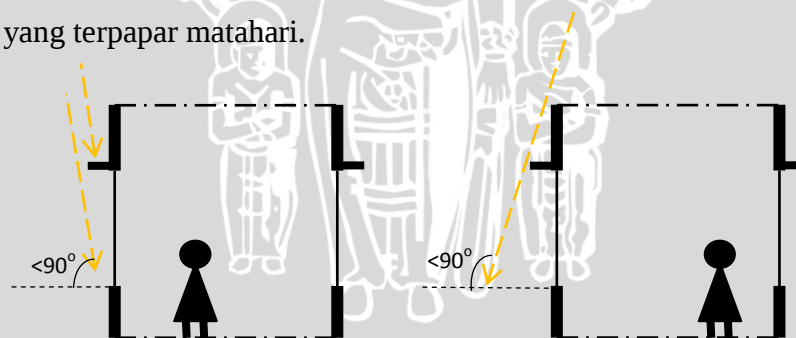
Pada hasil simulasi fasad Barat (**Tabel 4.5**) menunjukkan bahwa radiasi matahari langsung yang paling tinggi berada pada tanggal 21 September, yaitu sebesar 238.73 Wh, sedangkan yang paling rendah berada pada tanggal 21 Desember, yaitu sebesar 93.10 Wh. Sama seperti fasad Timur, *incident solar radiation* cukup tinggi pada tanggal 21 Maret dan 21 September dikarenakan posisi bumi terhadap matahari adalah *equinox*. Bagian fasad yang mundur dua meter sebagai ruang *outdoor* AC sudah cukup ternaungi, sehingga berwarna biru pada kontur.

Tabel 4.6 Hasil simulasi pembayangan eksisting sisi Barat

Jam	21 Maret	21 Juni	21 September	21 Desember
09.00				
	HSA: 160.8° VSA: 128.1°	HSA: 128.6° VSA: 125.1°	HSA: 157.5° VSA: 124.4°	HSA: -161.9° VSA: 127.1°
10.00				
	HSA: 153.5° VSA: 112.8°	HSA: 114.7° VSA: 108.4°	HSA: 147.5° VSA: 109.1°	HSA: -150.8° VSA: 113.1°
11.00				
	HSA: 130.3° VSA: 97.7°	HSA: 93.3° VSA: 92.1°	HSA: 112.2° VSA: 94.0°	HSA: -121.9° VSA: 99.1°
12.00				
	HSA: 42.2° VSA: 82.8°	HSA: 67.3° VSA: 76.4°	HSA: 33.0° VSA: 79.1°	HSA: -74.1° VSA: 85.1°
13.00				
	HSA: 9.2° VSA: 68.1°	HSA: 45.7° VSA: 61.2°	HSA: 9.0° VSA: 64.3°	HSA: -47.6° VSA: 70.9°

Jam	21 Maret	21 Juni	21 September	21 Desember
14.00	 HSA: 0.3° VSA: 53.4°	 HSA: 31.6° VSA: 46.5°	 HSA: 1.0° VSA: 49.7°	 HSA: -37.5° VSA: 56.6°
15.00	 HSA: -3.9° VSA: 38.8°	 HSA: 23.0° VSA: 32.2°	 HSA: -3.2° VSA: 35.0°	 HSA: -33.5° VSA: 41.9°
16.00	 HSA: -6.8° VSA: 24.0°	 HSA: 17.6° VSA: 18.0°	 HSA: -6.0° VSA: 20.3°	 HSA: -32.2° VSA: 26.7°

Tabel 4.6 menunjukkan hasil studi pembayangan pada salah satu jendela di fasad Barat, sehingga diketahui bahwa *shading device* eksisting kurang efektif untuk menaungi jendela terutama pada pukul 14.00- 16.00. Pada pukul 13.00 *shading device* cukup efektif menaungi jendela, tetapi masih ada sebagian dari jendela yang terpapar matahari.

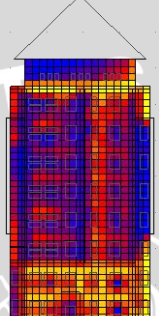
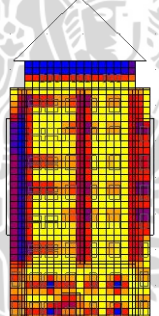
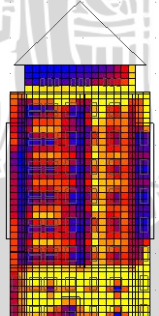
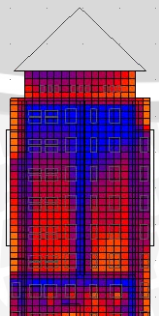


Gambar 4.22 Sudut datang sinar matahari pada *shading device* sisi Barat

Shading device sudah cukup menaungi jendela pada pukul 12.00, karena VSA kurang dari 90° (**Gambar 4.22**). Pada pukul 09.00- 11.00 fasad Barat tidak terpapar matahari karena posisi matahari berada di sisi Timur bangunan, sehingga memiliki VSA lebih dari 90°. Agar *shading device* sisi Barat dapat menaungi jendela dengan maksimal, maka diperlukan ukuran *shading device* yang menyesuaikan dengan sudut datang matahari (VSA). Sudut VSA terkecil dapat menghasilkan panjang *shading device* yang maksimal, yaitu besar VSA 18.0° dan HSA 17.6°.

4.3.3 Hasil Simulasi Fasad Eksisting Sisi Utara

Tabel 4.7 Hasil simulasi *incident solar radiation* fasad eksisting sisi Utara

Tanggal	Hasil Simulasi	Av. Hourly Values (Wh)
Eksisting		-
21 Mar.		116.99
21 Jun.		208.95
21 Sep.		174.90
21 Des.		91.95

Hasil simulasi fasad eksisting sisi Utara (**Tabel 4.7**) menunjukkan bahwa radiasi matahari langsung yang paling tinggi berada pada tanggal 21 Juni sebesar 208.95 Wh, sedangkan yang paling rendah berada pada tanggal 21 Desember sebesar 91.95 Wh. Pada tanggal 21 Juni posisi matahari berada di Utara, sehingga pada tanggal tersebut radiasi matahari langsung yang diterima fasad sisi Utara menjadi lebih besar, sedangkan pada tanggal 21 Desember posisi matahari berada di Selatan, sehingga fasad Utara tidak banyak terpapar matahari.

Tabel 4.8 Hasil simulasi pembayangan eksisting sisi Utara

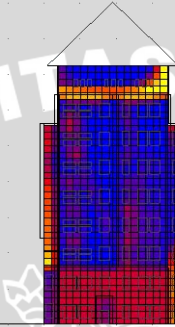
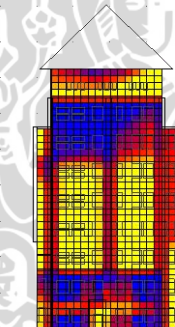
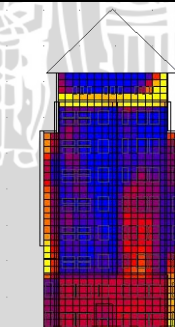
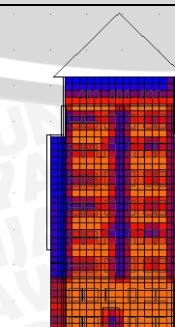
Jam	21 Maret	21 Juni	21 September	21 Desember
09.00				
	HSA: 70.8° VSA: 74.7°	HSA: 38.6° VSA: 48.7°	HSA: 67.5° VSA: 74.2°	HSA: 108.1° VSA: 103.9°
10.00				
	HSA: 63.5° VSA: 78.1°	HSA: 24.7° VSA: 54.3°	HSA: 57.5° VSA: 77.5°	HSA: 119.2° VSA: 103.4°
11.00				
	HSA: 40.3° VSA: 80.9°	HSA: 3.3° VSA: 57.8°	HSA: 22.2° VSA: 80.3°	HSA: 148.1° VSA: 104.4°
12.00				
	HSA: -47.8° VSA: 83.5°	HSA: -22.7° VSA: 59.9°	HSA: -57.0° VSA: 82.9°	HSA: -164.1° VSA: 106.8°
13.00				
	HSA: -80.8° VSA: 86.3°	HSA: -44.3° VSA: 60.6°	HSA: -81.0° VSA: 85.7°	HSA: -137.6° VSA: 110.8°

Jam	21 Maret	21 Juni	21 September	21 Desember
14.00	 HSA: -89.7° VSA: 89.8°	 HSA: -58.4° VSA: 59.7°	 HSA: -89.0° VSA: 89.2°	 HSA: -127.5° VSA: 116.9°
15.00	 HSA: -93.9° VSA: 94.9°	 HSA: -67.0° VSA: 56.0°	 HSA: -93.2° VSA: 94.6°	 HSA: -123.5° VSA: 126.4°
16.00	 HSA: -96.8° VSA: 104.9°	 HSA: -72.4° VSA: 45.7°	 HSA: -96.0° VSA: 105.9°	 HSA: -122.2° VSA: 141.4°

Tabel 4.8 menunjukkan hasil studi pembayangan pada salah satu jendela di fasad Utara, sehingga diketahui bahwa *shading device* cukup efektif menaungi jendela pada tanggal 21 Maret dan 21 September pukul 11.00- 16.00, tetapi pada pukul 09.00- 10.00 sebagian jendela masih terpapar matahari. Pada tanggal 21 Desember jendela di fasad Utara telah terbayangi karena posisi matahari berada di Selatan. *Shading device* kurang efektif pada bulan Juni, dikarenakan posisi matahari berada di Utara, sehingga paparan matahari ke jendela cukup maksimal. Agar dapat menaungi jendela, maka dibutuhkan *shading device* dengan ukuran yang sesuai dengan sudut datang matahari (VSA). VSA terkecil pada fasad sisi Utara adalah 45.7° dengan HSA sebesar -72.4°.

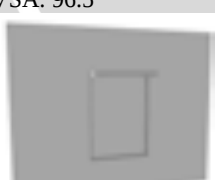
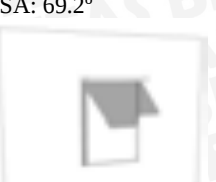
4.3.4 Hasil Simulasi Fasad Eksisting Sisi Selatan

Tabel 4.9 Hasil simulasi *incident solar radiation* fasad eksisting sisi Selatan

Tanggal	Hasil Simulasi	Av. Hourly Values (Wh)
Eksisting		-
21 Mar.		70.17
21 Jun.		169.42
21 Sep.		90.17
21 Des.		130.46

Hasil simulasi fasad eksisting sisi Selatan (**Tabel 4.9**) menunjukkan bahwa radiasi matahari langsung yang paling tinggi berada pada tanggal 21 Juni sebesar 169.42 Wh, sedangkan yang paling rendah berada pada tanggal 21 Maret sebesar 70.17 Wh. Radiasi matahari langsung juga cukup tinggi pada tanggal 21 Desember dikarenakan posisi matahari berada di Selatan.

Tabel 4.10 Hasil simulasi pembayangan eksisting sisi Selatan

Jam	21 Maret	21 Juni	21 September	21 Desember
09.00				
	HSA: -109.2° VSA: 105.3°	HSA: -141.4° VSA: 131.3°	HSA: -112.5° VSA: 105.8°	HSA: -71.9° VSA: 76.1°
10.00				
	HSA: -116.5° VSA: 101.9°	HSA: -155.3° VSA: 125.7°	HSA: -122.5° VSA: 102.5°	HSA: -60.8° VSA: 76.6°
11.00				
	HSA: -139.7° VSA: 99.1°	HSA: -176.7° VSA: 122.2°	HSA: -157.8° VSA: 99.7°	HSA: -31.9° VSA: 75.6°
12.00				
	HSA: 132.2° VSA: 96.5°	HSA: 157.3° VSA: 120.1°	HSA: 123.0° VSA: 97.1°	HSA: 15.9° VSA: 73.2°
13.00				
	HSA: 99.2° VSA: 93.7°	HSA: 135.7° VSA: 119.4°	HSA: 99.0° VSA: 94.3°	HSA: 42.4° VSA: 69.2°
14.00				
	HSA: 90.3° VSA: 90.2°	HSA: 121.6° VSA: 120.3°	HSA: 91.0° VSA: 90.8°	HSA: 52.5° VSA: 63.1°

Jam	21 Maret	21 Juni	21 September	21 Desember
15.00	 HSA: 86.1° VSA: 85.1°	 HSA: 113.0° VSA: 124.0°	 HSA: 86.8° VSA: 85.4°	 HSA: 56.5° VSA: 53.6°
16.00	 HSA: 83.2° VSA: 75.1°	 HSA: 107.6° VSA: 134.3°	 HSA: 84.0° VSA: 74.1°	 HSA: 57.8° VSA: 38.6°

Tabel 4.10 menunjukkan hasil studi pembayangan pada salah satu jendela di fasad Selatan, sehingga diketahui bahwa *shading device* cukup efektif menaungi jendela pada tanggal 21 Maret dan 21 September pukul 09.00- 15.00, tetapi pada pukul 16.00 sebagian jendela masih terpapar matahari. Pada tanggal 21 Juni jendela di fasad Selatan telah terbayangi karena posisi matahari berada di Utara. *Shading device* kurang efektif pada bulan Desember, dikarenakan posisi matahari berada di Selatan, sehingga paparan matahari ke jendela cukup maksimal. Agar dapat menaungi jendela, maka dibutuhkan *shading device* dengan ukuran yang sesuai dengan sudut datang matahari (VSA). VSA terkecil pada fasad sisi Selatan adalah 38.6° dengan HSA sebesar 57.8°.

4.4 Penghitungan Ukuran *Shading Device*

Penghitungan ukuran *shading device* berbeda-beda pada tiap fasad karena dipengaruhi oleh HSA dan VSA. HSA merupakan sudut horizontal matahari terhadap orientasi dinding. Dinding dengan orientasi Utara, maka HSA sama dengan azimuth. VSA merupakan sudut antara orientasi dinding dengan garis vertikal yang diambil tegak lurus dari tangen *altitude*.

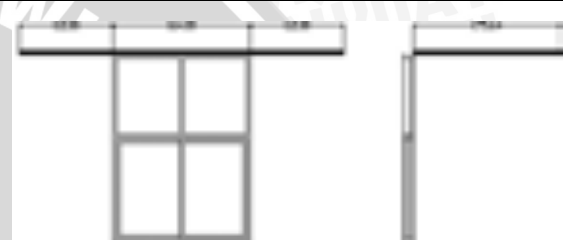
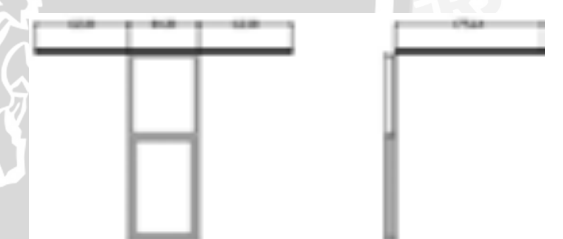
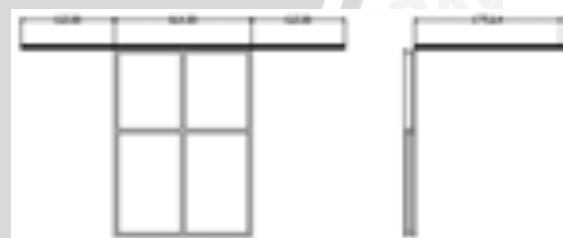
Nilai h yang digunakan untuk menghitung kedalaman *shading device* diasumsikan setinggi jendela, sehingga pembayangan yang dihasilkan akan membayangi keseluruhan tinggi jendela. Nilai d merupakan kedalaman *shading device* yang akan dihitung. Nilai w merupakan tambahan panjang *shading device*.

