

BAB III

PENYELESAIAN PERSOALAN DESAIN

3.1. Tata Ruang Dalam

3.1.1. Program Ruang

Berdasarkan kebutuhan ruang yang diperlukan ada di dalam bangunan terancang yang telah ditelusuri di sub sub bab 2.2.3., maka disusunlah data karakteristik kegiatan dan ruang yang disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 17: Karakteristik kegiatan dan ruang di dalam bangunan terancang

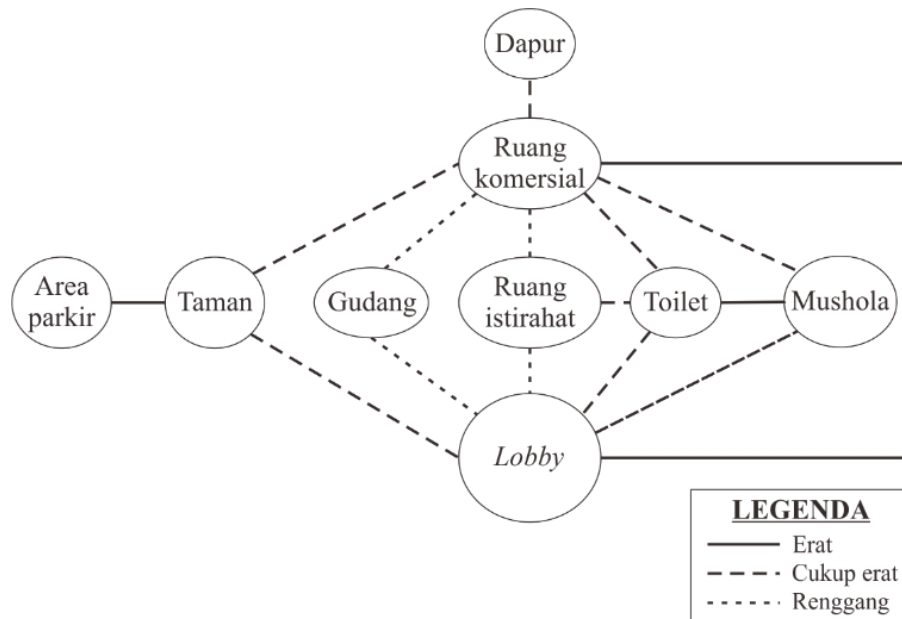
Nama Ruang	Kegiatan Pengguna	Karakteristik Kegiatan dan Ruang	Tuntutan Ruang
Ruang komersial	Berbelanja	a. Banyak gerakan b. Bising	a. Ruang untuk sirkulasi cukup luas b. Sirkulasi udara lancar c. Terpapar cahaya matahari yang cukup
	Melakukan transaksi	a. Sedikit gerakan b. Bising	
Lobby	Mengerjakan tugas	a. Sedikit gerakan b. Tenang	a. Ruang cukup luas b. Sirkulasi udara lancar c. Terpapar cahaya matahari yang cukup
	Bersosialisasi	a. Sedikit gerakan b. Bising	
Tempat wudhu	Wudhu	a. Sedikit gerakan b. Agak bising	Sirkulasi udara lancar
Mushola	Sholat	a. Sedikit gerakan b. Tenang	a. Sirkulasi udara lancar b. Terpapar cahaya matahari yang cukup

Lanjutan dari tabel 17

Nama Ruang	Kegiatan Pengguna	Karakteristik Kegiatan dan Ruang	Tuntutan Ruang
Toilet	Buang air	a. Sedikit gerakan b. Agak bising c. Bau dan lembap	a. Sirkulasi udara lancar b. Agak dijauhkan dari ruang fungsi utama seperti ruang komersial dan <i>lobby</i>
Dapur	Mengolah makanan dan minuman	a. Sedikit gerakan b. Bising c. Lembap	Sirkulasi udara lancar
Ruang istirahat	Beristirahat	a. Sedikit gerakan b. Tenang	a. Sirkulasi udara lancar
	Bersosialisasi	a. Sedikit gerakan b. Agak bising	b. Terpapar cahaya matahari yang cukup
Gudang	Menyimpan barang	a. Sedikit gerakan b. Tenang	Sirkulasi udara cukup lancar

(Sumber: Penyusun, 2018)

Dari tabel di atas, kemudian dapat disusun skema hubungan ruang sebagai berikut.



Gambar 51: Hubungan antar ruang dalam bangunan terancang
(Sumber: Penyusun, 2018)

Skema hubungan ruang seperti yang tercantum pada gambar 50 menggambarkan tingkat kedekatan antar ruang dalam bangunan terancang yang didasarkan pada fungsi.

Dari tersusunnya data kebutuhan ruang, hubungan ruang serta organisasi ruang, dilanjutkanlah ke proses selanjutnya yaitu perhitungan besaran ruang. Hal ini dimaksudkan untuk menentukan luasan ruang yang dibutuhkan dan memastikan bahwa luasan tersebut telah memenuhi Koefisien Lantai Bangunan (KLB) yang berlaku di kawasan setempat. Berikut merupakan tabel perhitungannya.

Tabel 18: Besaran ruang

Nama Ruang	Kapasitas	Standar	Sirkulasi	Besaran Ruang
Zona Komersial				
Retail kecil	43 unit	28 m ² /unit	30%	1.565,2 m ²
Retail besar	12 unit	46 m ² /unit	30%	717,6 m ²
<i>Culinary spot</i>	26 unit	40 m ² /unit	30%	1.352 m ²
Salon	2 unit, 10 orang/unit	4 m ² /orang	20%	96 m ²
Pusat kebugaran	1 unit	140 m ² /unit	20%	168 m ²
ATM <i>centre</i>	1 unit	80 m ² /unit	20%	96 m ²
Subtotal Luas				3.994,8 m²
Ruang Hijau				
Taman (Lansekap)	1 unit	3.500 m ² /unit	30%	4.550 m ²
Subtotal Luas				4.550 m²
Zona Penunjang				
Mushola	1 unit	168 m ² /unit	20%	201,6 m ²
<i>Lavatory</i>	50 orang	8 m ² /orang	20%	480 m ²
Pos keamanan	1 unit	16 m ² /unit	20%	19,2 m ²
<i>Lobby</i>	120 orang/unit	2,8 m ² /orang	20%	283,2 m ²
Kantor pengelola	8 orang	4 m ² /orang	30%	41,6 m ²
Subtotal Luas				1.025,6 m²
Zona Pelayanan				
Ruang MEE	2 orang	28 m ² /orang	20%	67,2 m ²

Lanjutan dari tabel 18

Nama Ruang	Kapasitas	Standar	Sirkulasi	Besaran Ruang
Ruang pengolahan air	1 unit	40 m ² /unit	20%	48 m ²
Subtotal Luas				115,2 m²
Zona Parkir				
Parkir mobil	15 unit	12,5 m ² /unit	30%	243,75 m ²
Parkir sepeda motor	220 unit	2 m ² /unit	20%	528 m ²
Parkir sepeda	30 unit	1,2 m ² /unit	20%	43,2 m ²
Subtotal Luas				814,95 m²
Total Luas Keseluruhan				10.500,55 m²
Total Luas yang Terhitung KLB				5.135,6 m²
KLB				0,7

(Sumber: Penyusun, 2018)

Dari tabel di atas dapat dilihat besaran semua ruang yang dibutuhkan di dalam bangunan ini. Dalam tabel tersebut dituliskan total luas yang terhitung KLB (Koefisien Lantai Bangunan). Maksud dari total luas yang terhitung yaitu total luas dari ruang-ruang fungsional, berarti tidak termasuk taman dan area parkir.

Dengan diketahuinya total luas ruang yang terhitung KLB, maka dapat ditentukan kapasitas orang yang dapat ditampung di dalam bangunan terancang dengan mengasumsikan dimensi ruang gerak manusia itu sebesar 10 m² dan dimensi ruang untuk perabotan itu 40% dari total luas ruang yang terhitung KLB. Sehingga perhitungannya yaitu seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{kapasitas} &= \frac{\text{luas yang terhitung KLB} - \text{dimensi ruang perabot}}{\text{dimensi ruang gerak}} \\
 &= \frac{5.135,6 \text{ m}^2 - \left(\frac{40}{100} \times 5.135,6\right) \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2} \\
 &= \frac{3.081,36 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2} \\
 &= 308,1 \\
 &\approx 308 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

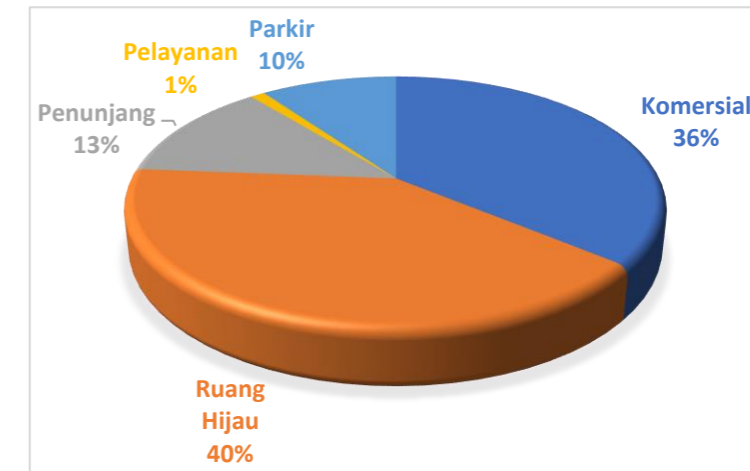
Dari perhitungan di atas dapat didapatkan hasil kapasitas manusia yang dapat ditampung di dalam bangunan terancang yaitu sekitar 308 orang atau setara dengan 0,11% dari jumlah mahasiswa di Kabupaten Sleman yang datanya tercantum dalam sub sub bab 2.1.1.

