

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

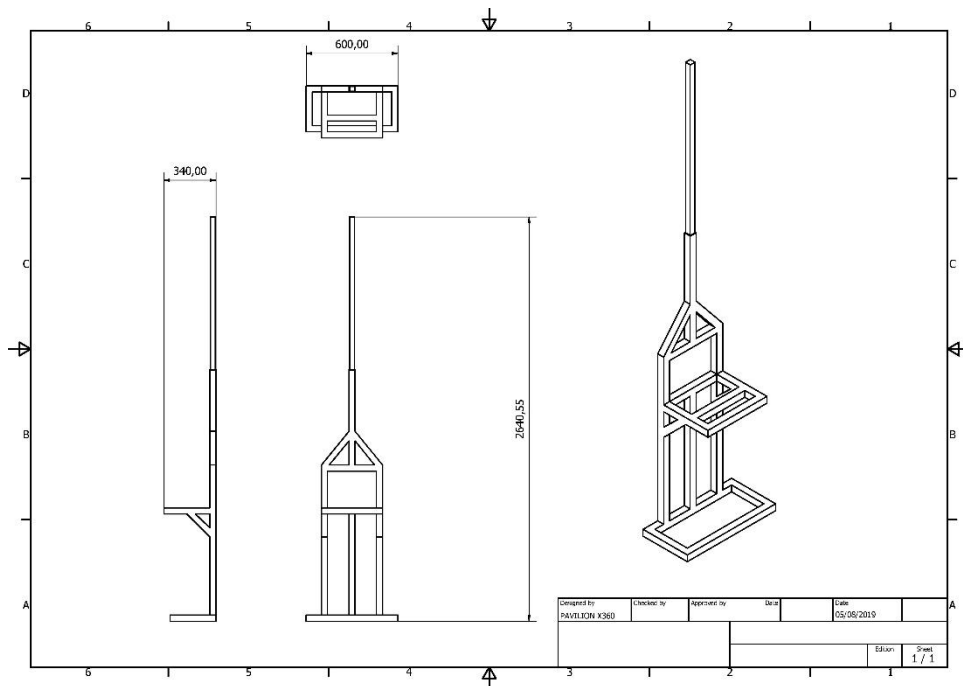
Rancang bangun *solar simulator* meliputi beberapa langkah, yaitu perancangan mekanikal, perancangan elektrikal, pabrikasi, dan uji coba. Langkah-langkah tersebut dideskripsikan sebagai berikut.

#### 4.1 Rancangan Mekanikal

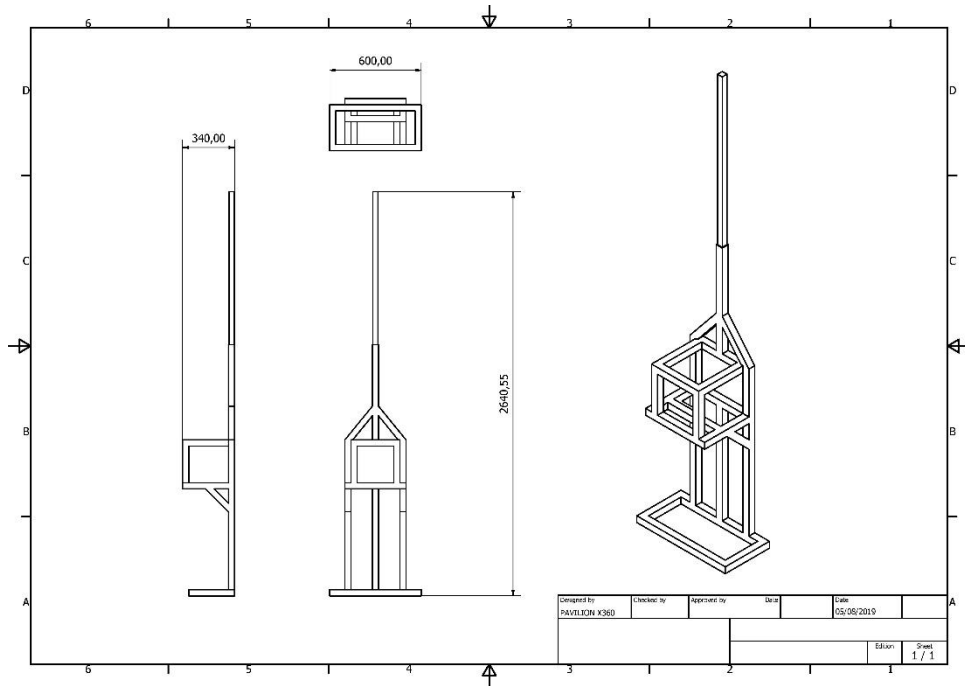
*Solar simulator* pada pengujian ini terdiri 5 komponen utama yaitu *support frame*, sistem pengatur kemiringan, sistem pengatur ketinggian, *frame* lampu, dan lampu. Tiap-tiap komponen tersebut akan dideskripsikan sebagai berikut:

##### 1. *Support Frame*

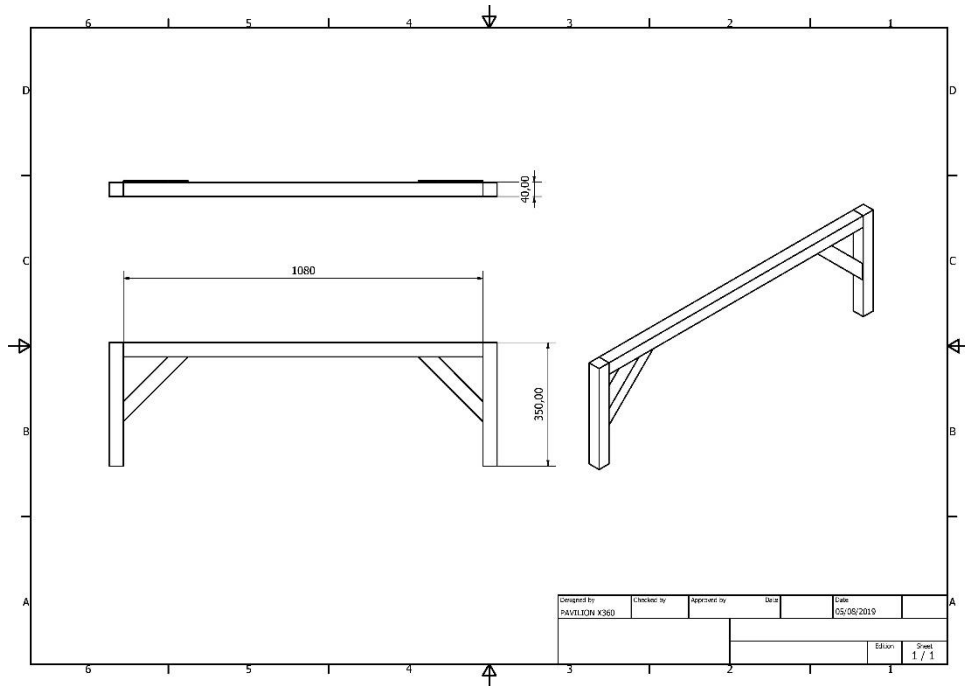
*Support frame* yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3 terbuat dari material besi persegi *hollow* 5x5 cm dan besi persegi *hollow* 4x4 cm. Konstruksi *support frame* memiliki dimensi total: panjang 108 cm, lebar 34 cm, dan tinggi 300 cm.