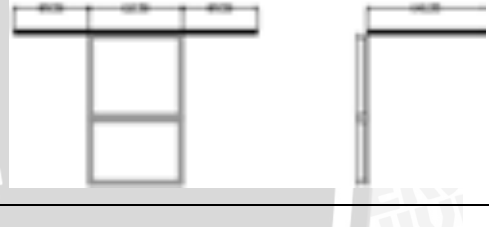
4.4.1 Penghitungan Ukuran *Shading Device* Fasad Timur

VSA : 51.9°

HSA : -19.2°

Tabel 4.11 Penghitungan ukuran *shading device* fasad Timur

Jenis Jendela	Ukuran Jendela	Kedalaman <i>Shading Device</i> $d = \frac{h}{\tan VSA}$	Panjang <i>Shading Device</i> $w = \frac{h}{2}$	Gambar
J1	h= 224 cm d= 164 cm	d= 224/ tan51.9= 175.64 cm	w= 224/ 2= 112 cm	
J2	h= 224 cm d= 84 cm	d= 224/ tan51.9= 175.64 cm	w= 224/ 2= 112 cm	
J3	h= 224 cm d= 155 cm	d= 224/ tan51.9= 175.64 cm	w= 224/ 2= 112 cm	

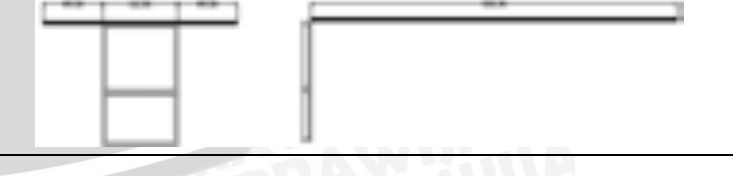
Jenis Jendela	Ukuran Jendela	Kedalaman Shading Device $d = \frac{h}{\tan VSA}$	Panjang Shading Device $w = \frac{h}{2}$	Gambar
J5-BV3	h= 228 cm d= 112.5 cm	d= 228/ tan51.9= 178.77 cm	w= 228/ 2= 114 cm	
J9-BV3	h= 179 cm d= 112.5 cm	d= 179/ tan 51.9= 140.35 cm	w= 179/ 2= 89.5 cm	
BV2	h= 87 cm d= 195 cm	d= 87/ tan51.9= 68.21 cm d= 224/ tan51.9= 175.64 cm	w= 87/ 2= 43.5 cm w= 224/ 2= 112 cm	
BV6	h= 110 cm d= 60 cm	d= 110/ tan51.9= 86.25 cm	w= 110/ 2= 55 cm	

4.4.2 Penghitungan Ukuran *Shading Device* Fasad Barat

VSA : 18.0°

HSA : -17.6°

Tabel 4.12 Penghitungan ukuran *shading device* fasad Barat

Jenis Jendela	Ukuran Jendela	Kedalaman <i>Shading Device</i> $d = \frac{h}{\tan VSA}$	Panjang <i>Shading Device</i> $w = \frac{h}{2}$	Gambar
J1	h= 224 cm d= 164 cm	d= 224/ tan18= 689.40 cm	w= 224/ 2= 112 cm	
J2	h= 224 cm d= 84 cm	d= 224/ tan18= 689.40 cm	w= 224/ 2= 112 cm	
J5-BV3	h= 228 cm d= 112.5 cm	d= 228/ tan18= 701.71 cm	w= 228/ 2= 114 cm	
J6	h= 252 cm d= 97.5 cm	d= 252/ tan18= 775.57 cm	w= 252/ 2= 126 cm	
J9-BV3	h= 179 cm d= 112.5 cm	d= 179/ tan18= 550.90 cm	w= 179/ 2= 89.5 cm	

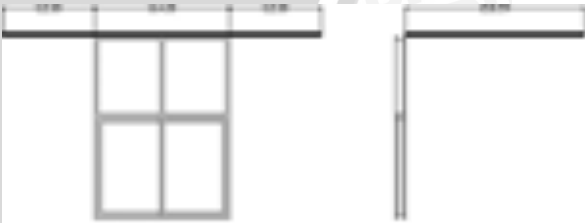
Jenis Jendela	Ukuran Jendela	Kedalaman <i>Shading Device</i> $d = \frac{h}{\tan VSA}$	Panjang <i>Shading Device</i> $w = \frac{h}{2}$	Gambar
BV4	h= 100 cm d= 156 cm	d= 100/ tan18= 307.77 cm	w= 100/ 2= 50 cm	
BV5	h= 100 cm d= 112.5 cm	d= 100/ tan18= 307.77 cm	w= 100/ 2= 50 cm	
BV6	h= 110 cm d= 60 cm	d= 110/ tan18= 338.54 cm	w= 110/ 2= 55 cm	

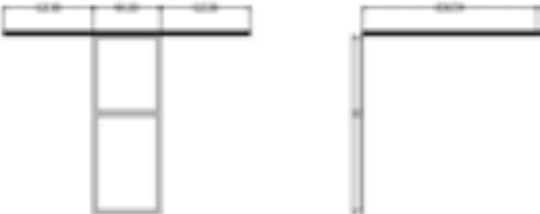
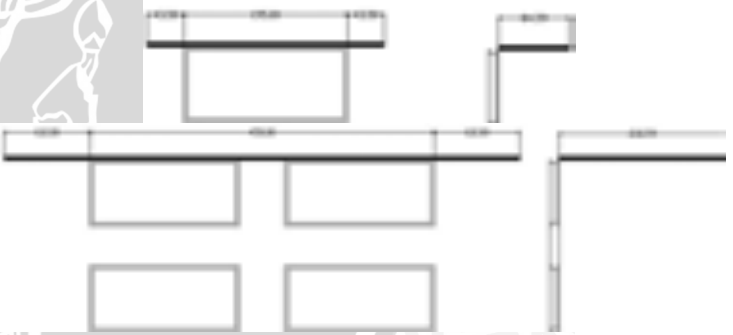
4.4.3 Penghitungan Ukuran *Shading Device* Fasad Utara

VSA : 45.7°

HSA : -72.4°

Tabel 4.13 Penghitungan ukuran *shading device* fasad Utara

Jenis Jendela	Ukuran Jendela	Kedalaman <i>Shading Device</i> $d = \frac{h}{\tan VSA}$	Panjang <i>Shading Device</i> $w = \frac{h}{2}$	Gambar
J1	h= 224 cm d= 164 cm	d= 224/ tan45.7= 218.59 cm	w= 224/ 2= 112 cm	

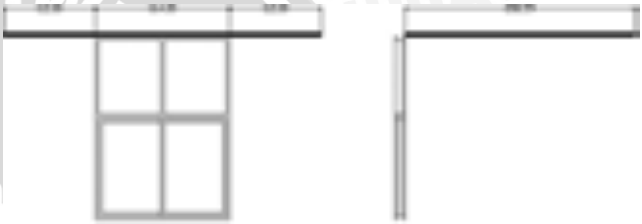
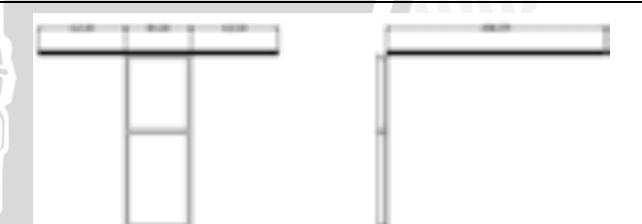
Jenis Jendela	Ukuran Jendela	Kedalaman <i>Shading Device</i> $d = \frac{h}{\tan VSA}$	Panjang <i>Shading Device</i> $w = \frac{h}{2}$	Gambar
J2	h= 224 cm d= 84 cm	d= 224/ tan45.7= 218.59 cm	w= 224/ 2= 112 cm	
J7	h= 224 cm d= 84 cm	d= 224/ tan45.7= 218.59 cm	w= 224/ 2= 112 cm	
BV2	h= 87 cm d= 195 cm	d= 87/ tan45.7= 84.89 cm d= 224/ tan45.7= 218.59 cm	w= 87/ 2= 43.5 cm w= 224/ 2= 112 cm	
BV6	h= 110 cm d= 60 cm	d= 110/ tan45.7= 107.34 cm	w= 110/ 2= 55 cm	

4.4.4 Penghitungan Ukuran *Shading Device* Fasad Selatan

VSA : 38.6°

HSA : 57.8°

Tabel 4.14 Penghitungan ukuran *shading device* fasad Selatan

Jenis Jendela	Ukuran Jendela	Kedalaman <i>Shading Device</i> $d = \frac{h}{\tan VSA}$	Panjang <i>Shading Device</i> $w = \frac{h}{2}$	Gambar
J1	h= 224 cm d= 164 cm	d= 224/ tan38.6= 280.59 cm	w= 224/ 2= 112 cm	
J2	h= 224 cm d= 84 cm	d= 224/ tan38.6= 280.59 cm	w= 224/ 2= 112 cm	
J7	h= 224 cm d= 84 cm	d= 224/ tan38.6= 280.59 cm	w= 224/ 2= 112 cm	

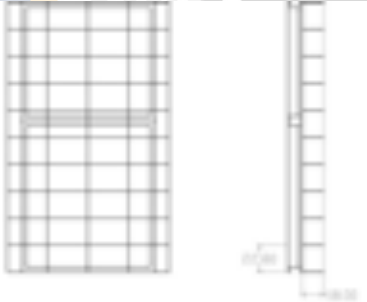
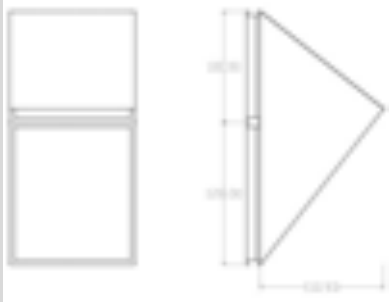
Jenis Jendela	Ukuran Jendela	Kedalaman <i>Shading Device</i> $d = \frac{h}{\tan VSA}$	Panjang <i>Shading Device</i> $w = \frac{h}{2}$	Gambar
BV2	h= 87 cm d= 195 cm	d= 87/ tan38.6= 108.98 cm d= 224/ tan38.6= 280.59 cm	w= 87/ 2= 43.5 cm w= 224/ 2= 112 cm	
BV6	h= 110 cm d= 60 cm	d= 110/ tan38.6= 137.79 cm	w= 110/ 2= 55 cm	

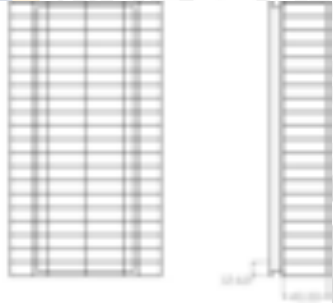
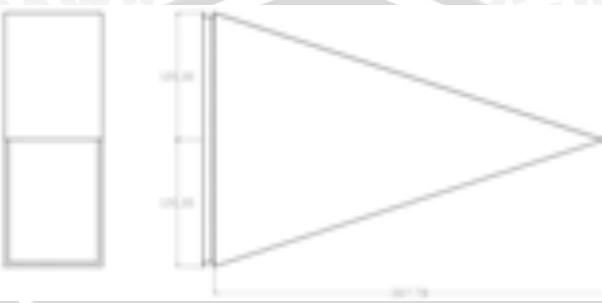
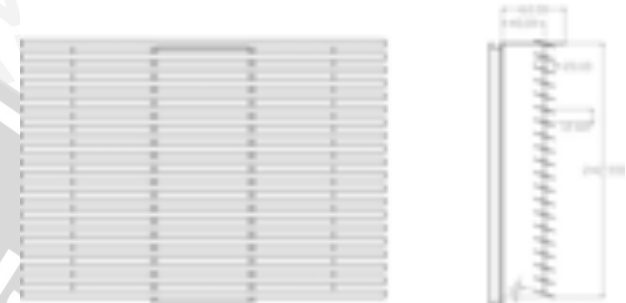
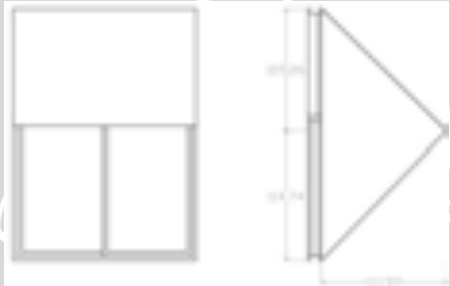
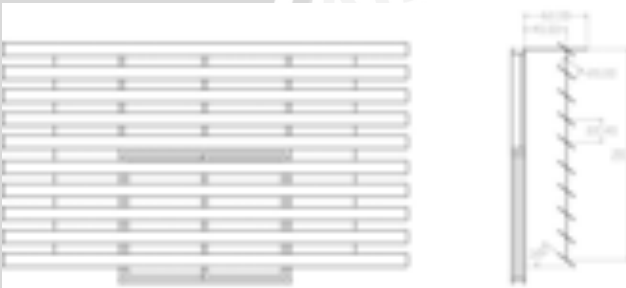
Tabel 4.11 sampai dengan **Tabel 4.14** berisi penghitungan ukuran *shading device* pada masing-masing fasad. Dari hasil penghitungan tersebut, diperoleh ukuran panjang dan kedalaman *shading device* berdasarkan sudut VSA. Pada fasad sisi Timur, panjang *shading device* berkisar antara 43.50 cm – 114 cm, dengan kedalaman berkisar 68.21 cm – 178.77 cm. Pada fasad sisi Barat, panjang *shading device* berkisar antara 50 cm – 126 cm, dengan kedalaman berkisar 307.77 cm – 775.57 cm. Kedalaman *shading device* pada fasad sisi Barat cukup panjang karena sudut datang matahari minimal sangat rendah, sehingga diperlukan *shading device* yang cukup dalam untuk menaungi jendela. Pada fasad sisi Utara, panjang *shading device* berkisar antara 43.5 cm – 112 cm, dengan kedalaman berkisar 84.89 cm – 218.59 cm. Pada fasad sisi Selatan, panjang *shading device* berkisar antara 43.50 cm – 112 cm, dengan kedalaman berkisar 108.98 cm – 280.59 cm. Hasil penghitungan tersebut berfungsi sebagai acuan atau standar untuk alternatif *shading device* selanjutnya. Alternatif model dasar *shading device* akan dipilih berdasarkan standar nilai *Shading Coefficient* (SC) masing-masing tipe peneduh.

4.5 Analisis Alternatif Shading Device

Alternatif tipe atau bentuk *shading device* mengacu pada indikator *Shading Coefficient* yang dikemukakan Egan dalam Talarosha (2005). Semakin kecil nilai *shading coefficient* maka semakin sedikit energi matahari yang ditransmisikan ke dalam bangunan. Jenis *shading device* dengan nilai SC yang relatif rendah adalah *egg-crate*, panel atau awning, *horizontal louver screen*, dan *movable vertical louver*. *Movable vertical louver* tidak dipilih sebagai alternatif karena membutuhkan sistem penggerak, sehingga tidak termasuk dalam jenis *shading device* pasif. Pada analisis alternatif jenis *shading*, tipe jendela yang digunakan adalah jendela J5-BV3 pada sisi Timur, J6 pada sisi Barat, J1 pada sisi Utara dan Selatan. Jendela-jendela tersebut digunakan sebagai sampel analisis karena berdasarkan hasil penghitungan ukuran *shading device* memiliki ukuran yang terbesar.