Selanjutnya dibuatlah suatu matriks hubungan ruang yang terkait dengan ruang-ruang yang terdapat di dalam bangunan terancang beserta persentase total luasan ruang-ruang tersebut yang didasarkan pada jenis dan sifatnya sebagai berikut.

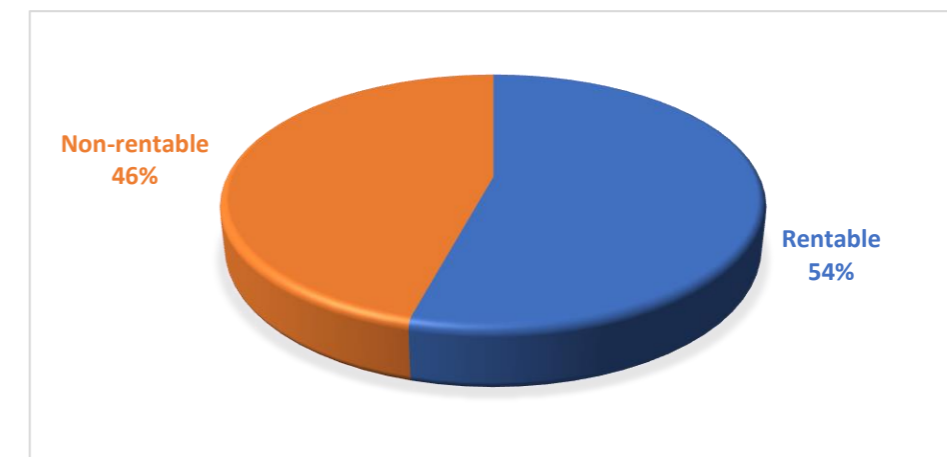
Jenis Ruang	Nama Ruang	Dimensi Ruang (m ²)	Subtotal Dimensi Ruang (m ²)	Sifat Ruang	
				Rentable	Non-rentable
Komersial	Ruang retail kecil	1.565,2	3.994,8		
	Ruang retail besar	717,6			
	Culinary spot	1.352			
	Salon	96			
	Pusat kebugaran	168			
	ATM centre	96			
Ruang hijau	Taman (<i>inner park</i>)	348,8	4.468,5		
	Taman (<i>outer park</i>)	4.119,7			
Penunjang	Lobby	704	1.426,4		
	Pos keamanan	19,2			
	Mushola	201,6			
	Lavatory	480			
	Kantor pengelola	41,6			
Pelayanan	Ruang MEE	67,2	115,2		
	Ruang pengolahan air	48			
Parkir	Parkir mobil	243,75	814,95		
	Parkir sepeda motor	528			
	Parkir sepeda	43,2			
Total Luas Ruang Rentable (m²)				5.862,55	
Total Luas Ruang Non-rentable (m²)				4.957,3	
Total Luas Ruang Keseluruhan (m²)				10.819,85	

Gambar 52: Matriks hubungan ruang dalam bangunan terancang (Sumber: Penyusun, 2018)

LEGENDA
 ● Sangat berhubungan
 ◐ Berhubungan
 ○ Tidak berhubungan



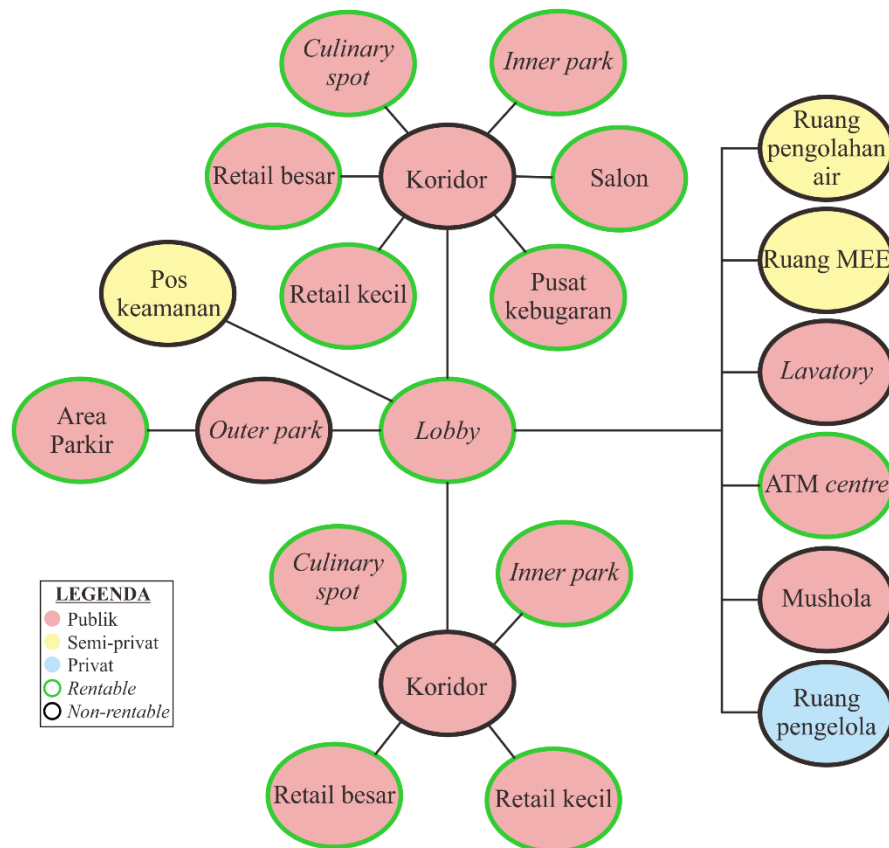
Gambar 53: *Property size* berdasarkan jenis ruang (Sumber: Penyusun, 2018)



Gambar 54: *Property size* berdasarkan sifat ruang (Sumber: Penyusun, 2018)

Dari gambar-gambar di atas dapat dilihat bahwa berdasarkan jenis dari ruang-ruang yang ada di dalam bangunan terancang terdiri dari 36% ruang komersial, 40% ruang hijau, 13% ruang penunjang, 1% ruang pelayanan dan 10% area parkir; sedangkan berdasarkan sifat dari ruang-ruang yang ada di dalam bangunan terancang terdiri dari 54% ruang yang *rentable* (disewakan) dan 49% ruang yang *non-rentable* (tidak disewakan). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bangunan terancang dapat memberikan keuntungan bagi pemiliknya.

Dari semua data yang terkait dengan ruang di dalam bangunan terancang, maka dapat dihasilkan organisasi ruang yang merupakan sintesis dari data-data tersebut. Organisasi ruang ini menggambarkan ruang-ruang yang saling terhubung satu sama lain serta menunjukkan gambaran rancangan denah kasar. Berikut merupakan organisasi ruang dari bangunan terancang.



Gambar 55: Organisasi ruang dalam bangunan terancang
(Sumber: Penyusun, 2018)

3.1.2. Sistem Aksesibilitas

Bangunan terancang direncanakan untuk menerapkan beberapa sistem aksesibilitas guna memfasilitasi semua orang, terutama difabel (*different ability people*) untuk dapat mengakses seluruh lingkup bangunan terancang. Sistem aksesibilitas misalnya terdiri dari penerapan *ramp*. *Ramp* dapat berfungsi untuk mempermudah orang-orang dengan keterbatasan kemampuan dalam mengakses bangunan dari lantai yang satu ke lantai yang lain.

3.2. Tata Massa dan Lansekap

3.2.1. Orientasi Bangunan

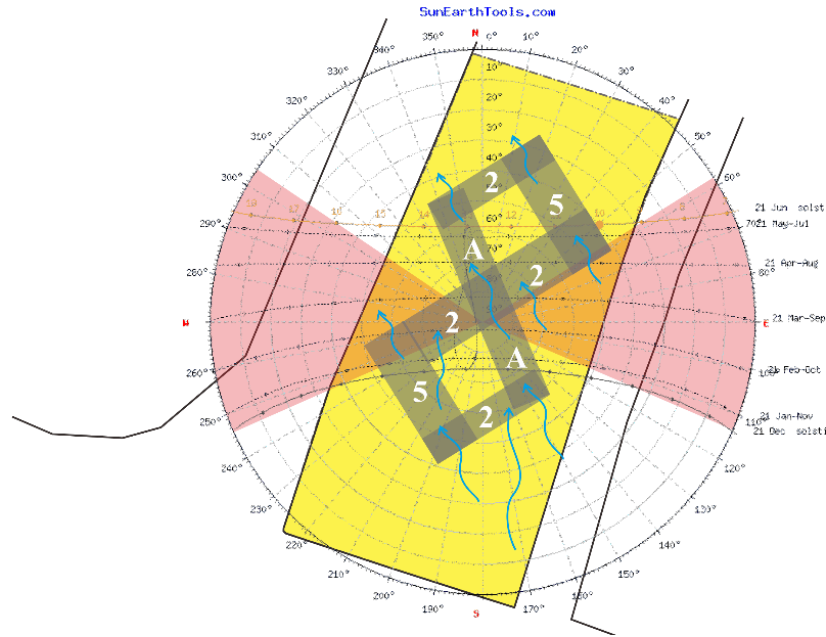
Salah satu faktor yang mempengaruhi kenyamanan ruang, khususnya kenyamanan termal, yaitu orientasi bangunan. Bangunan sebaiknya dihindarkan dari masuknya sinar matahari langsung ke dalam bangunan yang menyebabkan terganggunya kenyamanan penggunanya. Namun di samping itu, perlu juga menentukan peletakan bukaan-bukaan pada bangunan untuk fungsi penghawaan. Hal ini juga berpengaruh terhadap kenyamanan pengguna bangunan, khususnya kenyamanan termalnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa orientasi bangunan ditentukan oleh dua hal yang krusial, yaitu arah pergerakan matahari dan juga arah pergerakan angin.