Tabel 4.15 Analisis Alternatif Shading Device

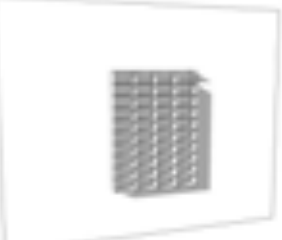
	<i>Egg-crate</i>	Panel/ Awning	<i>Horizontal Louver Screen</i>
Shading Coefficient	0.10	0.15	0.60 – 0.10
Material	Tembaga (K= 385 W/m.K)	Tembaga (K= 385 W/m.K) Paduan aluminium (K= 211 W/m.K) Aluminium yang dikilapkan ($\alpha= 0.12$)	Tembaga (K= 385 W/m.K) Paduan aluminium (K= 211 W/m.K) Aluminium yang dikilapkan ($\alpha= 0.12$)
Warna	Putih semi kilap ($\alpha= 0.30$) Putih kilap ($\alpha= 0.25$) Perak ($\alpha= 0.25$) Pernis putih ($\alpha= 0.21$)	Putih semi kilap ($\alpha= 0.30$) Putih kilap ($\alpha= 0.25$) Perak ($\alpha= 0.25$) Pernis putih ($\alpha= 0.21$)	Putih semi kilap ($\alpha= 0.30$) Putih kilap ($\alpha= 0.25$) Perak ($\alpha= 0.25$) Pernis putih ($\alpha= 0.21$)
Sisi Timur			

	Egg-crate	Panel/ Awning	Horizontal Louver Screen
Sisi Barat			
Sisi Utara			
Sisi Selatan			

Tabel 4.15 berisikan analisis alternatif *shading device* berdasarkan nilai *Shading Coefficient*, material, dan warna. Material yang digunakan adalah material dengan nilai konduktifitas termal yang tinggi, sedangkan warna yang dapat menjadi alteratif adalah warna terang dengan nilai absorbtansi radiasi matahari yang rendah. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa *shading device* jenis *egg-crate*

dan *awning* tidak membutuhkan lebar *shading device* yang lebih dari lebar jendela, karena memiliki elemen vertikal, sehingga dapat menaungi dari sinar atau panas matahari dari sisi samping. *Horizontal louvres screen* membutuhkan lebar kisi-kisi lebih dari lebar jendela karena tidak memiliki elemen vertikal, sehingga membutuhkan peneduh yang lebih lebar agar dapat menaungi jendela dari sinar atau panas yang datang dari sisi samping. Setelah mendapatkan ukuran pada masing-masing jenis *shading device*, perlu dilakukan studi pembayangan untuk mengetahui efektifitas masing-masing jenis *shading device*. Studi pembayangan masing-masing jenis *shading device* pada tiap fasad dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

Tabel 4.16 Studi pembayangan masing-masing jenis *shading device* pada tiap fasad

	Timur	Barat	Utara	Selatan
Eksisting				
Egg-crate				
Awning				

	Timur	Barat	Utara	Selatan
<i>Horizontal Louvres Screen</i>				

Berdasarkan hasil studi pembayangan pada masing-masing jenis *shading device* pada tiap fasad, diketahui bahwa *egg-crate* merupakan jenis *shading device* yang paling efektif menaungi jendela karena memiliki elemen horizontal dan vertikal serta tersusun secara rapat, sehingga dapat menghalangi masuknya sinar dan panas matahari pada jendela. *Egg-crate* cocok digunakan pada jendela atau bukaan yang luas sehingga dapat memberikan naungan secara maksimal. *Awning* cukup efektif menaungi jendela pada tiap sisi fasad, tetapi pada sisi Barat, dibutuhkan *awning* yang cukup panjang, sehingga kurang efektif apabila digunakan pada fasad bangunan, terutama *mid-rise building*. *Horizontal louvres screen* cukup efektif digunakan sebagai peneduh, tetapi membutuhkan lebar yang lebih dari lebar jendela, untuk menanggulangi sinar dan panas matahari yang datang dari samping. Pada sisi barat, kisi-kisi yang dibutuhkan cukup banyak dan tersusun rapat untuk menghalangi sudut datang matahari yang cukup rendah.

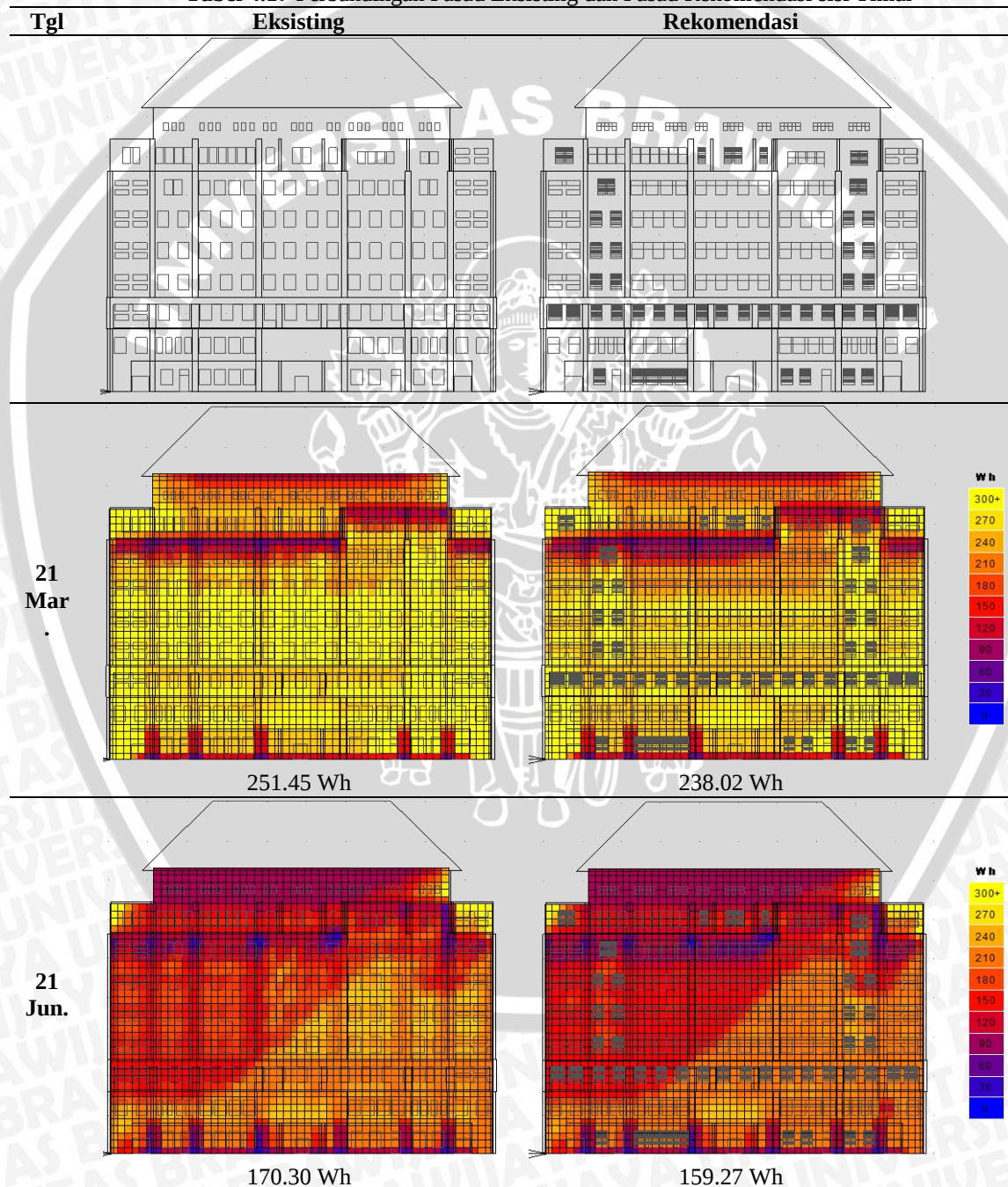
Dari ketiga jenis *shading device* tersebut, yang cocok dan efektif digunakan sebagai *shading device* pada Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya adalah *awning* dan *horizontal louvres screen* pada fasad sisi Timur, Utara, dan Selatan, sedangkan pada fasad sisi Barat hanya menggunakan *horizontal louvres screen*. Penggunaan rekomendasi *shading device* pada masing-masing jendela akan ditentukan berdasarkan nilai rata-rata radiasi matahari langsung yang diterima fasad (**Tabel 4.3, Tabel 4.5, Tabel 4.7, dan Tabel 4.9**). Apabila nilai rata-rata radiasi matahari telah memenuhi nilai minimum, yaitu $\leq 45 \text{ W/m}^2$, maka tidak memerlukan penggunaan *shading device* rekomendasi, sedangkan apabila nilai rata-rata radiasi matahari $\geq 45 \text{ W/m}^2$ maka *shading device* rekomendasi akan ditempatkan pada jendela tersebut.

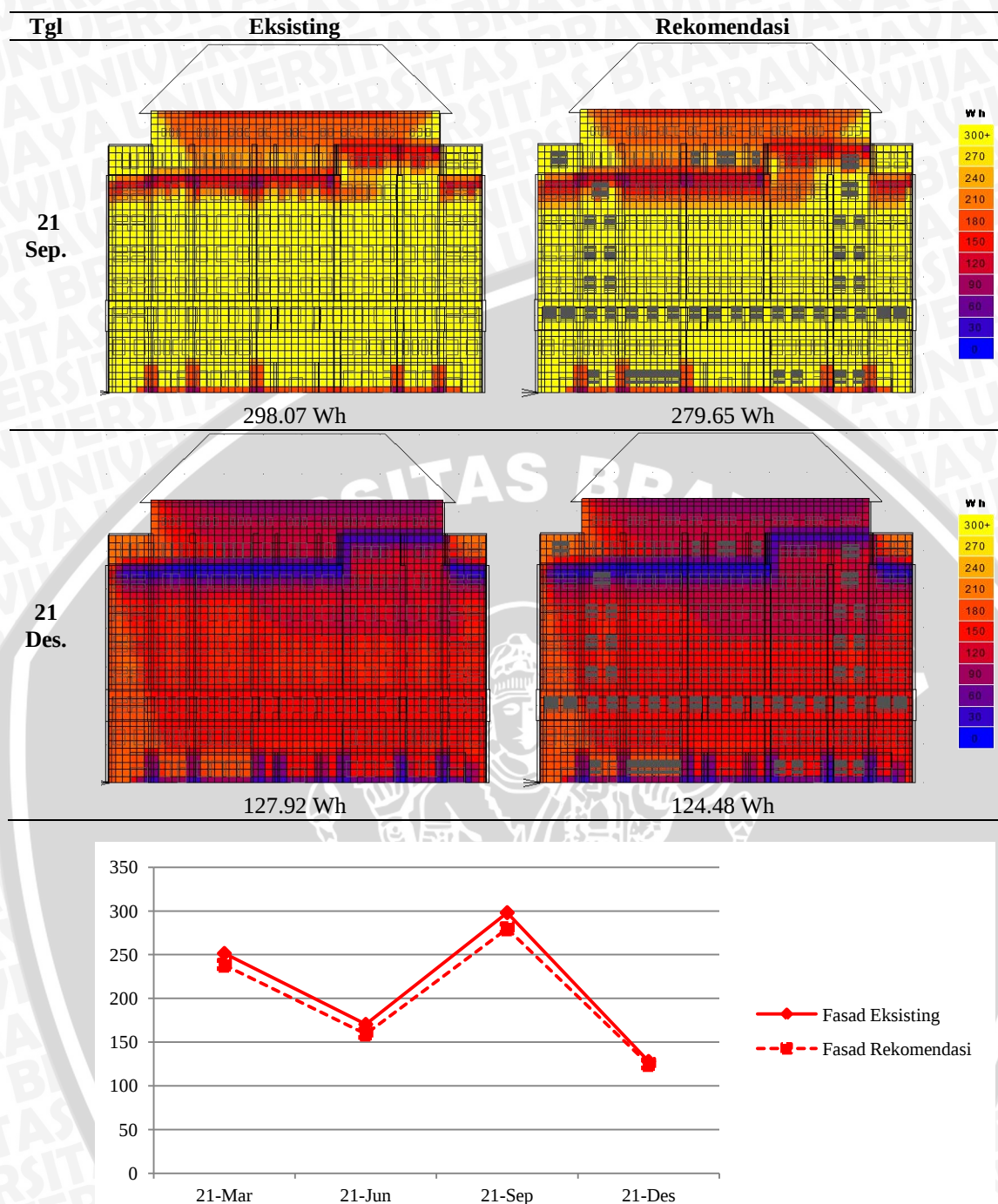
4.6 Hasil Simulasi Fasad Rekomendasi

Fasad rekomendasi merupakan fasad dengan ukuran *shading device* hasil analisis penghitungan ukuran dan studi pembayangan. Fasad rekomendasi pada masing-masing sisi akan berbeda, dipengaruhi oleh sudut datang sinar matahari dan efektifitas *shading device* pada jendela.

4.6.1 Hasil Simulasi Fasad Rekomendasi Sisi Timur

Tabel 4.17 Perbandingan Fasad Eksisting dan Fasad Rekomendasi sisi Timur





Gambar 4.23 Grafik perbandingan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari pada fasad sisi Timur

Tabel 4.17 menunjukkan perbandingan hasil simulasi *incident solar radiation* pada fasad eksisting dan fasad rekomendasi sisi Timur. Perbedaan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari langsung tidak terlalu besar, hanya berkisar 3.44- 18.42 Wh (**Gambar 4.23**). Kecilnya perbedaan tersebut dikarenakan posisi astronomis Indonesia berada di Bujur Timur, sehingga menerima radiasi matahari cukup tinggi. Hal tersebut menyebabkan

penggunaan *shading device* pada fasad sisi Timur tidak terlalu mempengaruhi penurunan intensitas radiasi matahari langsung pada fasad.

Pada studi pembayangan yang dilakukan terhadap fasad rekomendasi, diketahui bahwa *shading device* rekomendasi dengan jenis *awning* dan *horizontal louvres screen* telah mampu menanungi jendela (**Tabel 4.18**). Simulasi atau studi pembayangan dilakukan pada tanggal dan jam kritis saat matahari berada di posisi terendah pada masing-masing sisi fasad, yaitu pada pukul 09.00.

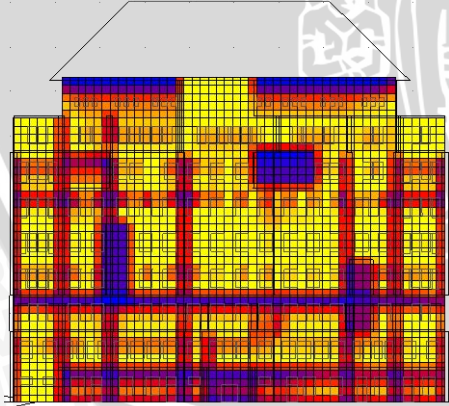
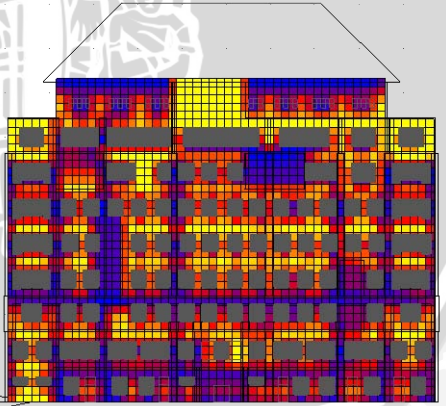
Tabel 4.18 Studi pembayangan fasad rekomendasi sisi Timur

Tgl Jam	Eksisting	Rekomendasi
21 Mar. 09.00		
21 Jun. 09.00		
21 Sep. 09.00		

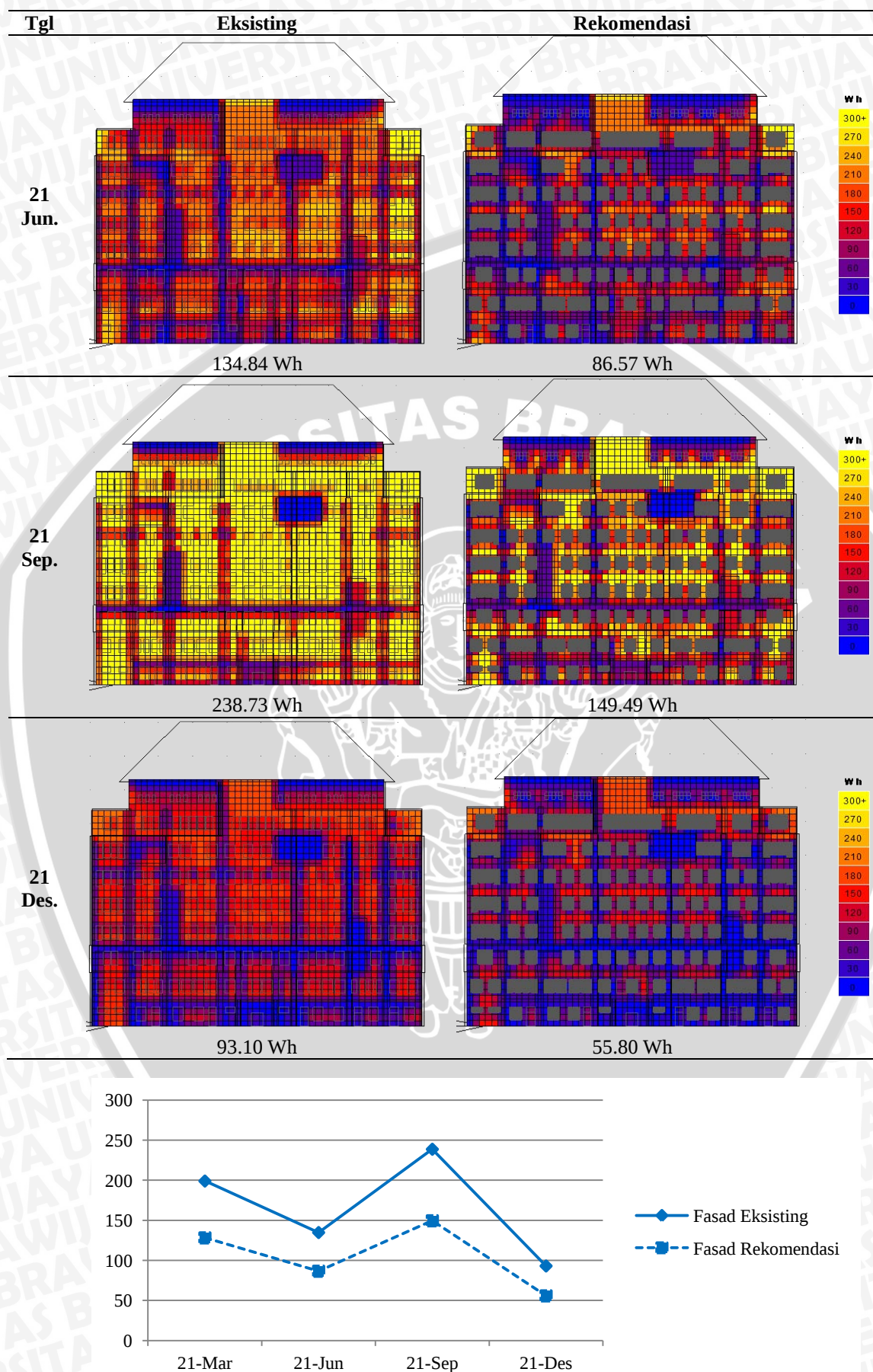
Tgl Jam	Eksisting	Rekomendasi
21 Des. 09.00		

4.6.2 Hasil Simulasi Fasad Rekomendasi Sisi Barat

Tabel 4.19 Perbandingan Fasad Eksisting dan Fasad Rekomendasi sisi Barat

Tgl	Eksisting	Rekomendasi
21 Mar	  199.05 Wh	  128.16 Wh





Gambar 4.24 Grafik perbandingan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari pada sisi Barat

Tabel 4.19 menunjukkan perbandingan hasil simulasi *incident solar radiation* pada fasad eksisting dan fasad rekomendasi sisi Barat. Perbedaan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari langsung tidak cukup besar, berkisar 37.30-89.24 Wh (**Gambar 4.24**). Besarnya perbedaan tersebut menunjukkan bahwa rekomendasi *shading device* berupa *horizontal louvres screen* cukup efektif digunakan sebagai peneduh. Hal tersebut didukung dengan hasil studi pembayangan yang dilakukan terhadap fasad rekomendasi (**Tabel 4.20**).

Pada studi pembayangan, dapat dilihat bahwa *horizontal louvres screen* dapat menaungi jendela dari sudut datang matahari yang cukup rendah, yaitu 18° pada tanggal 21 Juni pukul 16.00. Apabila *shading device* dapat menaungi pada kondisi tersebut, maka pada kondisi yang lain (sudut datang sinar matahari >18°) maka diasumsikan *shading device* yang sejenis juga dapat menaungi secara maksimal.

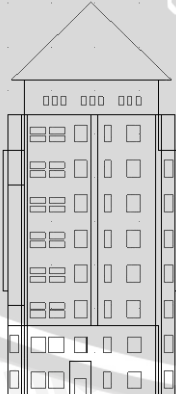
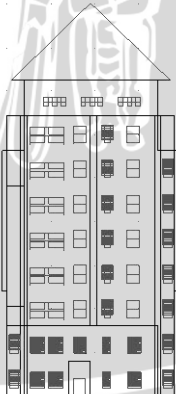
Tabel 4.20 Studi pembayangan fasad rekomendasi sisi Barat

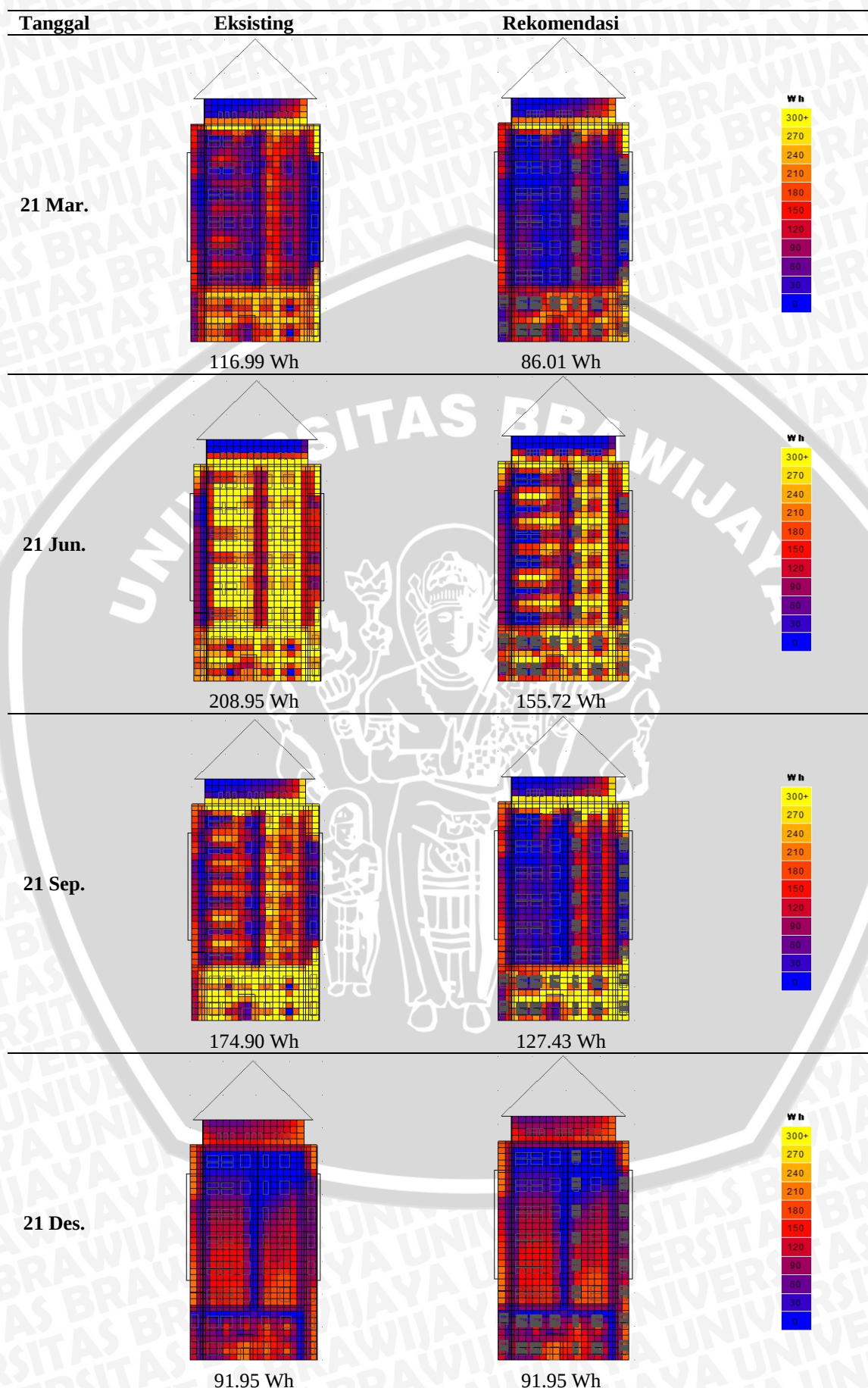
Tgl/ Jam	Eksisting	Rekomendasi
21 Mar. 16.0 0		
21 Jun. 16.0 0		

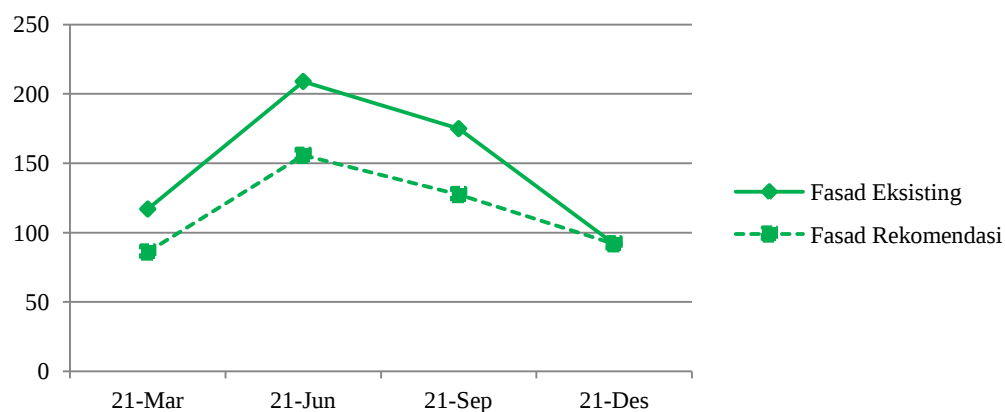
Tgl/ Jam	Eksisting	Rekomendasi
21 Sep. 16.00		
21 Des. 16.00		

4.6.3 Hasil Simulasi Fasad Rekomendasi Sisi Utara

Tabel 4.21 Perbandingan Fasad Eksisting dan Fasad Rekomendasi sisi Utara

Tanggal	Eksisting	Rekomendasi
		



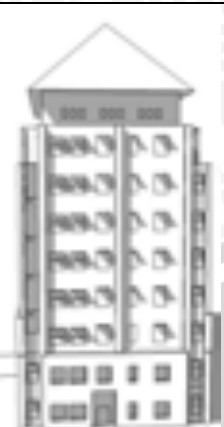
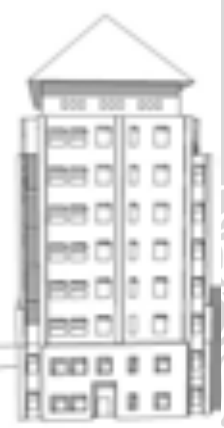
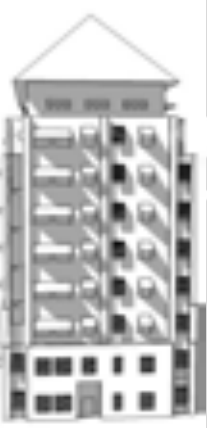
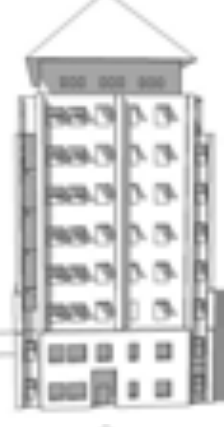
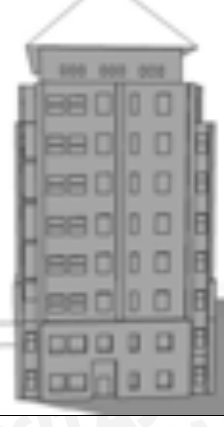
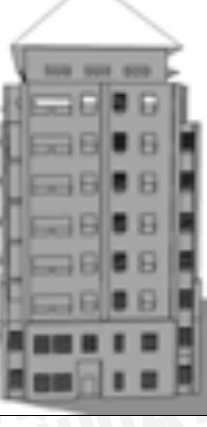


Gambar 4.25 Grafik perbandingan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari pada fasad sisi Utara

Tabel 4.21 menunjukkan perbandingan hasil simulasi *incident solar radiation* pada fasad eksisting dan fasad rekomendasi sisi Utara. Perbedaan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari langsung cukup besar, yaitu berkisar 30.98- 53.23 Wh (**Gambar 4.25**). Pada tanggal 21 Desember, intensitas radiasi matahari langsung tidak mengalami perubahan pada fasad rekomendasi, dikarenakan posisi matahari berada di Selatan, sehingga fasad sisi Utara tidak mendapatkan sinar dan panas matahari secara langsung. Hal tersebut juga dibuktikan dengan studi pembayangan yang dilakukan terhadap fasad rekomendasi (**Tabel 4.22**).