Sari Saraswatia (2014) dalam blognya yang berjudul *Radiasi Matahari (Fisika Bangunan)* berpendapat bahwa posisi arah hadap bangunan mempengaruhi kenyamanan tinggal penghuninya. Matahari terdiri dari elemen panas dan terang. Panas matahari dibutuhkan dalam bangunan namun tidak berlebihan, sebaliknya terang matahari sangat dibutuhkan dalam bangunan untuk menghemat pemanfaatan energi. Terkait dengan fasad bangunan, ia menambahkan bahwa fasad utara dan selatan menerima sedikit panas dibandingkan fasad timur dan barat. Sehingga seharusnya sisi bangunan yang sempit diarahkan ke posisi matahari rendah (timur dan barat).

Bangunan terancang direncanakan akan mengaplikasikan panel surya, sehingga atap pada sisi panjangnya perlu dihadapkan langsung ke arah pergerakan matahari pada jam-jam kritis harian sepanjang tahun. Hal ini dimaksudkan untuk mengoptimasi kinerja panel surya dalam ‘memanen’ cahaya matahari yang energinya dapat dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik untuk bangunan terkait.

Dari analisis *site* yang didasarkan pada arah pergerakan matahari dan angin yang telah dilakukan pada bab II diperoleh beberapa alternatif sintesis orientasi massa bangunan seperti berikut.

1. Alternatif 1

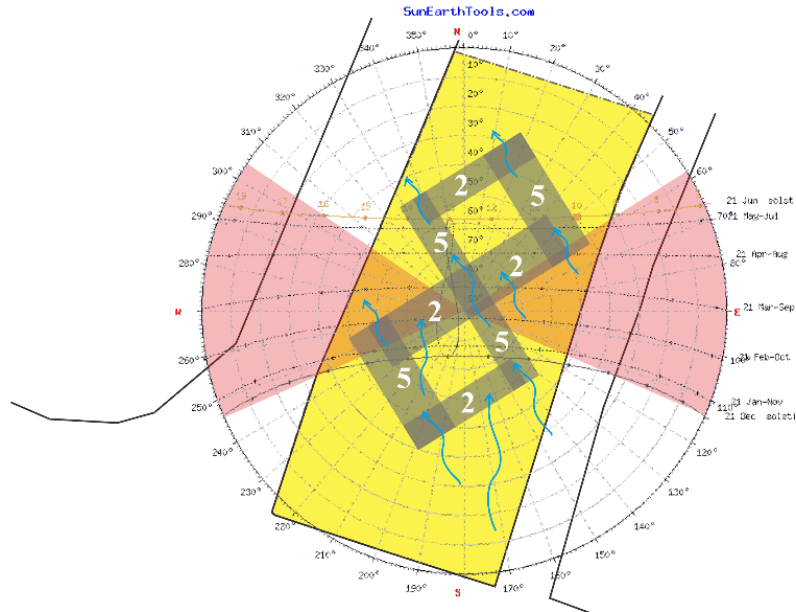


Gambar 56: Alternatif sintesis 1
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Penataan orientasi massa bangunan pada alternatif ini menggabungkan beberapa alternatif orientasi yang telah diperoleh pada bab II seperti alternatif orientasi 2, 5 dan A dimana:

- alternatif orientasi 2 ditujukan untuk menghadapkan sisi bangunan yang panjang sejajar dengan arah pergerakan matahari sehingga terhindar dari radiasi sinar matahari pada jam-jam kritis tertentu;
- alternatif orientasi 5 ditujukan untuk menghadapkan sisi bangunan yang panjang tegak lurus dengan arah pergerakan matahari sehingga banyak terpapar sinar matahari pada jam-jam kritis. Maka perlu diberi shading, sirip, roster dan/atau sebagainya; dan
- alternatif orientasi A ditujukan untuk mengoptimasi banyaknya angin yang dapat masuk ke dalam bangunan dan terciptanya *cross-ventilation* di dalamnya.

2. Alternatif 2

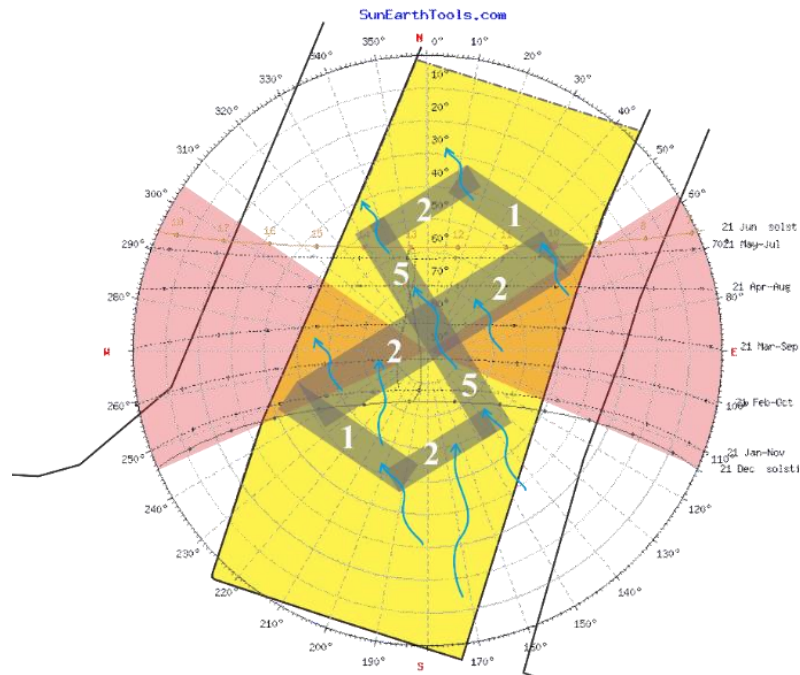


Gambar 57: Alternatif sintesis 2
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Penataan orientasi massa bangunan pada alternatif ini menggabungkan beberapa alternatif orientasi yang telah diperoleh pada bab II seperti alternatif orientasi 2 dan 5 dimana:

- alternatif orientasi 2 ditujukan untuk menghadapkan sisi bangunan yang panjang sejajar dengan arah pergerakan matahari sehingga terhindar dari radiasi sinar matahari pada jam-jam kritis tertentu; dan
- alternatif orientasi 5 ditujukan untuk menghadapkan sisi bangunan yang panjang tegak lurus dengan arah pergerakan matahari sehingga banyak terpapar sinar matahari pada jam-jam kritis. Maka perlu diberi shading, sirip, roster dan/atau sebagainya.

3. Alternatif 3



Gambar 58: Alternatif sintesis 3
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Penataan orientasi massa bangunan pada alternatif ini menggabungkan beberapa alternatif orientasi yang telah diperoleh pada bab II seperti alternatif orientasi 1, 2 dan 5 dimana:

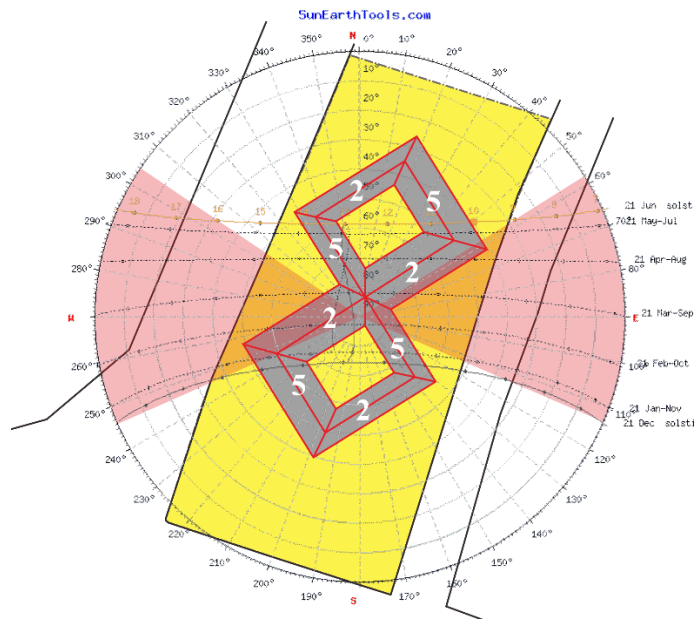
- alternatif orientasi 1 dan 2 ditujukan untuk menghadapkan sisi bangunan yang panjang sejajar dengan arah pergerakan matahari sehingga terhindar dari radiasi sinar matahari pada jam-jam kritis tertentu; dan
- alternatif orientasi 5 ditujukan untuk menghadapkan sisi bangunan yang panjang tegak lurus dengan arah pergerakan matahari sehingga banyak terpapar sinar matahari pada jam-jam kritis. Maka perlu diberi *shading*, sirip, roster dan/atau sebagainya.

Dari beberapa alternatif sintesis di atas dipilihlah yang paling sesuai untuk meningkatkan kenyamanan ruang, yaitu alternatif sintesis 2. Karena dengan diterapkannya sintesis ini ruang-ruang dalam dapat menjadi ruang-ruang yang efektif. Selain itu, angin pun dapat masuk ke dalam bangunan sehingga tercipta *cross-ventilation* dan sistem pencahayaan alami pun dapat diterapkan dengan beberapa penerapan *shading*, sirip, roster dan sebagainya untuk mengoptimasi intensitas radiasi sinar matahari langsung yang masuk

ke dalam bangunan.

Karena bangunan terancang direncanakan untuk menerapkan panel surya di atas atapnya, maka diperlukan peletakan dan orientasi atap yang sesuai. Berikut merupakan dua alternatif peletakan dan orientasi atap yang diperoleh berdasarkan analisis arah pergerakan matahari yang telah dilakukan pada bab II.

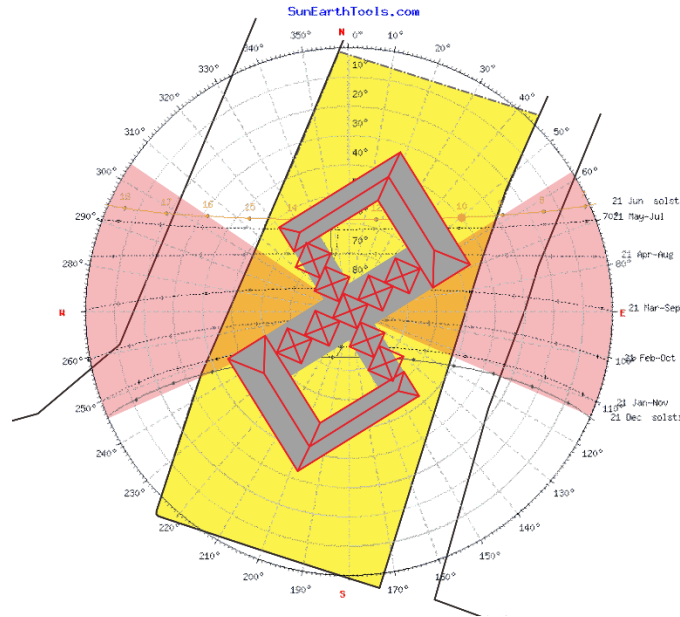
1. Alternatif 1



Gambar 59: Alternatif peletakan dan orientasi atap 1
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa terdapat empat bagian atap yang menghadap langsung ke sudut *azimuth* kritis matahari. Bagian-bagian atap tersebut cocok untuk dimanfaatkan untuk peletakan panel surya.

2. Alternatif 2



Gambar 60: Alternatif peletakan dan orientasi atap 2
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa sebagian besar bagian atap menghadap langsung ke sudut *azimuth* kritis matahari. Maka, dengan diterapkannya alternatif ini terdapat banyak bagian atap yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat peletakan panel surya.

Dari kedua alternatif peletakan dan orientasi atap di atas dapat disimpulkan bahwa alternatif kedua lebih baik. Maka, bangunan ini perlu menerapkan peletakan dan orientasi atap tersebut.

Dengan diperolehnya orientasi massa bangunan dan atap yang tepat, maka kedua hal tersebut dapat digabungkan. Sehingga menghasilkan bangunan yang khas, tepat guna dan responsif.

3.2.2. Penataan Vegetasi

Vegetasi atau biasa disebut dengan tanaman merupakan salah satu elemen alam yang mampu meredam kebisingan lingkungan. Vegetasi perlu ditata secara rapat untuk mengoptimasi peredaman kebisingan. Jenis vegetasi yang efektif untuk meredam kebisingan adalah yang memiliki tajuk yang tebal dengan daun yang rindang (Grey dan Deneke, 1978). Contoh vegetasi yang memiliki ciri-ciri tersebut yaitu bambu.

Hans J.A. van Leeuwen (2016) dalam artikelnya yang berjudul *Bamboo Plants as a Noise Barrier to Reduce Road Traffic Noise* menyebutkan bahwa

penerapan bambu sebagai pembatas itu baik, karena bambu selain dapat menyerap kebisingan lingkungan juga dapat menyerap polutan udara dan dapat tumbuh dengan cepat. Ia pun menambahkan bahwa pohon bambu sebagai pembatas dengan tinggi 5 meter dan ketebalan 6 meter dapat memberikan efek yang lebih baik dalam meredam kebisingan dibandingkan dengan pembatas masif dengan ketinggian 3 meter.

Berdasarkan kajian yang telah dipaparkan dalam sub sub bab 2.4.2. disebutkan bahwa *green walls* juga merupakan salah satu elemen yang mampu meredam kebisingan lingkungan yang masuk ke dalam bangunan. Selain itu, *green walls* juga dapat berfungsi untuk mengurangi intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan yang berpotensi menyebabkan kesilauan (*glare*) serta untuk mengurangi kadar polusi udara.

3.3. Fasad

3.3.1. Elemen Bangunan sebagai Peredam Kebisingan

Kebisingan lingkungan dapat diatasi dengan beberapa material bangunan, misalnya yaitu *concrete wood*. *Concrete wood* dapat dijadikan sebagai material untuk fasad, misalnya untuk *secondary skin* dan sirip.

3.3.2. Elemen Air sebagai Peredam Kebisingan

Berdasarkan teori *soundscape* yang telah dikaji pada bab II dapat diambil kesimpulan bahwa air secara efektif dapat meredam kebisingan. Hal ini dibuktikan dengan adanya preseden yang ada pada kajian tersebut.

3.4. Sistem Bangunan

3.4.1. Sistem Penghawaan

Sistem penghawaan atau yang biasa disebut dengan sistem HVAC (*Heating, Ventilation and Air-conditioning*) merupakan salah satu sistem bangunan yang penting bagi kesehatan dan kenyamanan penggunanya. Sistem penghawaan dibagi menjadi dua jenis: sistem penghawaan alami dan sistem penghawaan buatan.

Sistem penghawaan alami tentunya terkait dengan penyediaan bukaan-bukaan pada bangunan sebagai jalur sirkulasi udara dari luar ke dalam bangunan. Dengan pemanfaatan sistem ini, maka akan menghemat biaya

listrik. Selain itu, sistem ini pun ramah lingkungan sehingga tidak akan merusak alam.

3.4.2. Sistem *Rainwater Harvesting*

Berdasarkan tabel 10 yang memuat data curah hujan rata-rata tahunan di Kabupaten Sleman dapat dilakukan perhitungan volume air hujan yang dapat dipanen. Perlu diketahui bahwa luas area sebesar 40% dari total luas bangunan yang terhitung KLB yaitu 1.460,64 m² atau 146.064 dm², curah hujan rata-rata sebesar 195,4 mm atau 1,954 dm dan koefisien *runoff* dianggap sebesar 80%. Berikut merupakan perhitungannya.

$$\begin{aligned} \text{air yang dipanen} &= 146.064 \text{ dm}^2 \times 1,954 \text{ dm} \times \frac{80}{100} \\ &= 228.327,25 \text{ liter} \end{aligned}$$

Setelah itu, diperlukan data yang terkait dengan kebutuhan air bersih dalam bangunan terancang yang dapat diperoleh melalui perhitungan. Hal ini bertujuan untuk menghitung efisiensi pemanfaatan sistem RWH. Sebelum melakukan perhitungan kebutuhan air, perlu diketahui data terkait dengan kebutuhan air per orang per hari dan jam efektif bangunan. Ditentukan bahwa kebutuhan air per orang per hari yaitu 25 liter dan jam efektif bangunan yaitu 24 jam. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan air bersih dalam bangunan terancang yang dilakukan secara bertahap

1. Luas bangunan	= 3.651,6 m ²
Fungsi bangunan	= Komersial
Luas bangunan efektif	= 60% × luas bangunan
	= $\frac{60}{100} \times 3.651,6 \text{ m}^2$
	= 2.190,96 m ²
2. Puncak debit	: C1 = 2,0 (1,5-2)
	: C2 = 4,0 (3-4)
3. Jumlah pengguna	= $\frac{\text{luas efektif}}{\text{standar orang}}$
	= $\frac{2.190,96 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2}$
	= 219 orang

4. Jumlah kebutuhan air per orang per hari = 25 liter
Jumlah kebutuhan air total per hari (Q_d) = 25 liter \times 219 orang
= 5.475 liter
Jumlah kebutuhan air total per tahun = 5.475 liter \times 365 hari
= **1.998.375 liter**
5. Pemakaian air rata-rata (Q_h) = $\frac{Q_d}{T}$
= $\frac{5.475 \text{ liter}}{24 \text{ (jam)}}$
= 228,125 liter
6. Pemakaian air pada jam puncak ($Q_{h_{\max}}$) = $Q_h \times C_1$
= 228,125 liter \times 2.0
= 456,25 liter
7. Volume tangki air = $Q_d + Q_{h_{\max}}$
= 5.475 liter + 456,25 liter
= 5.931,25 liter
- Pompa hidup dalam satu hari = 6 kali
= $\frac{\text{volume tangki}}{6}$
= $\frac{5.931,25 \text{ liter}}{6}$
= 988,5 liter
- Dimensi tangki = $\sqrt[3]{988,5 \text{ liter}}$
= 31,4 liter

Dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa volume tangki air yang dibutuhkan untuk menampung air yang dibutuhkan bangunan terancang yaitu sebesar 5.931,25 liter dengan dimensi sebesar 31,4 liter.