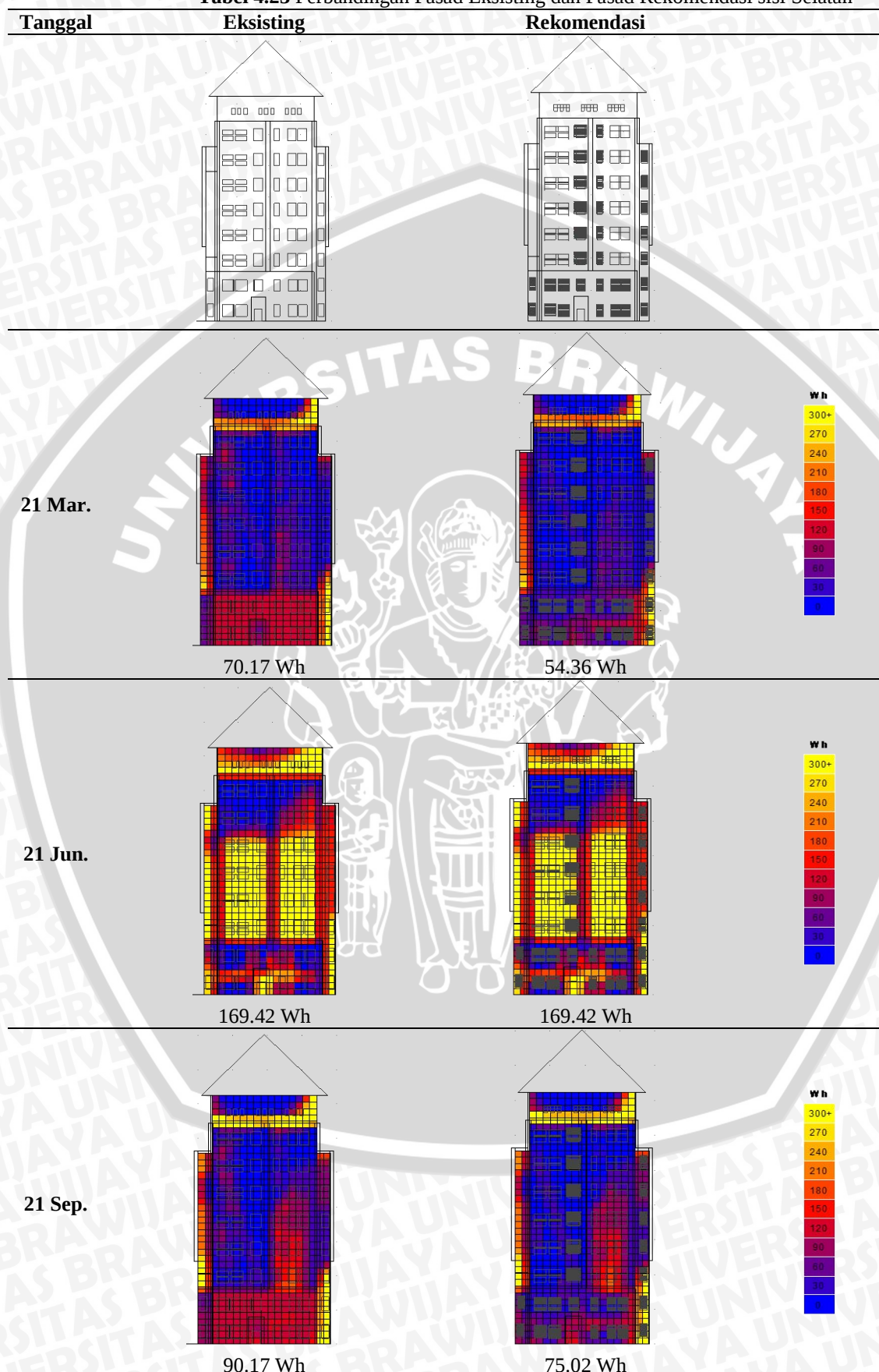
Fasad rekomendasi sisi Utara menggunakan jenis *shading device awning* dan *horizontal louvres screen*. Pada fasad sisi Utara, *awning* efektif digunakan untuk menaungi jendela dari sudut datang matahari dari arah Timur. *Horizontal louvres screen* efektif digunakan pada jendela di sisi yang dekat dengan kolom, karena *horizontal louvres screen* tidak memiliki elemen vertikal, sehingga dapat digantikan dengan keberadaan kolom di sisi Timur jendela. Studi pembayangan yang dilakukan pada fasad rekomendasi menunjukkan bahwa *shading device* hasil penghitungan telah mampu menaungi jendela, terutama dari sinar dan panas matahari dari sisi Timur bangunan.

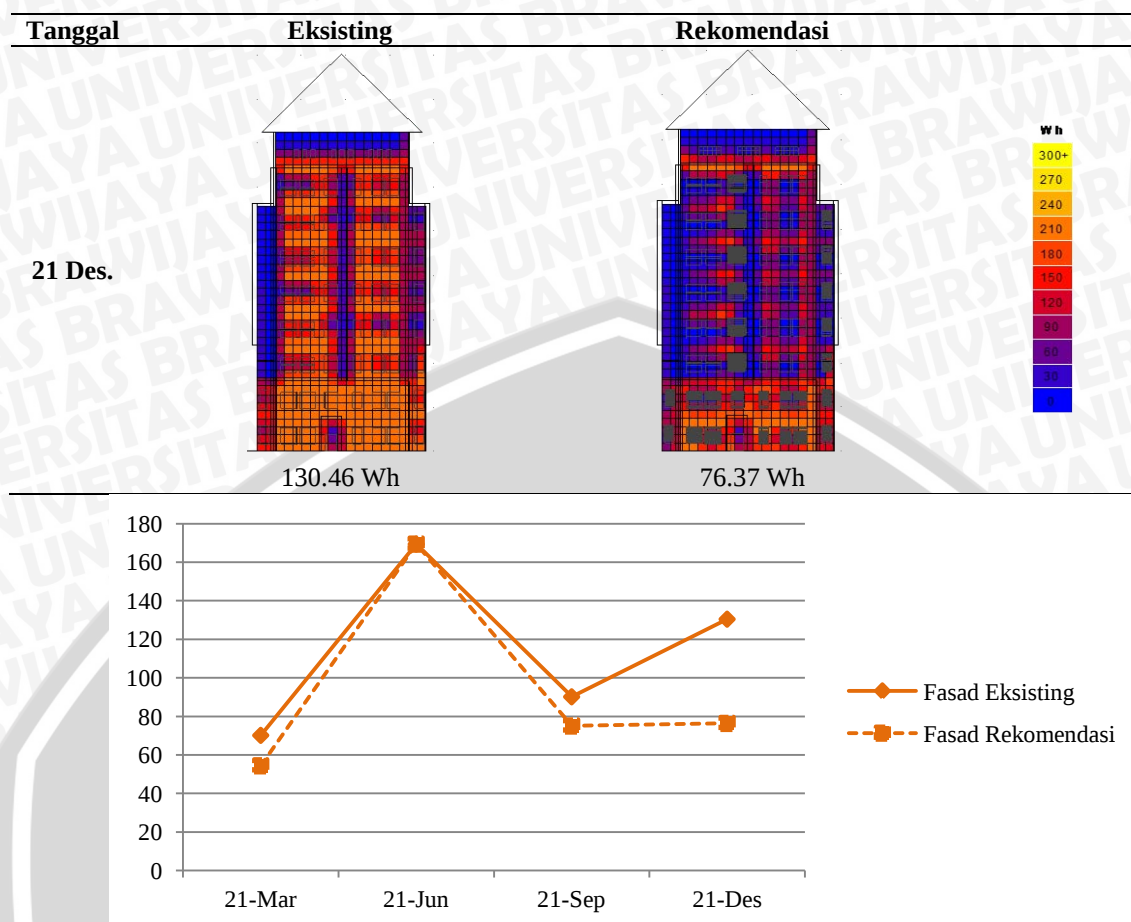
Tabel 4.22 Studi pembayangan fasad rekomendasi sisi Utara

Tgl/ Jam	Eksisting	Rekomendasi
21 Mar. 09.00		
21 Jun. 09.00		
21 Sep. 09.00		
21 Des. 10.00		

4.6.4 Hasil Simulasi Fasad Rekomendasi Sisi Selatan

Tabel 4.23 Perbandingan Fasad Eksisting dan Fasad Rekomendasi sisi Selatan



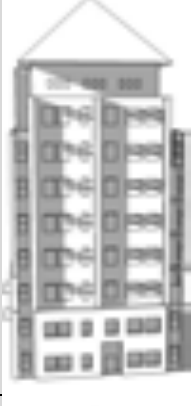


Gambar 4.26 Grafik perbandingan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari pada fasad sisi Selatan

Tabel 4.23 menunjukkan perbandingan hasil simulasi *incident solar radiation* pada fasad eksisting dan fasad rekomendasi sisi Selatan. Perbedaan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari langsung tidak terlalu besar, yaitu berkisar 15.15- 54.90 Wh (**Gambar 4.26**). Pada tanggal 21 Desember, perbedaan intensitas radiasi matahari cukup besar, yaitu 52.90 Wh, dikarenakan posisi matahari berada di Selatan bumi, sehingga penggunaan *shading device* akan efektif pada tanggal tersebut. Berbeda pada saat tanggal 21 Juni, saat posisi matahari berada di Utara, intensitas radiasi matahari tidak mengalami perubahan setelah penggunaan *shading device* rekomendasi.

Studi pembayangan yang dilakukan terhadap fasad rekomendasi (Tabel 4.24) juga menunjukkan hal yang sama, bahwa pada tanggal 21 Juni baik fasad eksisting maupun fasad rekomendasi selalu terbayangi. Pada tanggal 21 Desember pukul 16.00, pada saat sudut matahari rendah, penggunaan *shading device* berupa *awning* dan *horizontal louvres screen* telah efektif sebagai naungan. Pada fasad sisi Selatan, *shading device* efektif menaungi jendela dari sinar dan panas matahari yang datang dari sisi Barat bangunan.

Tabel 4.24 Studi pembayangan fasad rekomendasi sisi Selatan

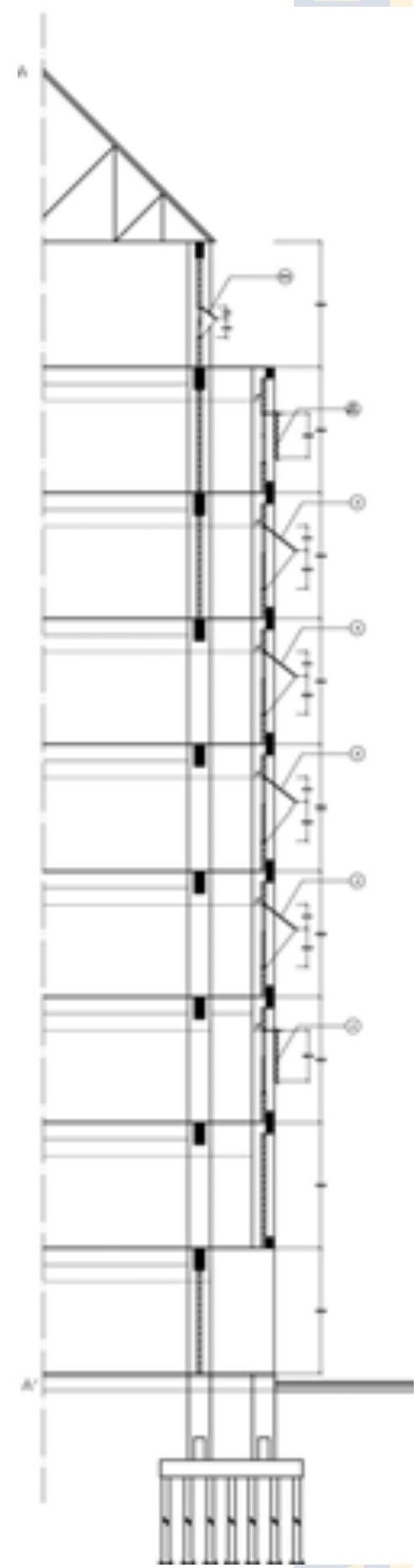
Tgl/ Jam	Eksisting	Rekomendasi
21 Mar. 16.00		
21 Jun. 13.00		
21 Sep. 16.00		
21 Des. 16.00		

4.7 Rekomendasi *Shading Device* Akhir

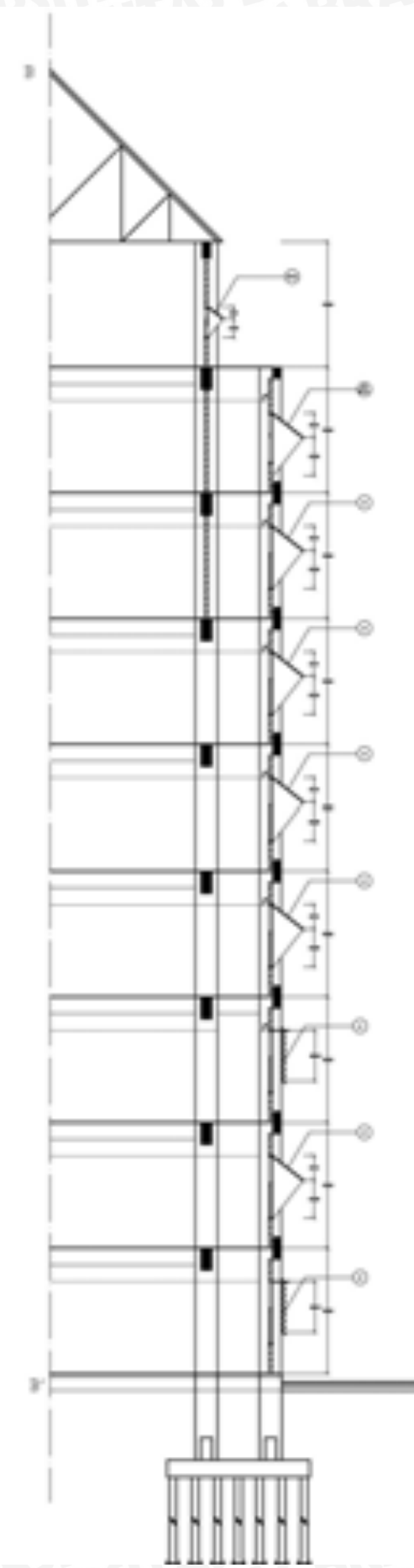
4.7.1 Rekomendasi *Shading Device* Akhir Fasad Sisi Timur