3.5. Teknologi Bangunan

3.5.1. Sistem Pencahayaan

Dari tabel 2.7 yang terkait dengan tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan, dapat dilakukan perhitungan luas bukaan jendela yang dibutuhkan untuk efektivitas masuknya cahaya langit ke dalam ruangan-ruangan tertentu di dalam

bangunan. Dalam hal ini akan diperhitungkan luas bukaan-bukaan yang dibutuhkan untuk ruang-ruang komersial yang luasannya telah disebutkan dalam sub sub bab 3.2.4. dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\text{luas jendela} = \frac{\text{luas ruang} \times \text{intensitas luminasi}}{\text{faktor langit}}$$

Intensitas luminasi (tingkat pencahayaan) dan faktor langit dalam satuan lux. Dalam SNI 03-2396-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung disebutkan bahwa langit perancangan memberikan tingkat pencahayaan pada titik-titik di bidang datar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux dan untuk perhitungan diambil ketentuan bahwa tingkat pencahayaan ini asalnya dari langit yang keadaannya dimana pun merata terangnya (*uniform luminance distribution*). Sehingga dalam perhitungan ini, faktor langit dianggap sebesar 10.000 lux. Berikut merupakan perhitungan untuk masing-masing ruang tersebut.

1. Retail Kecil

Dalam perhitungan ini yang mengacu pada tabel 2.7 yang terkait dengan tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan, diasumsikan bahwa retail kecil itu sebagai toko buku dan alat tulis/gambar. Sehingga intensitas luminasinya sebesar 300 lux.

$$\begin{aligned}\text{luas jendela} &= \frac{36,4 \text{ m}^2 \times 300 \text{ lux}}{10.000 \text{ lux}} \\ &= 1,1 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2. Retail Besar

Dalam perhitungan ini yang mengacu pada tabel 2.7 yang terkait dengan tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan, diasumsikan bahwa retail besar itu sebagai toko pakaian atau pun toko barang kulit dan sepatu. Sehingga intensitas luminasinya sebesar 500 lux.

$$\begin{aligned} \text{luas jendela} &= \frac{59,8 \text{ m}^2 \times 500 \text{ lux}}{10.000 \text{ lux}} \\ &= 3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. *Culinary Spot*

Dalam perhitungan ini yang mengacu pada tabel 2.7 yang terkait dengan tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan, diasumsikan bahwa *culinary spot* itu sebagai dapur. Sehingga intensitas luminasinya sebesar 250 lux.

$$\begin{aligned} \text{luas jendela} &= \frac{52 \text{ m}^2 \times 250 \text{ lux}}{10.000 \text{ lux}} \\ &= 1,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. Salon

Dalam perhitungan ini yang mengacu pada tabel 2.7 yang terkait dengan tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan, diasumsikan bahwa *culinary spot* itu sebagai toko pakaian atau pun toko barang kulit dan sepatu. Sehingga intensitas luminasinya sebesar 500 lux.

$$\begin{aligned} \text{luas jendela} &= \frac{108 \text{ m}^2 \times 500 \text{ lux}}{10.000 \text{ lux}} \\ &= 5,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

5. Pusat Kebugaran

Dalam tabel 2.7 yang terkait dengan tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan, tidak terdapat jenis ruang untuk kebugaran. Sehingga diasumsikan intensitas luminasinya itu sebesar intensitas luminasi terbesar dalam tabel tersebut, yaitu 500 lux.

$$\begin{aligned} \text{luas jendela} &= \frac{360 \text{ m}^2 \times 500 \text{ lux}}{10.000 \text{ lux}} \\ &= 18 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

6. Lobby

Dalam tabel 2.7 yang terkait dengan tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan, angka lux untuk *lobby* terbilang terlalu kecil, yaitu 100 lux. Sehingga diasumsikan intensitas luminasinya itu sebesar intensitas luminasi terbesar dalam tabel tersebut, yaitu 500 lux.

$$\begin{aligned} \text{luas jendela} &= \frac{228 \text{ m}^2 \times 250 \text{ lux}}{10.000 \text{ lux}} \\ &= 5,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Setelah diketahui luas bukaan-bukaan tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan lebar *shading* dan/atau kedalaman sirip. Untuk perhitungan tersebut digunakan rumus berikut.

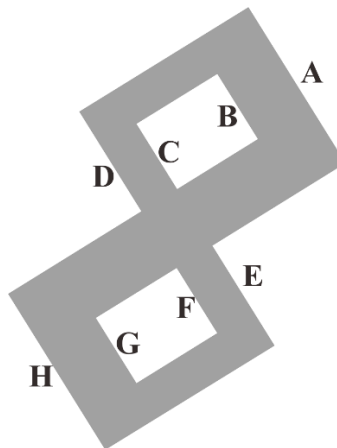
$$\text{panjang shading} = \frac{\text{tinggi bukaan}}{\tan VSA}$$

$$\text{kedalaman sirip} = \frac{\text{lebar bukaan}}{\tan HSA}$$

Dimana VSA : *Vertical shadow angle* (sudut bayangan vertikal)

HSA : *Horizontal shadow angle* (sudut bayangan horizontal)

Sebelum dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus tersebut, perlu ditunjukkan sisi-sisi fasad bangunan terancang yang kira-kira perlu untuk diberi *shading* dan/atau sirip sebagai berikut.

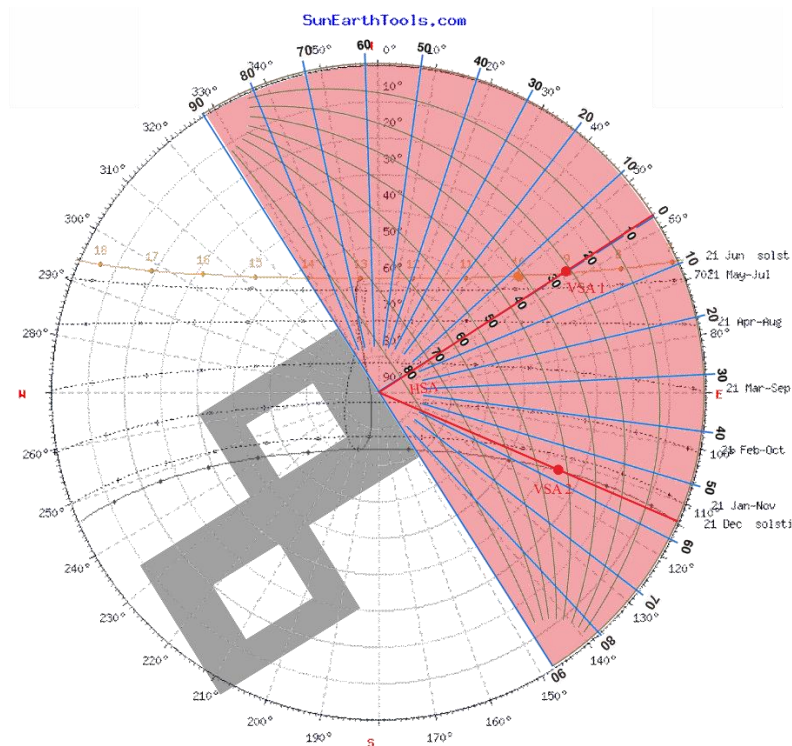


Gambar 61: Sisi-sisi fasad bangunan terancang

Setelah itu dilakukan pengukuran VSA dan HSA dengan menggunakan *sun chart* dan *sun protractor* untuk bukaan-bukaan pada masing-masing sisi tersebut. Berikut merupakan analisis selengkapnya.

1. Sisi A

Ruang dalam yang terpasang bukaan pada sisi A merupakan *culinary spot*. Sehingga luas bukaannya yaitu 1,3 m². Dari luas bukaan tersebut diasumsikan lebar bukaan sebesar 0,65 m dan tingginya 2 m.



Gambar 62: Pengukuran VSA dan HSA untuk sisi A bangunan terancang (sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Dari pengukuran di atas dapat diketahui sudut HSA dan VSA yang mengacu pada jam kritis, yaitu pukul 09.00 WIB. Diketahui HSA 1 sebesar 0°, VSA 1 sebesar 21°, HSA 2 sebesar 57° dan VSA 2 sebesar 44°. Dengan itu, maka dapat dilakukan perhitungan lebar *shading* dan kedalaman sirip sebagai berikut.

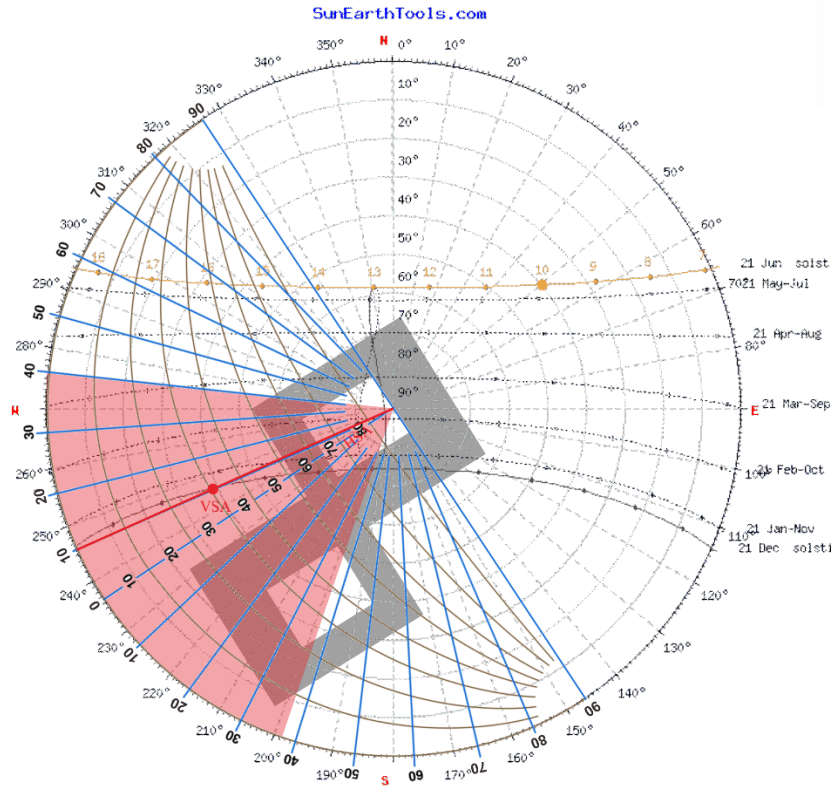
$$\text{panjang shading 1} = \frac{2 \text{ m}}{\tan 21^\circ} \qquad \text{panjang shading 2} = \frac{2 \text{ m}}{\tan 44^\circ}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \text{ m}}{0,4} &= \frac{2 \text{ m}}{1} \\ &= 5 \text{ m} &= 2 \text{ m} \\ \text{kedalaman sirip 1} &= \frac{0,65 \text{ m}}{\tan 0^\circ} &\text{kedalaman sirip 2} &= \frac{0,65 \text{ m}}{\tan 57^\circ} \\ &= - &= \frac{0,65 \text{ m}}{1,5} \\ & &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan panjang *shading* 1 di atas menunjukkan angka yang tergolong besar, maka sebaiknya diterapkan alternatif lain. Alternatif tersebut dapat berupa roster. Namun untuk mengoptimasi penghalangan radiasi sinar matahari langsung, perlu diterapkan *shading* dan/atau sirip juga dengan panjang/kedalaman secukupnya.