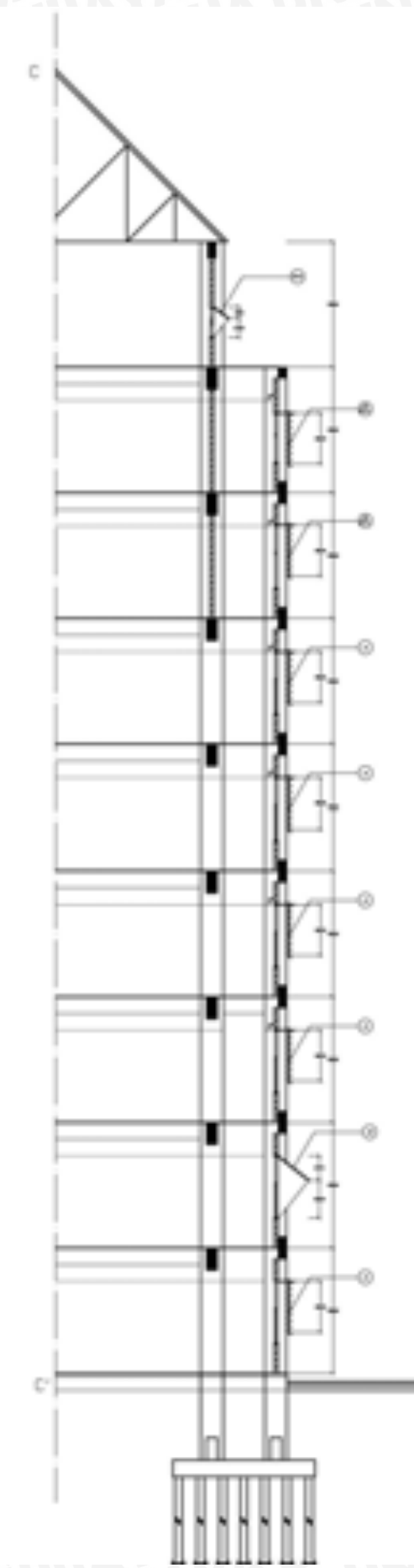
Gambar 4.27. Tampak Timur



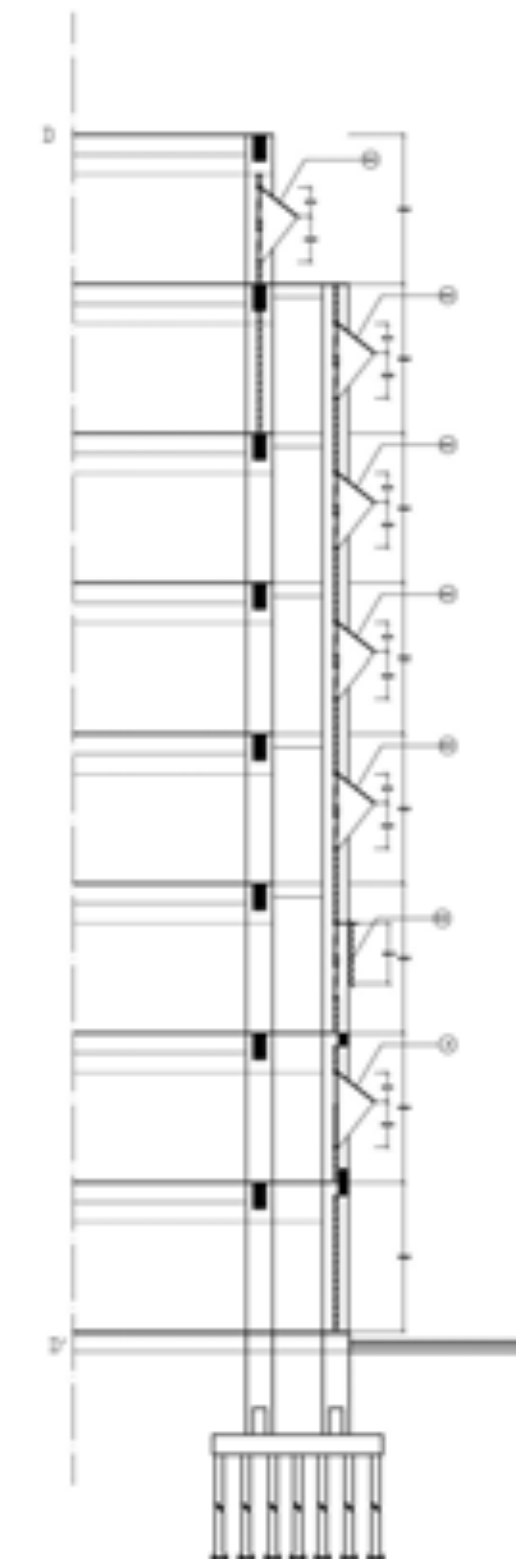
Gambar 4.28 Potongan AA'



Gambar 4.29 Potongan BB'



Gambar 4.30 Potongan CC'



Gambar 4.31 Potongan DD'

Tabel 4.25 Detail Shading Device pada Fasad Sisi Timur

	EXISTING	REKOMENDASI
8v6		
8v2		
J1		
J2		

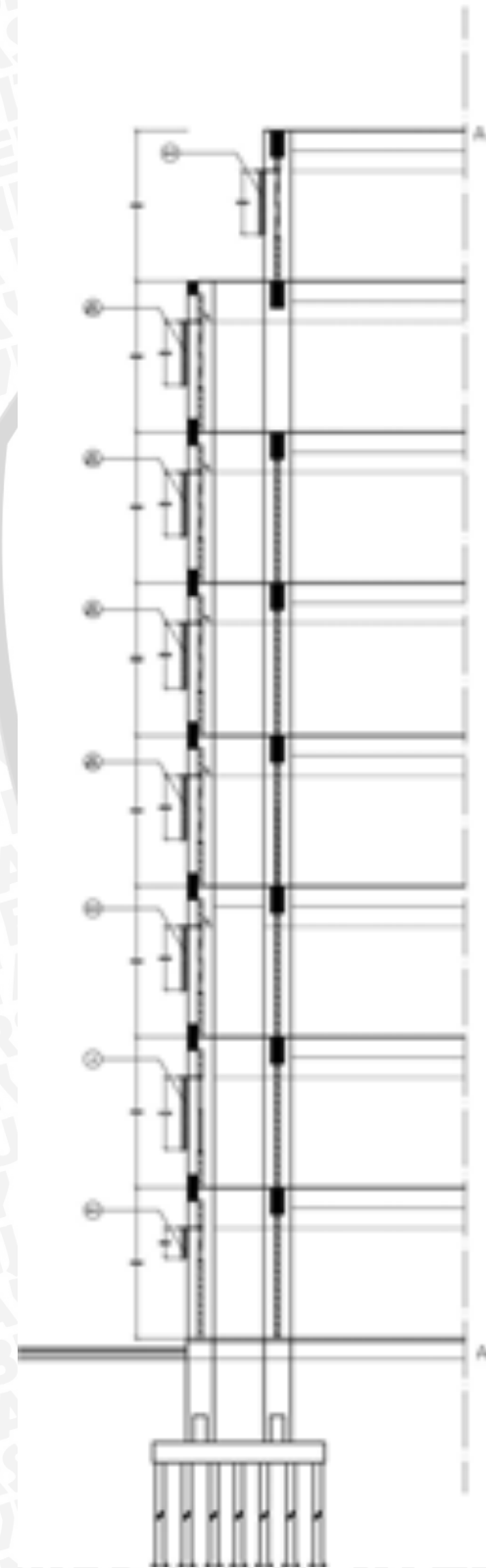
	EXISTING	REKOMENDASI
J3		
J5-IV3		
J9-IV3		



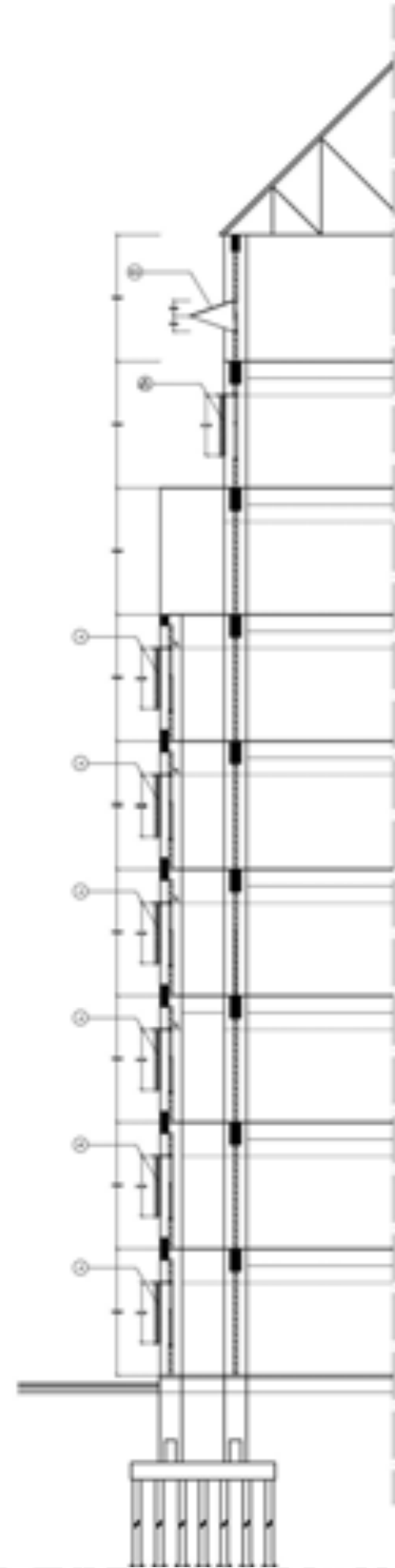
4.7.2 Rekomendasi *Shading Device* Akhir Fasad Sisi Barat



Gambar 4.32 Tampak Barat



Gambar 4.33 Potongan AA'

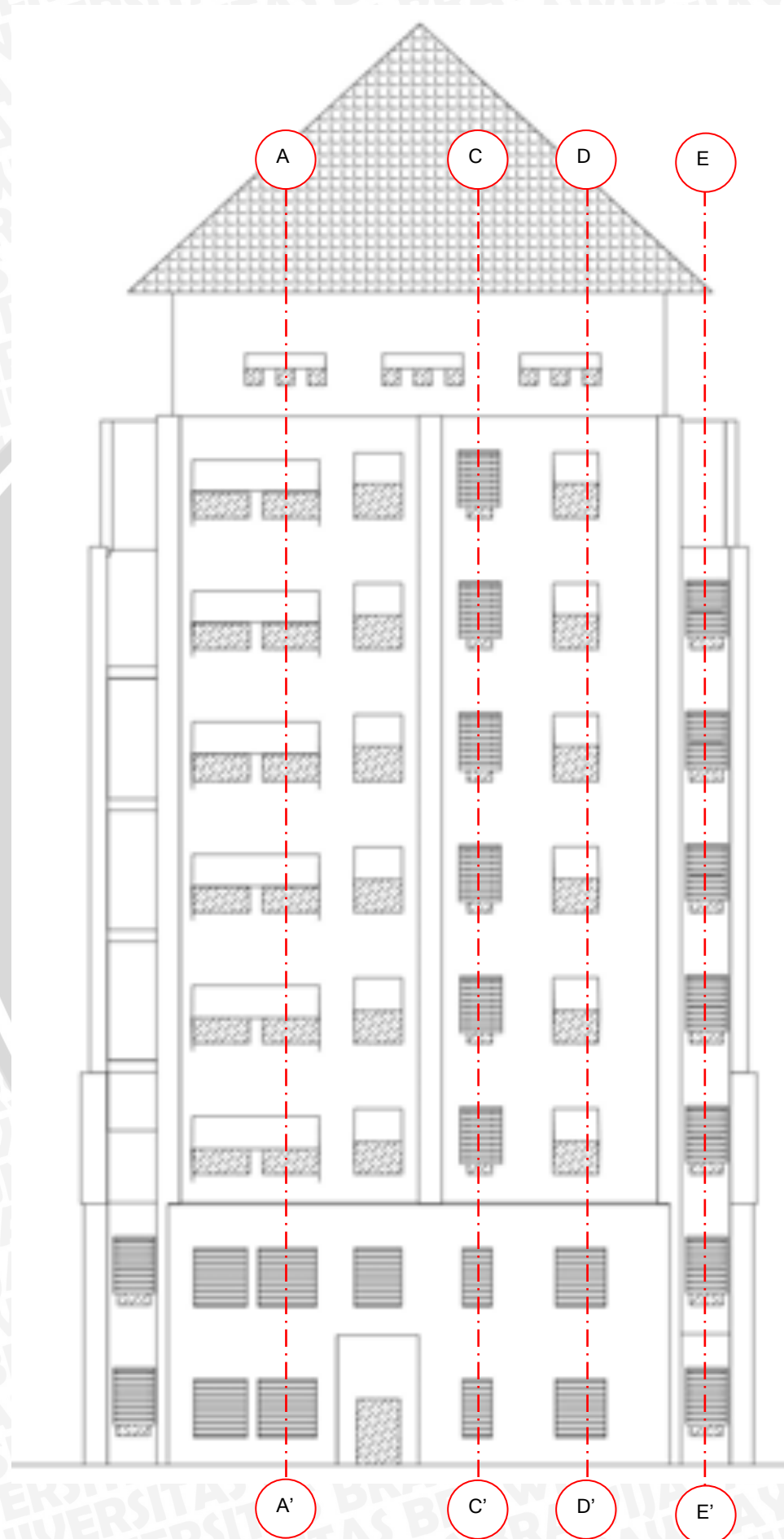


Gambar 4.34 Potongan BB'

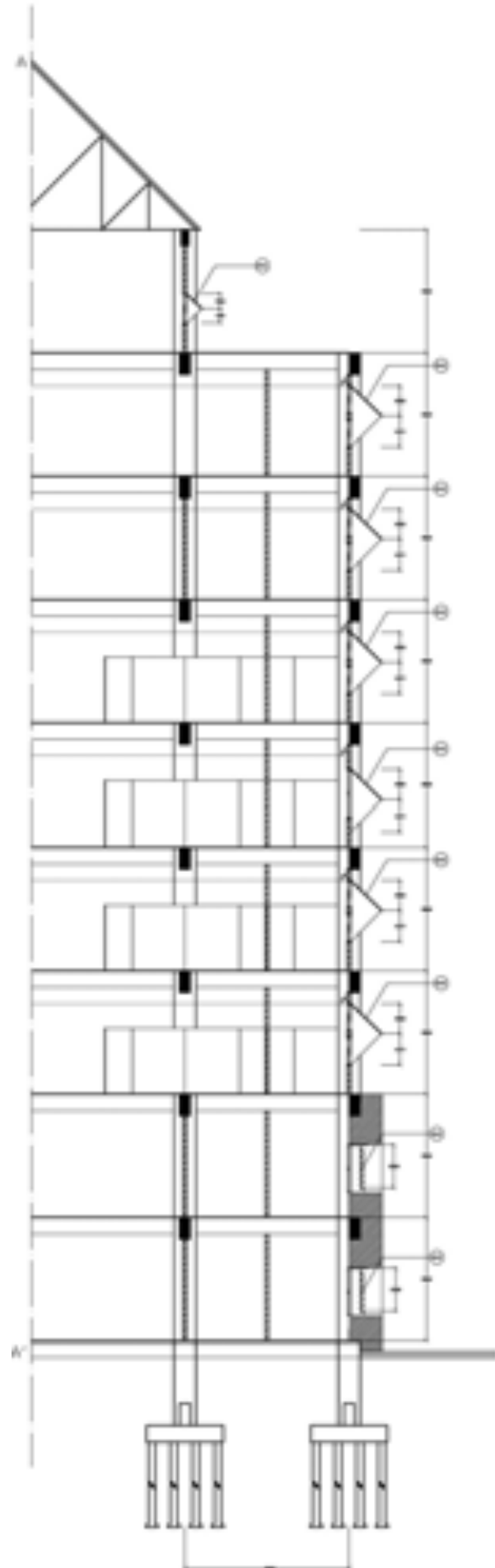
Tabel 4.26 Detail Shading Device pada Fasad Sisi Barat

	EXISTING	REKOMENDASI
8V6		
8V4		
8V5		
J1		

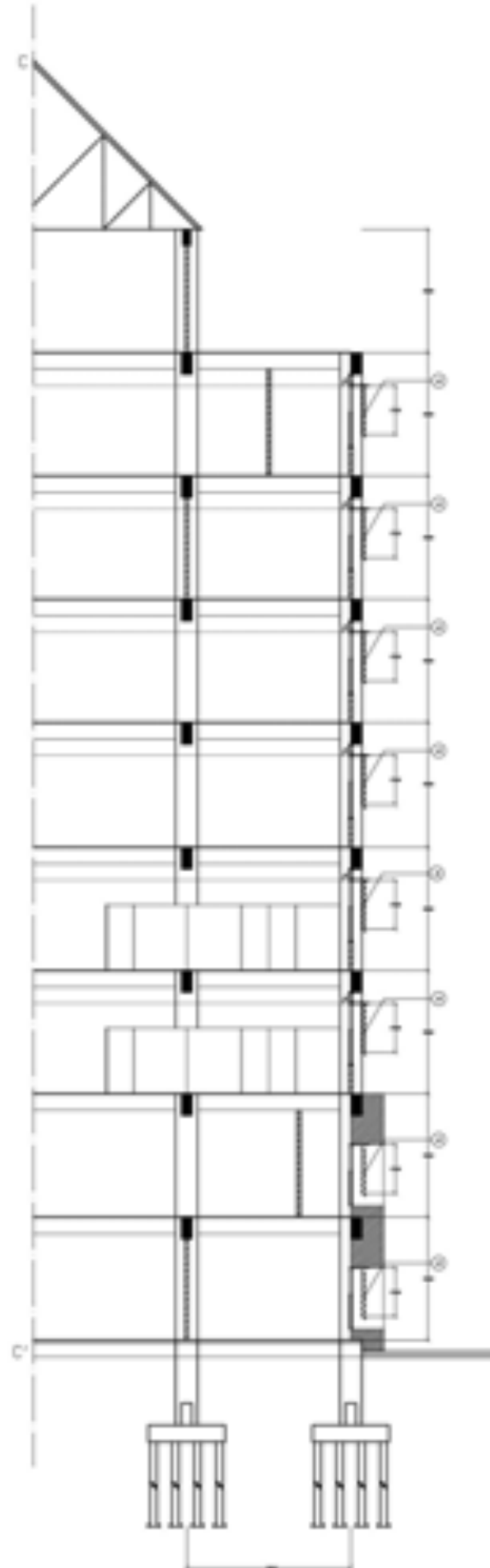
4.7.3 Rekomendasi *Shading Device* Akhir Fasad Sisi Utara