2. Sisi B

Ruang dalam yang terpasang bukaan pada sisi B merupakan *culinary spot*. Sehingga luas bukaannya yaitu 1,3 m². Dari luas bukaan tersebut diasumsikan lebar bukaan sebesar 0,65 m dan tingginya 2 m.



Gambar 63: Pengukuran VSA dan HSA untuk sisi B bangunan terancang
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

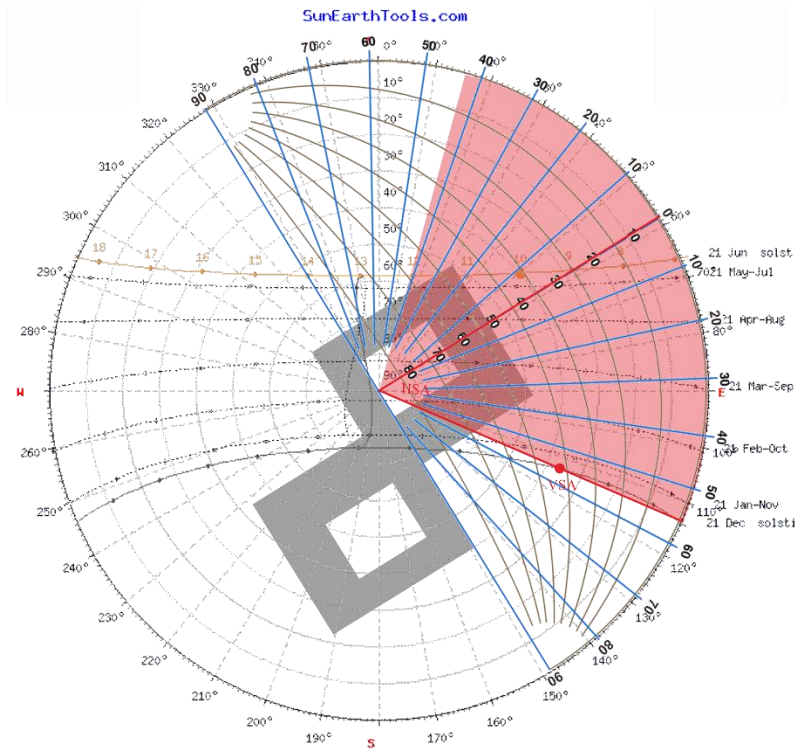
Dari pengukuran di atas dapat diketahui sudut HSA dan VSA yang mengacu pada jam kritis, yaitu pukul 16.00 WIB. Ditemukan sudut HSA sebesar 0° dan sudut VSA sebesar 35° . Dengan itu, maka tidak dapat dilakukan perhitungan kedalaman sirip, hanya dapat dilakukan perhitungan lebar *shading* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{panjang shading} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 35^\circ} \\ &= \frac{2 \text{ m}}{0,7} \\ &= 2,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka sisi B dari bangunan terancang direkomendasikan untuk diterapkan *shading* untuk menghindari radiasi sinar matahari yang berlebihan, terutama pada rentang waktu kritis tahunan setiap harinya. Selain itu, *shading* ini dapat pula difungsikan sebagai tempat diterapkannya panel surya.

3. Sisi C

Ruang dalam yang terpasang bukaan pada sisi C merupakan *culinary spot*. Sehingga luas bukaannya yaitu 1,3 m². Dari luas bukaan tersebut diasumsikan lebar bukaan sebesar 0,65 m dan tingginya 2 m.



Gambar 64: Pengukuran VSA dan HSA untuk sisi C bangunan terancang (sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Dari pengukuran di atas dapat diketahui sudut HSA dan VSA yang mengacu pada jam kritis, yaitu pukul 09.00 WIB. Ditemukan sudut HSA sebesar 56° dan sudut VSA sebesar 37°. Dengan itu, maka dapat dilakukan perhitungan lebar *shading* dan kedalaman sirip sebagai berikut.

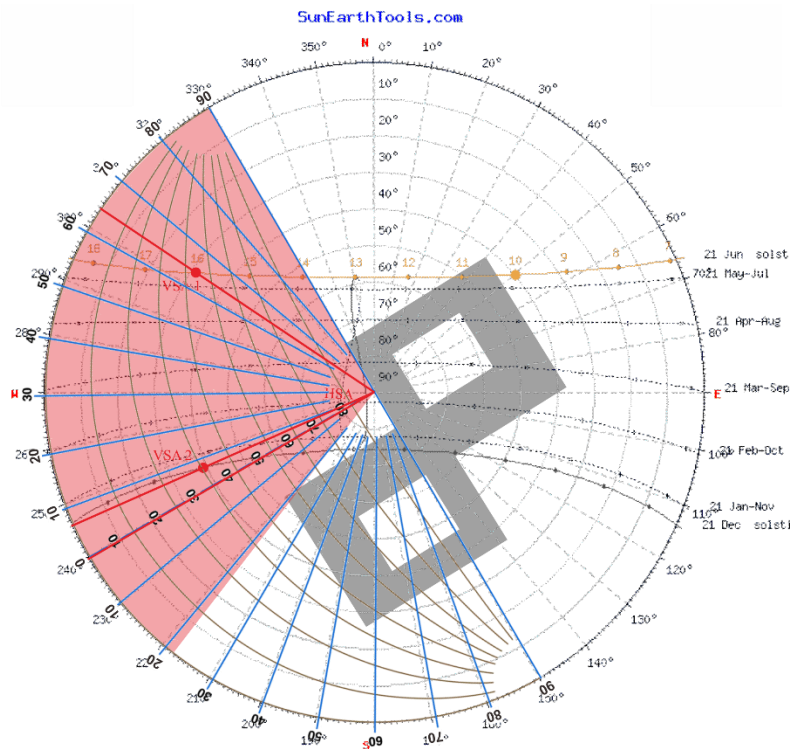
$$\begin{aligned}
 \text{panjang shading} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 37^\circ} & \text{kedalaman sirip} &= \frac{0,65 \text{ m}}{\tan 56^\circ} \\
 &= \frac{2 \text{ m}}{0,8} & &= \frac{0,65 \text{ m}}{1,5} \\
 &= 2,5 \text{ m} & &= 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka sisi C dari bangunan terancang direkomendasikan untuk diterapkan *shading*

dan sirip untuk menghindari radiasi sinar matahari yang berlebihan, terutama pada rentang waktu kritis tahunan setiap harinya. Selain itu, *shading* ini dapat pula difungsikan sebagai tempat diterapkannya panel surya.

4. Sisi D

Ruang dalam yang terpasang bukaan pada sisi D merupakan ruang *lobby*. Sehingga luas bukaannya yaitu $5,7 \text{ m}^2$. Dari luas bukaan tersebut diasumsikan lebar bukaan sebesar $2,85 \text{ m}$ dan tingginya 2 m .



Gambar 65: Pengukuran VSA dan HSA untuk sisi D bangunan terancang (sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