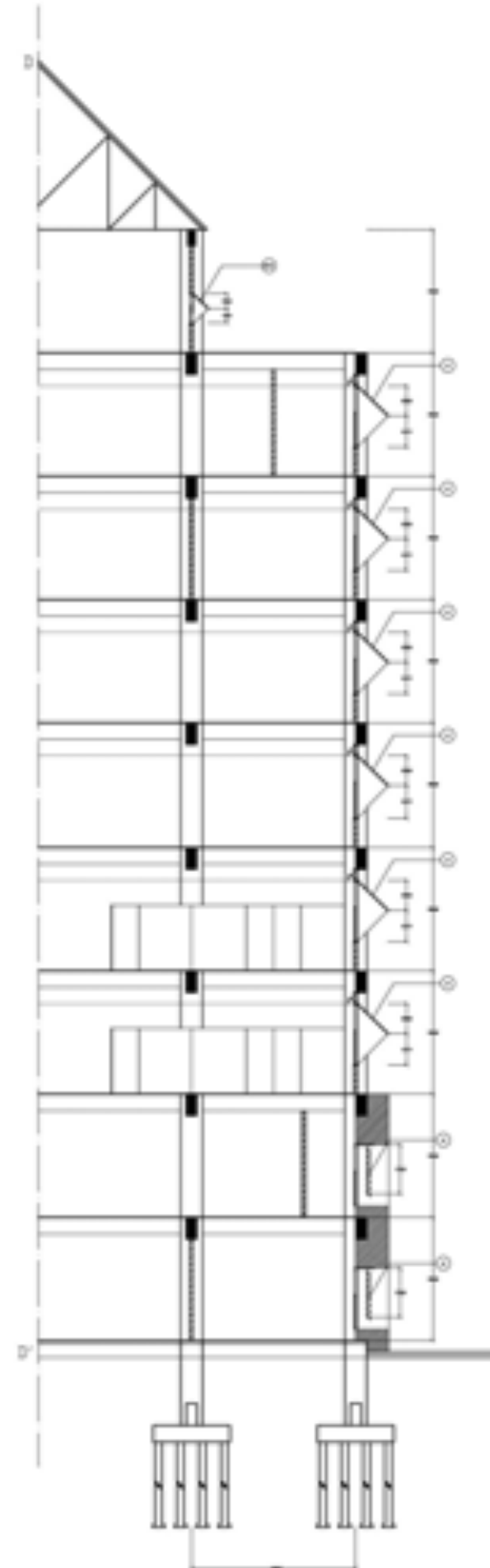
Gambar 4.35 Tampak Utara



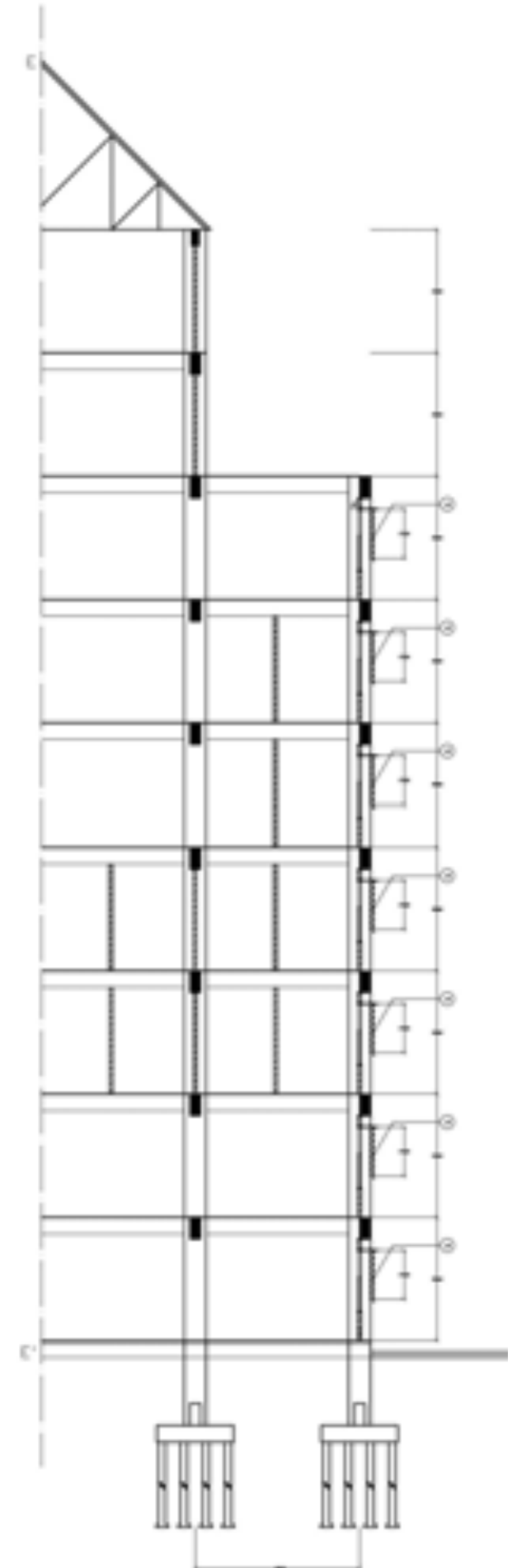
Gambar 4.36 Potongan AA'



Gambar 4.37 Potongan CC'



Gambar 4.38 Potongan DD'

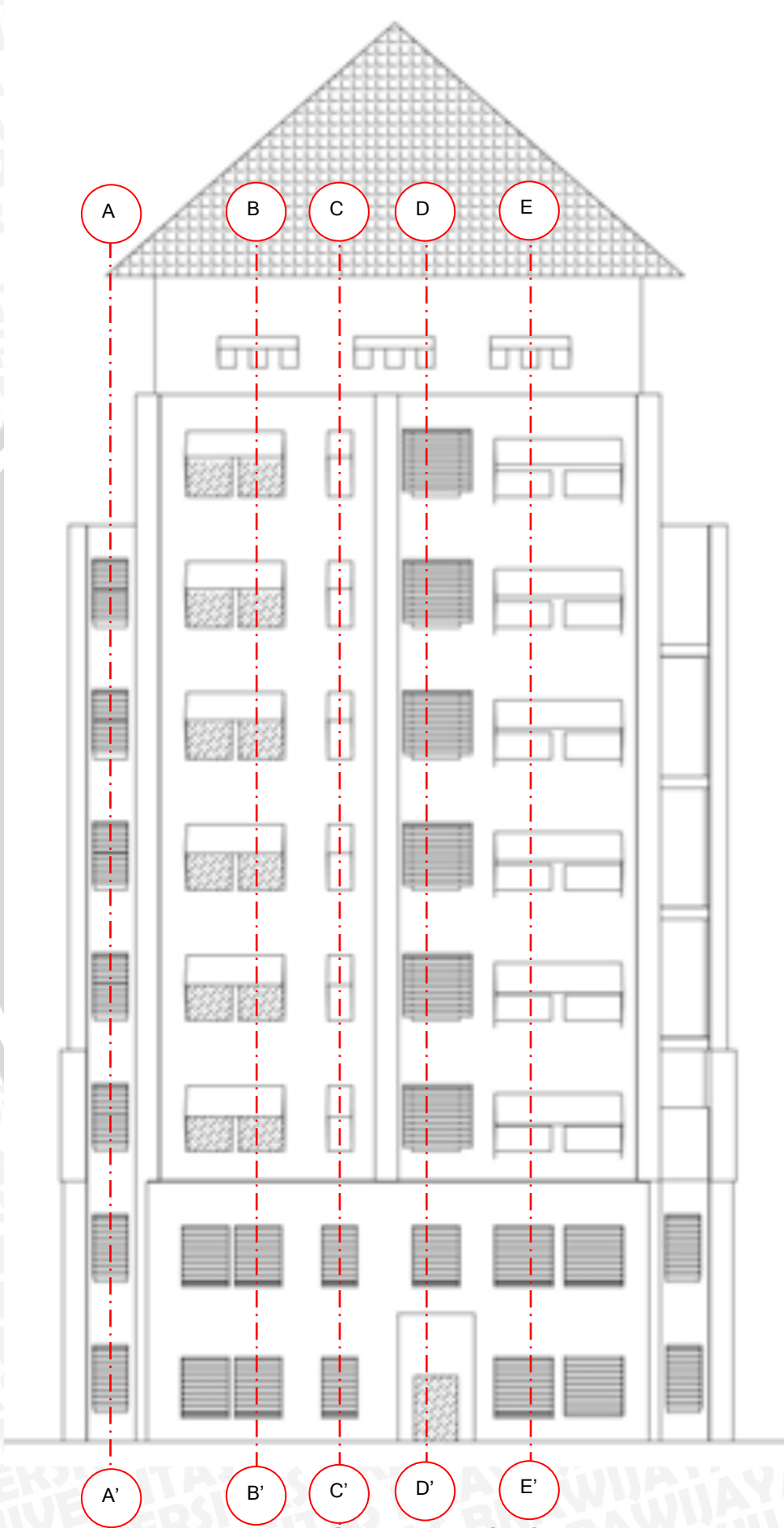


Gambar 4.39 Potongan EE'

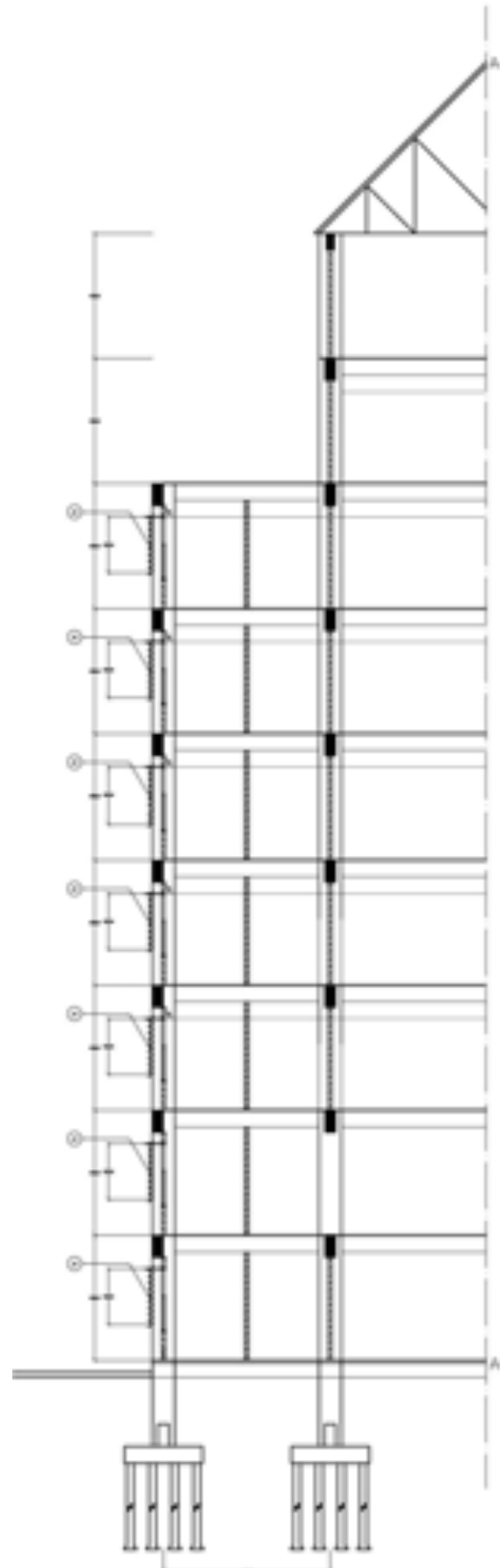
Tabel 4.27 Detail Shading Device pada Fasad Sisi Utara

	EKSISTING	REKOMENDASI
8V6		
8V2		
J1		
J2		

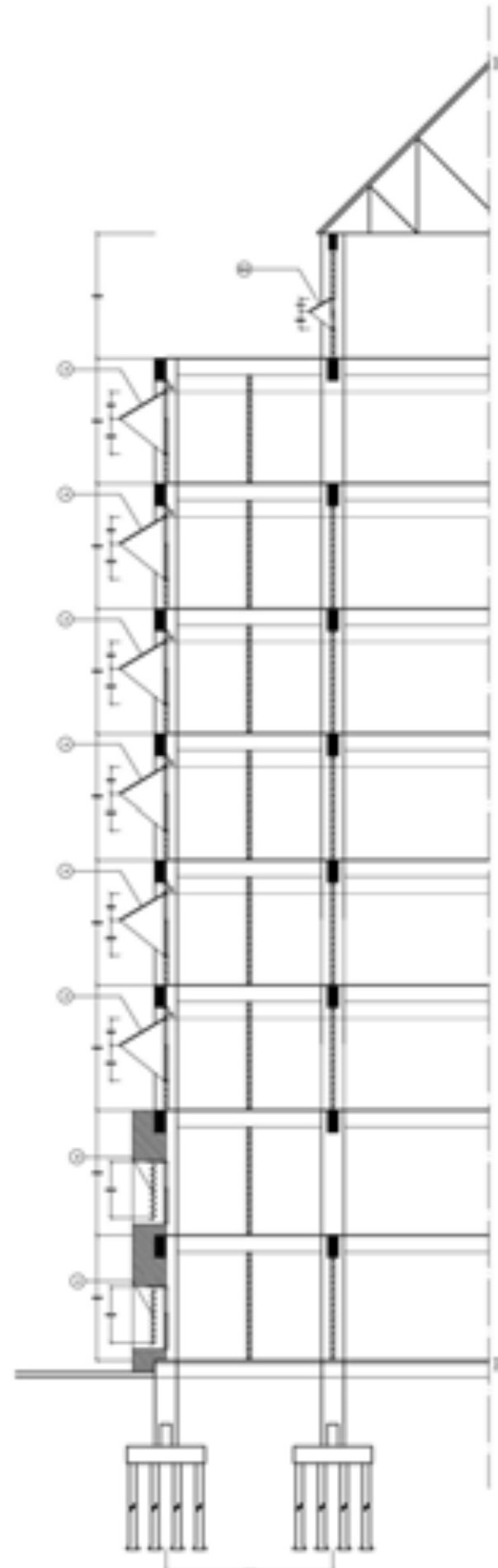
4.7.4 Rekomendasi *Shading Device* Akhir Fasad Sisi Selatan