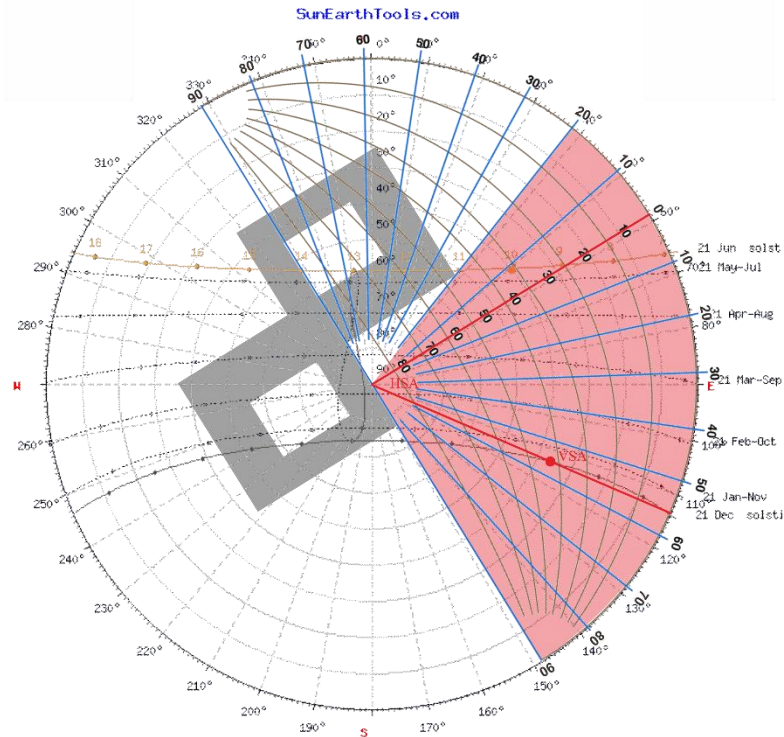
Dari pengukuran di atas dapat diketahui dua sudut HSA dan dua sudut VSA yang mengacu pada jam kritis, yaitu pukul 16.00 WIB. Ditemukan sudut HSA 1 diketahui sebesar 64° , VSA 1 sebesar 45° , HSA 2 sebesar 8° dan VSA 2 sebesar 31° . Dengan itu, maka dapat dilakukan perhitungan lebar *shading* dan kedalaman sirip sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{panjang shading 1} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 45^\circ} & \text{panjang shading 2} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 31^\circ} \\ &= \frac{2 \text{ m}}{1} & &= \frac{2 \text{ m}}{0,6} \\ &= 2 \text{ m} & &= 3,3 \text{ m} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} \text{kedalaman sirip 1} &= \frac{2,85 \text{ m}}{\tan 64^\circ} & \text{kedalaman sirip 2} &= \frac{2,85 \text{ m}}{\tan 8^\circ} \\ &= \frac{2,85 \text{ m}}{2,1} & &= \frac{2,85 \text{ m}}{0,14} \\ &= 1,4 \text{ m} & &= 20,35 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan panjang *shading* minimum (panjang *shading* 2) dan kedalaman sirip minimum (kedalaman sirip 2) di atas menunjukkan angka yang tergolong cukup besar, maka sebaiknya diterapkan alternatif lain. Alternatif tersebut dapat berupa roster. Roster ini selain berfungsi untuk menghalangi radiasi sinar matahari yang memungkinkan masuk ke dalam ruangan, juga dapat berfungsi sebagai jalur sirkulasi udara (angin). Namun untuk mengoptimasi penghalangan radiasi sinar matahari langsung, perlu diterapkan *shading* dan/atau sirip juga dengan panjang/kedalaman secukupnya.

5. Sisi E

Ruang dalam yang terpasang bukaan pada sisi E merupakan ruang *lobby*. Sehingga luas bukaannya yaitu $5,7 \text{ m}^2$. Dari luas bukaan tersebut diasumsikan lebar bukaan sebesar $2,85 \text{ m}$ dan tingginya 2 m .



Gambar 66: Pengukuran VSA dan HSA untuk sisi E bangunan terancang
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Dari pengukuran di atas dapat diketahui sudut HSA dan VSA yang mengacu pada jam kritis, yaitu pukul 09.00 WIB. Diketahui HSA 1 sebesar 0° , VSA 1 sebesar 21° , HSA 2 sebesar 57° dan VSA 2 sebesar 44° . Dengan itu, maka dapat dilakukan perhitungan lebar *shading* dan kedalaman sirip sebagai berikut.

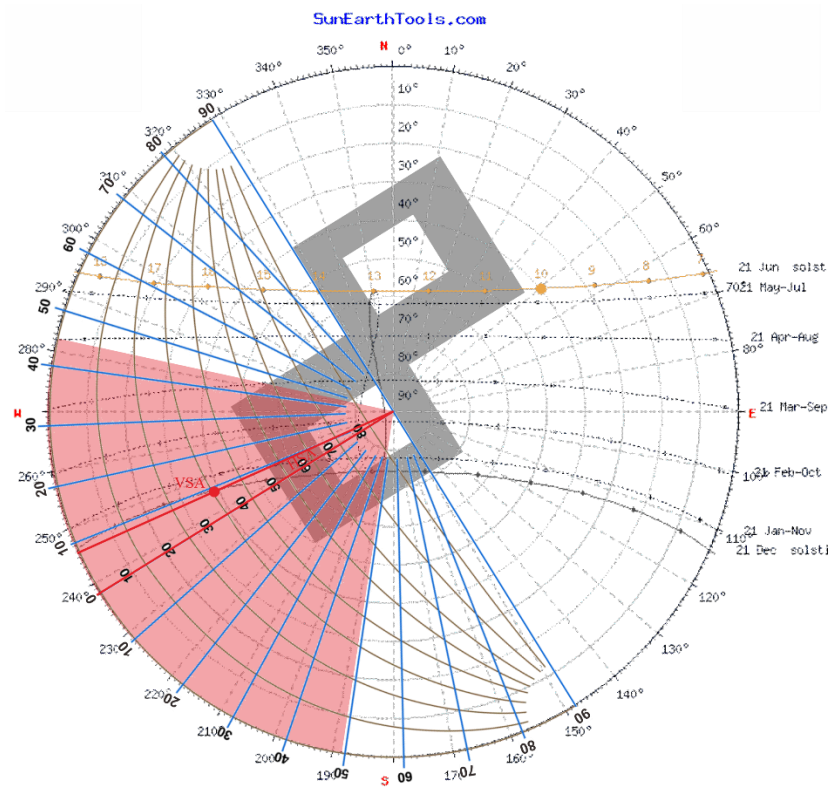
$$\begin{aligned}
 \text{panjang shading 1} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 21^\circ} & \text{panjang shading 2} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 44^\circ} \\
 &= \frac{2 \text{ m}}{0,4} & &= \frac{2 \text{ m}}{1} \\
 &= 5 \text{ m} & &= 2 \text{ m} \\
 \text{kedalaman sirip 1} &= \frac{2,85 \text{ m}}{\tan 0^\circ} & \text{kedalaman sirip 2} &= \frac{2,85 \text{ m}}{\tan 57^\circ} \\
 &= - & &= \frac{2,85 \text{ m}}{1,5} \\
 & & &= 1,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan panjang shading 1 di atas

menunjukkan angka yang tergolong besar, maka sebaiknya diterapkan alternatif lain. Alternatif tersebut dapat berupa roster. Namun untuk mengoptimasi penghalangan radiasi sinar matahari langsung, perlu diterapkan *shading* dan/atau sirip juga dengan panjang/kedalaman secukupnya.

6. Sisi F

Ruang dalam yang terpasang bukaan pada sisi F merupakan *culinary spot*. Sehingga luas bukaannya yaitu $1,3 \text{ m}^2$. Dari luas bukaan tersebut diasumsikan lebar bukaan sebesar $0,65 \text{ m}$ dan tingginya 2 m .



Gambar 67: Pengukuran VSA dan HSA untuk sisi F bangunan terancang
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

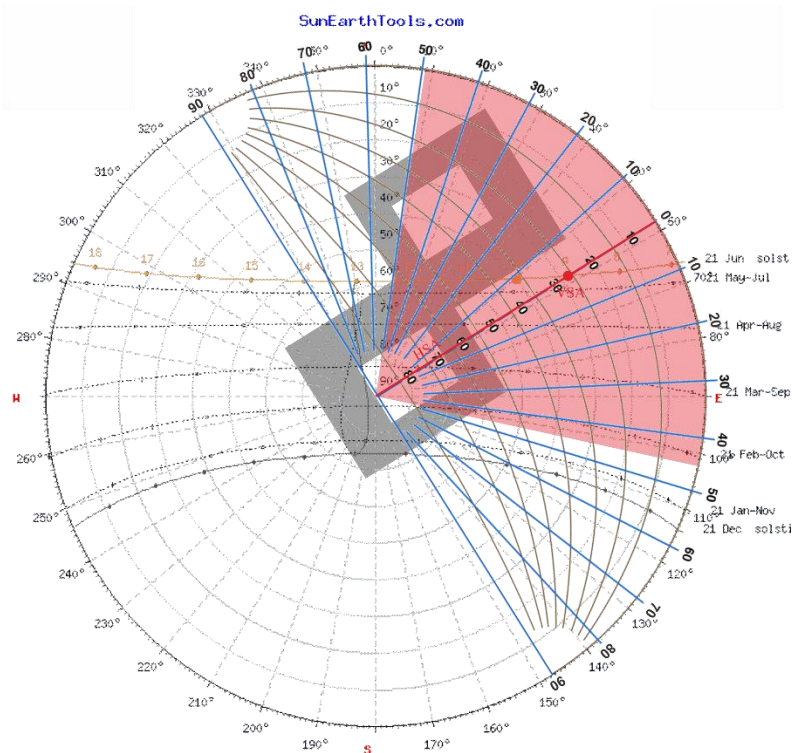
Dari pengukuran di atas dapat diketahui sudut HSA dan VSA yang mengacu pada jam kritis, yaitu pukul 16.00 WIB. Ditemukan sudut HSA sebesar 8° dan sudut VSA sebesar 31° . Dengan itu, maka dapat dilakukan perhitungan lebar *shading* dan kedalaman sirip sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{panjang shading} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 31^\circ} & \text{kedalaman sirip} &= \frac{0,65 \text{ m}}{\tan 8^\circ} \\ &= \frac{2 \text{ m}}{0,6} & &= \frac{0,65 \text{ m}}{0,1} \\ &= 3,3 \text{ m} & &= 6,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan panjang *shading* dan kedalaman sirip di atas menunjukkan angka yang tergolong besar, maka sebaiknya diterapkan alternatif lain. Alternatif tersebut dapat berupa roster. Namun untuk mengoptimasi penghalangan radiasi sinar matahari langsung, perlu diterapkan *shading* dan/atau sirip juga dengan panjang/kedalaman secukupnya.