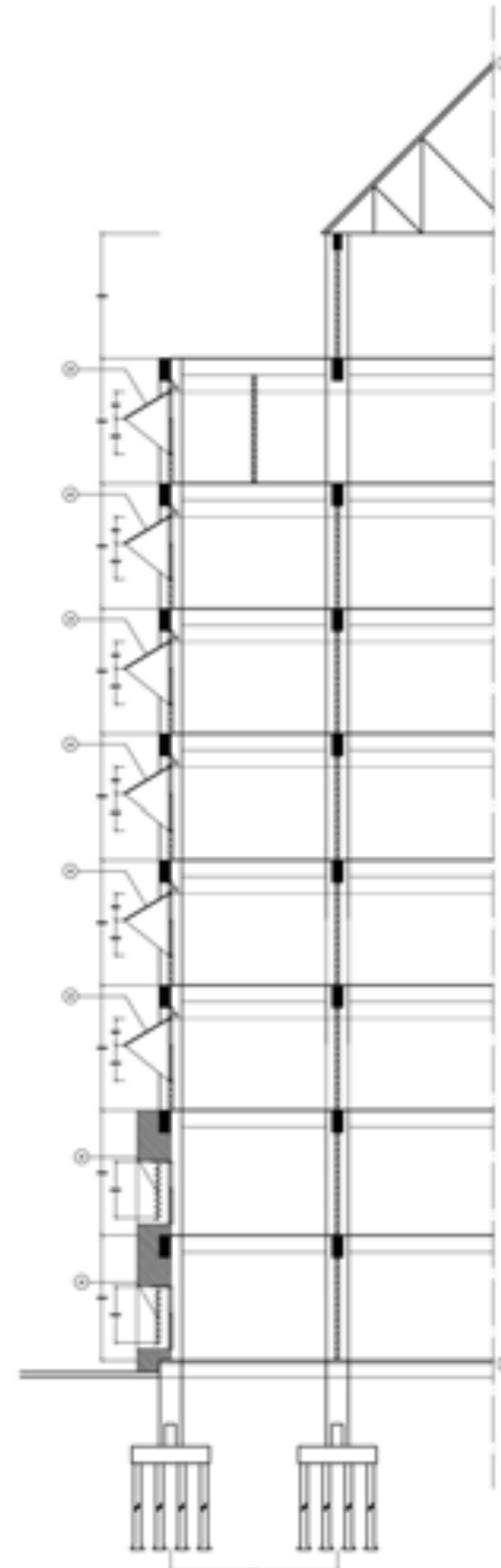
Gambar 4.40 Tampak Selatan



Gambar 4.41 Potongan AA'



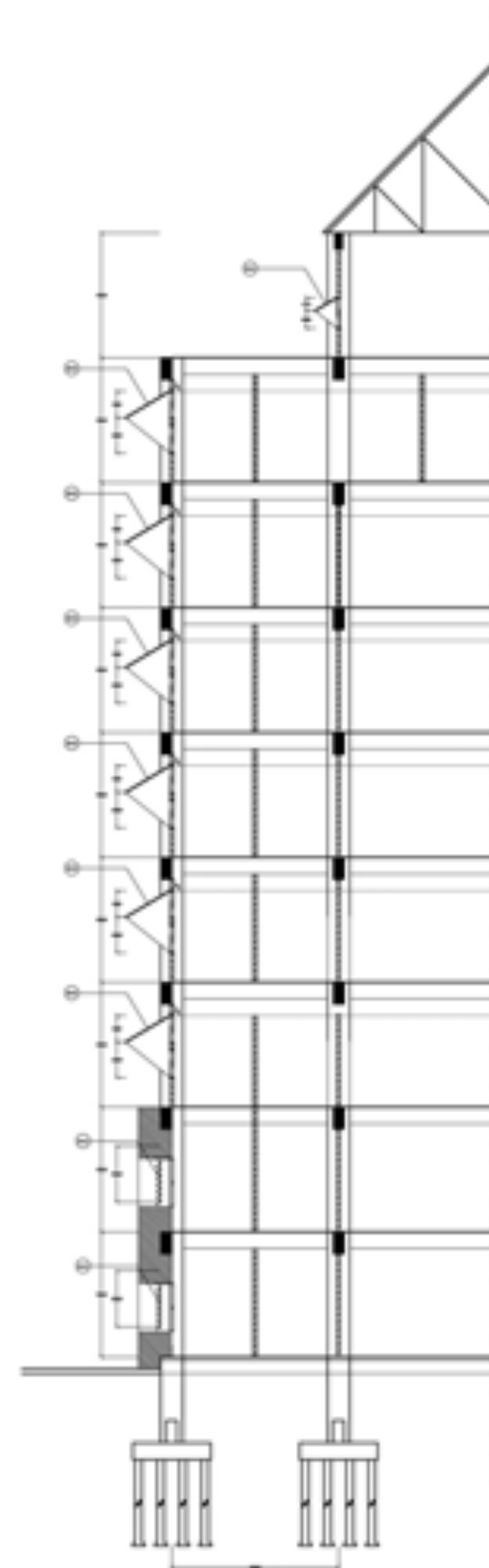
Gambar 4.42 Potongan BB'



Gambar 4.43 Potongan CC'



Gambar 4.44 Potongan DD'



Gambar 4.45 Potongan EE'

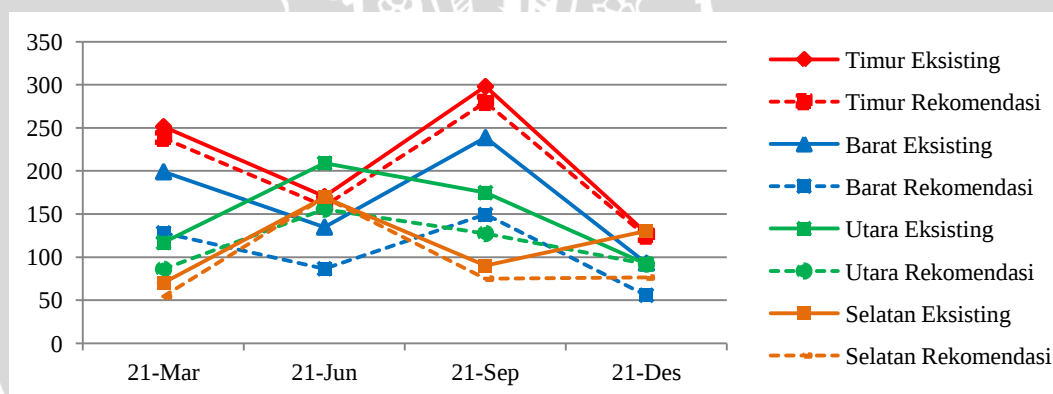
Tabel 4.28 Detail Shading Device pada Fasad Sisi Selatan

	EXISTING	REKOMENDASI
BV6		
BV2		
J1		
J2		

4.8 Pengaruh Rekomendasi *Shading Device* terhadap Penerimaan Radiasi Matahari Langsung

Jenis *shading device* yang cukup efektif menaungi jendela pada tiap fasad adalah *awning* dan *horizontal louvres screen*. *Awning* sangat efektif menaungi jendela karena memiliki elemen peneduh horizontal dan vertikal, sedangkan *horizontal louvres screen* kurang efektif menaungi jendela dari sinar matahari yang berasal dari samping, terutama pada fasad sisi Utara dan Selatan. Oleh karena itu *horizontal louvres screen* diletakkan pada jendela yang dekat dengan kolom, karena kolom berfungsi sebagai penghalang sinar matahari yang datang dari samping.

Fasad sisi Timur, Utara, dan Selatan menggunakan kombinasi kedua jenis *shading device* tersebut, sedangkan fasad sisi Barat hanya menggunakan *horizontal louvres screen*, karena cukup efektif menaungi jendela dari sudut datang matahari yang rendah. Selanjutnya dilakukan simulasi penerimaan radiasi matahari pada fasad dengan *shading device* rekomendasi.



Gambar 4.46 Diagram nilai rata-rata radiasi matahari langsung pada fasad eksisting dan fasad rekomendasi

Perbandingan nilai rata-rata radiasi matahari langsung pada fasad eksisting dan fasad rekomendasi dapat dilihat pada **Gambar 4.46**. Efektifitas rekomendasi *shading device* dalam menurunkan penerimaan radiasi matahari langsung pada fasad juga ditunjukkan dengan prosentase penurunan nilai rata-rata radiasi matahari. Prosentase penurunan nilai rata-rata radiasi matahari langsung pada tiap sisi fasad berdasarkan hasil simulasi *incident solar radiation* pada fasad eksisting dan fasad dengan *shading device* hasil rekomendasi dapat dilihat pada **Tabel 4.29**.

Tabel 4.29 Efektifitas penurunan nilai rata-rata radiasi matahari langsung

Sisi	Nilai rata-rata radiasi matahari langsung		Prosentase penurunan
	Fasad eksisting	Fasad rekomendasi	
Timur	847.74	801.42	5.46%
Barat	665.72	420.02	36.90%
Utara	592.79	461.11	22.21%
Selatan	460.22	375.17	18.48%

Berdasarkan grafik dan tabel tersebut, diketahui bahwa rekomendasi *shading device* pada fasad sisi Barat dan Utara memiliki efektifitas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan sisi fasad yang lain. Hal tersebut dikarenakan posisi astronomis Indonesia, khususnya Kota Malang yang berada di Lintang Selatan dan Bujur Timur, sehingga rekomendasi *shading device* cukup efektif digunakan sebagai peneduh pada fasad sisi Barat dan Utara.

Rekomendasi *shading device* pada sisi Timur dan Selatan memiliki efektifitas peneduhan cukup rendah, karena perolehan radiasi matahari sepanjang pagi hingga sore hari pada fasad tidak mengalami perubahan yang signifikan, walaupun dengan penggunaan rekomendasi *shading device*. Hal tersebut dikarenakan Kota Malang berada di Lintang Selatan dan Bujur Timur dan Lintang, sehingga menerima radiasi matahari yang cenderung tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya terletak di lingkungan Universitas Brawijaya, dengan posisi astronomis berada pada $7^{\circ}57'06.74''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}36'40.04''$ Bujur Timur. Gedung Fakultas Peternakan termasuk gedung baru dengan ketinggian delapan lantai. Bentuk geometri bangunan adalah persegi dengan rasio lebar: panjang adalah 1:2,5. Orientasi bangunan membujur dari Utara ke Selatan dengan kemiringan 10° ke arah Timur.

Bangunan di sekitar Gedung Fakultas Peternakan sebagian besar berfungsi sebagai gedung kuliah sedangkan fungsi lain adalah tempat ibadah dan rumah kos, sehingga tidak mempengaruhi panas yang diterima fasad bangunan. Bangunan di lingkungan Universitas Brawijaya, terutama bangunan baru berupa *mid-rise building* tidak memiliki karakteristik khusus dalam hal penggunaan jenis *shading device*. Jenis *shading device* yang banyak digunakan pada bangunan baru adalah *overhang horizontal* dan *self shaded*. Oleh karena itu, pemilihan jenis *shading device* sebagai rekomendasi didasarkan pada nilai *Shading Coefficient* masing-masing jenis *shading device*. *Shading device* eksisting yang digunakan pada Gedung Fakultas Peternakan adalah *overhang horizontal* dengan ukuran kedalaman yang sama pada setiap jendela.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis *shading device* yang cukup efektif menaungi jendela pada fasad sisi Timur, Utara, dan Selatan adalah *awning* dan *horizontal louvres screen*, sedangkan pada fasad sisi Barat adalah *horizontal louvres screen*. Penggunaan rekomendasi *shading device* dapat menurunkan penerimaan intensitas radiasi matahari langsung sebesar 5.46%-36.90%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Model rekomendasi *shading device* yang dihasilkan merupakan model dasar, *shading device* yang efektif menaungi jendela, sehingga pada proses

merancang selanjutnya, desain model tersebut dapat disesuaikan dengan gaya bangunan atau penyesuaian arsitektural lainnya.

2. Sebaiknya untuk mengetahui efektifitas *shading device* dalam menurunkan beban pendinginan, dilakukan penghitungan OTTV setelah mengetahui hasil rekomendasi desain *shading device*.
3. Agar *shading device* dapat bekerja lebih optimal dan efektif, sebaiknya menggunakan jenis *shading device* yang dapat bergerak, sehingga baik posisi maupun ukuran *shading device* dapat menyesuaikan dengan sudut datang matahari setiap jam pada tiap fasad.
4. Melakukan pengujian pada bentuk bangunan yang lain serta bangunan yang memiliki orientasi dinding timur laut, tenggara, barat daya, dan darat laut, sehingga hasil penelitian dapat bervariasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Karyono, Tri Harso. 2010. *Green Architecture: Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Koenigsberger, O. H., etc. 1973. *Manual of Tropical Housing and Building*. Hong Kong: Nippon Printing Co.
- Loekita, Sandra. 2006. Analisis Konservasi Energi melalui Selubung Bangunan. *DIMENSI TEKNIK SIPIL*. 8(2): 93-98.
- Lechner, Norbert. 2007. *Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.
- Ling, Chia Sok, etc. 2007. *The Effect of Geometric Shape and Building Orientation on Minimising Solar Insolation on High-Rise Buildings in Hot Humid Climate*. *Journal of Construction in Developing Countries*. 12(1): 27-38.
- Lippsmeier, Georg. 1994. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Santoso, Anik Juniwati & I Gusti Ngurah Antaryama. 2005. Konsekuensi Energi Akibat Pemakaian Bidang Kaca pada Bangunan Tinggi di Daerah Tropis Lembab. *DIMENSI TEKNIK ARSITEKTUR*. 33(1): 70-75.
- Shading Strategy, Section 5: Tips for Daylighting with Windows*.
- SNI 03-6389-2000 mengenai Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Szokolay, Steven V. 2004. *Introduction to Architectural Science The Basis of Sustainable Design*. British Library Cataloguing in Publication Data.
- Talarosha, Basaria. 2005. Menciptakan Kenyamanan Termal dalam bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 6(3): 148-158.
- Tariq, Saiful Hasan & Mahbuba Afroz Jinia. 2012. *Effect of Fixed Horizontal Shading Devices in South Facing Residential Buildings at Dhaka, Bangladesh*. *Proceedings of the Global Engineering, Science, and Technology Conference Dhaka*.
- Tzempelikos, Athanassios & Andreas K. Athienitis. 2007. *The Impact of Shading Design and Control on Building Cooling and Lighting Demand*. ELSEVIER. *Solar Energy* 81: 369-382.
- Yeang, Ken. 1999. *The Green Skyscraper*. Germany: Prestel Verlag.

- <http://dhnlr.com/content/2014-tahun-terpanas-di-dunia> (diakses: 24/3/2015)
- http://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Malang (diakses: 15/3/2015)
- http://id.wikipedia.org/wiki/Pemanasan_global (diakses: 24/3/2015)
- http://id.wikipedia.org/wiki/Universitas_Brawijaya (diakses: 15/3/2015)
- <http://prasetya.ub.ac.id/berita/Workshop-Konservasi-Energi-di-UB-2531-id.html>
(diakses: 22/3/2015)
- <http://ub.ac.id/tentang/profil-universitas-id> (diakses: 25/7/2015)
- http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Shadow_Angles (diakses: 29/3/2015)
- <http://www.malangkota.go.id/halaman/1606076> (diakses: 15/3/2015)

Autodesk Ecotect Analysis 2011. © ECOTECH v5