7. Sisi G

Ruang dalam yang terpasang bukaan pada sisi G merupakan *culinary spot*. Sehingga luas bukaannya yaitu 1,3 m². Dari luas bukaan tersebut diasumsikan lebar bukaan sebesar 0,65 m dan tingginya 2 m.



Gambar 68: Pengukuran VSA dan HSA untuk sisi G bangunan terancang
(sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

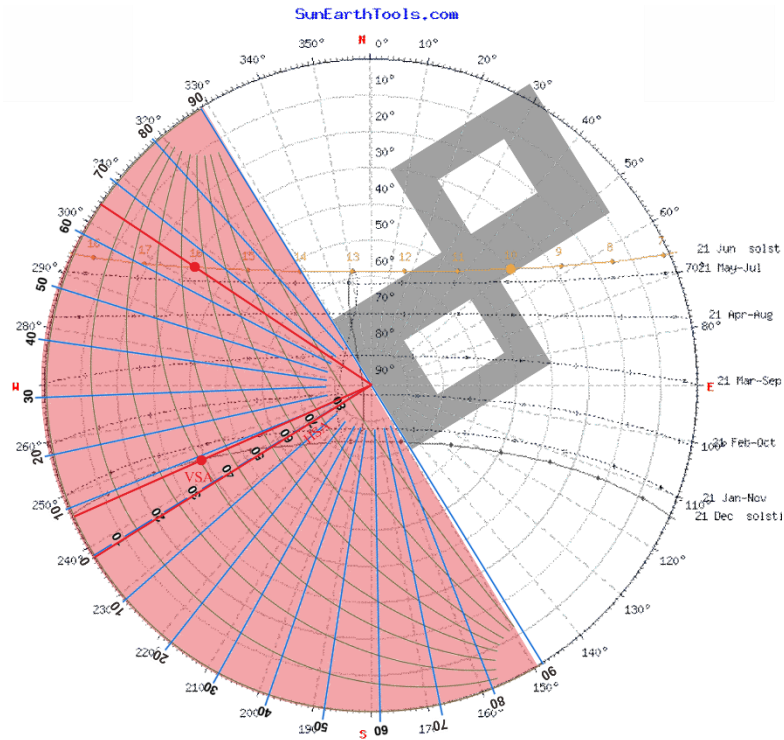
Dari pengukuran di atas dapat diketahui sudut HSA dan VSA yang mengacu pada jam kritis, yaitu pukul 09.00 WIB. Ditemukan sudut HSA sebesar 0° dan sudut VSA sebesar 21° . Dengan itu, maka dapat dilakukan perhitungan lebar *shading* dan kedalaman sirip sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{panjang shading} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 21^\circ} & \text{kedalaman sirip} &= \frac{0,65 \text{ m}}{\tan 0^\circ} \\ &= \frac{2 \text{ m}}{0,4} & &= - \\ &= 5 \text{ m} & & \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan panjang *shading* di atas menunjukkan angka yang tergolong besar, maka sebaiknya diterapkan alternatif lain. Alternatif tersebut dapat berupa roster. Namun untuk mengoptimasi penghalangan radiasi sinar matahari langsung, perlu diterapkan *shading* dan/atau sirip juga dengan panjang/kedalaman secukupnya.

8. Sisi H

Ruang dalam yang terpasang bukaan pada sisi H merupakan *culinary spot*. Sehingga luas bukaannya yaitu $1,3 \text{ m}^2$. Dari luas bukaan tersebut diasumsikan lebar bukaan sebesar $0,65 \text{ m}$ dan tingginya 2 m .



Gambar 69: Pengukuran VSA dan HSA untuk sisi H bangunan terancang
 (sumber: SunEarthTools yang dimodifikasi oleh penyusun, 2018)

Dari pengukuran di atas dapat diketahui dua sudut HSA dan dua sudut VSA yang mengacu pada jam kritis, yaitu pukul 16.00 WIB. Ditemukan sudut HSA 1 diketahui sebesar 64° , VSA 1 sebesar 45° , HSA 2 sebesar 8° dan VSA 2 sebesar 31° . Dengan itu, maka dapat dilakukan perhitungan lebar *shading* dan kedalaman sirip sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{panjang shading 1} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 45^\circ} & \text{panjang shading 2} &= \frac{2 \text{ m}}{\tan 31^\circ} \\
 &= \frac{2 \text{ m}}{1} & &= \frac{2 \text{ m}}{0,6} \\
 &= 2 \text{ m} & &= 3,3 \text{ m} \\
 \text{kedalaman sirip 1} &= \frac{0,65 \text{ m}}{\tan 64^\circ} & \text{kedalaman sirip 2} &= \frac{0,65 \text{ m}}{\tan 8^\circ} \\
 &= \frac{0,65 \text{ m}}{2,1} & &= \frac{0,65 \text{ m}}{0,14} \\
 &= 0,3 \text{ m} & &= 4,64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan panjang *shading* minimum (panjang *shading* 2) dan kedalaman sirip minimum (kedalaman sirip 2) di atas

menunjukkan angka yang tergolong cukup besar, maka sebaiknya diterapkan alternatif lain. Alternatif tersebut dapat berupa roster dan *shaft* angin. Keduanya selain berfungsi untuk menghalangi radiasi sinar matahari yang memungkinkan masuk ke dalam ruangan, juga dapat berfungsi untuk mengoptimasi sirkulasi udara (angin) yang berhembus dari sudut *azimuth* 150° hingga 180°. Namun untuk mengoptimasi penghalangan radiasi sinar matahari langsung, perlu diterapkan *shading* dan/atau sirip juga dengan panjang/kedalaman secukupnya.

3.5.2. Sistem Panel Surya

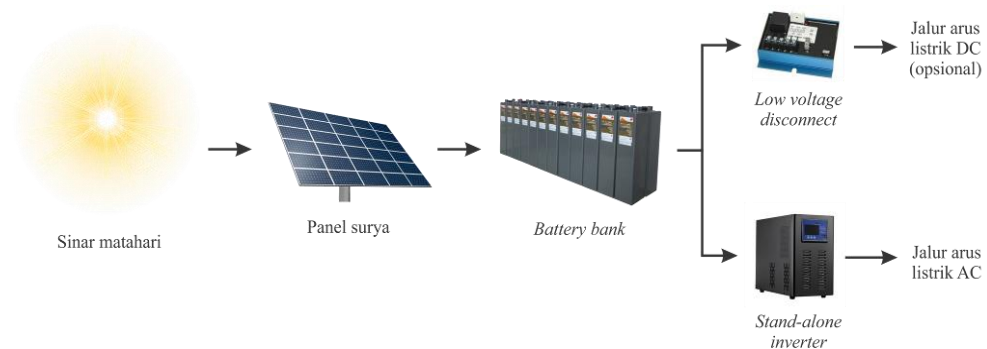
Panel surya dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan pada bahan produksi dari sel surya yang dibutuhkan. Bahan sel surya yang paling umum adalah *crystalline silicon*. Bahan *crystalline* dapat terdiri dari *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Berikut merupakan perbedaan diantara keduanya.

1. *Polycrystalline* berwarna kebiruan dengan bercak-bercak biru muda dan biru tua. Jenis ini yang paling banyak digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya berskala kecil. Efisiensi yang dihasilkan dari penggunaannya yaitu sekitar angka belasan persen.
2. *Monocrystalline* menghasilkan efisiensi energi lebih tinggi, namun harganya relatif lebih mahal daripada *polycrystalline*. Jenis ini dapat dikenali dengan warnanya yang kebiruan polos tanpa bercak.
3. Selain diantara keduanya, ada pun panel surya yang terbuat dari lapisan tipis *amorphous silicon*, berwarna agak gelap kehitaman dan umumnya digunakan pada perangkat dengan konsumsi daya sangat rendah seperti kalkulator. Efisiensi energi yang dihasilkan dari jenis ini yaitu hanya sekitar 3-5%.

Priyo Adi Sesotyo dalam blognya yang berjudul *Perbandingan Spesifikasi Solar Panel* menyebutkan bahwa nilai efisiensi antara *monocrystalline* dan *polycrystalline* bernilai sama pada panel yang berkapasitas besar (300 Watt Peak (WP)). Biasanya nilai efisiensi *monocrystalline* pada panel lebih kecil daripada panel *polycrystalline* yang berkapasitas sama. Nilai efisiensi panel yang berkapasitas tanggung seperti

250 WP itu lebih rendah daripada panel yang berkapasitas genap seperti 100 WP, 200 WP atau pun 300 WP. Semakin besar kapasitas yang dimiliki panel surya maka semakin berat pula bebannya.

Secara umum, suatu sistem tenaga surya terdiri atas panel surya, baterai, pencatu baterai (battery charger) yang berupa DC-to-DC converter, inverter (apabila beban menggunakan arus bolak-balik atau beban AC) dan pemutus sirukuit serta kabel-kabel penghubung komponen satu sama lain. Berikut merupakan skema yang menjelaskan tentang sistem tersebut.



Gambar 70: Sistem tenaga surya
(sumber: Tyas Kartika, 2016)

Dari kajian-kajian diatas dapat diambil sikap dalam perancangan bangunan ini akan digunakan panel surya yang berkapasitas 300 WP dengan bahan *polycrystalline*. Karena konsumsi daya listrik pada bangunan komersial pastinya tinggi, sehingga lebih baik menggunakan panel surya yang berkapasitas lebih tinggi. Selain itu, berat dari satu unit panel surya 300 WP pun lebih ringan dibandingkan jika memasang panel surya berkapasitas 100 WP sebanyak tiga unit.