Gambar 4.1 *Support frame* kanan



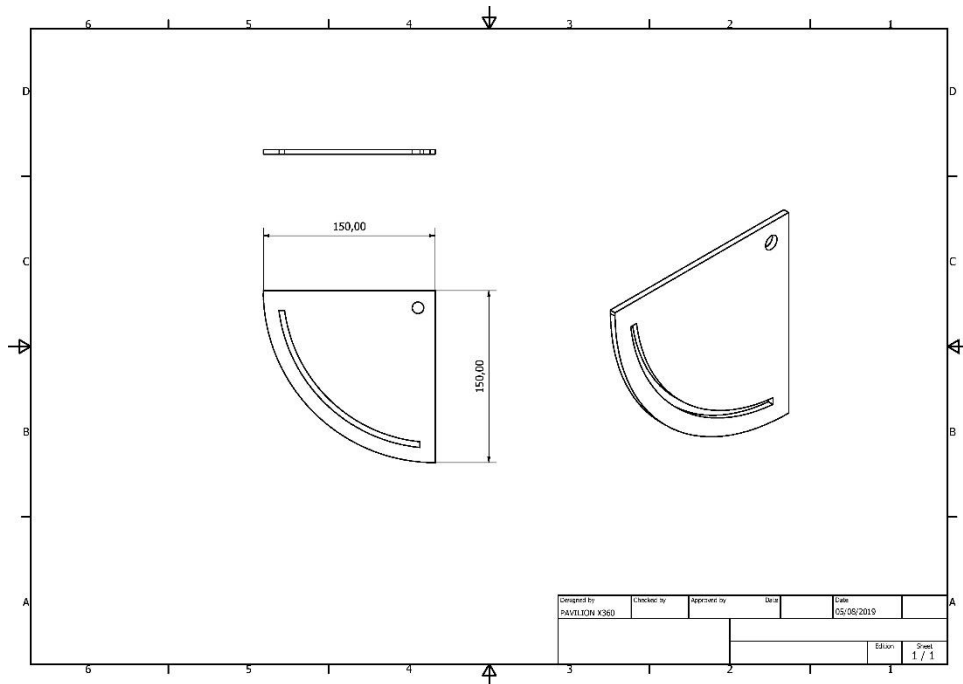
Gambar 4.2 Support frame kiri



Gambar 4.3 Support frame atas

## 2. Sistem Pengatur Kemiringan

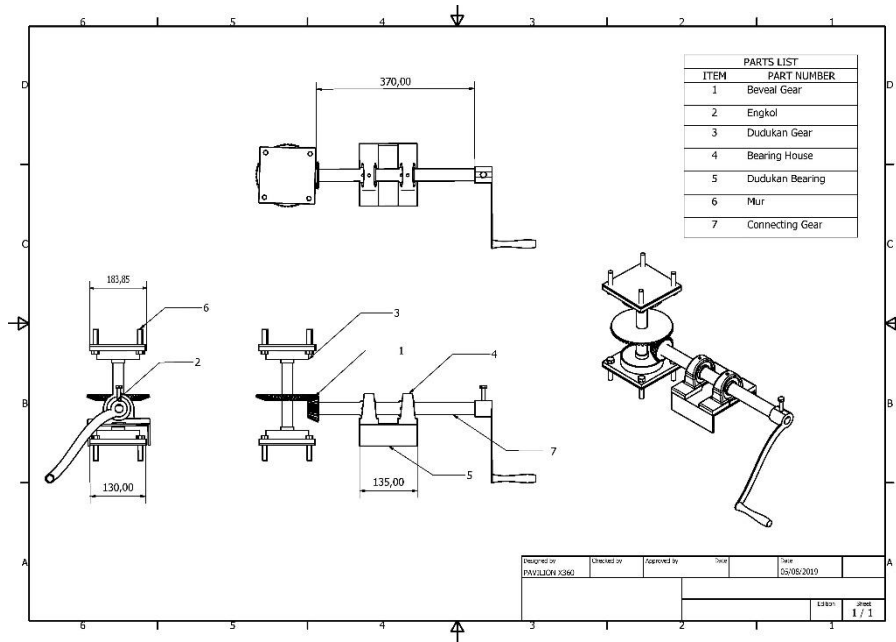
Komponen yang digunakan dalam mengatur kemiringan adalah busur. Menggunakan busur dengan alasan presisi. Busur dibuat dengan bahan plat besi setebal 4 mm. Ukuran total busur yaitu panjang 15 cm, lebar 15 cm, dan tebal 0,4 cm. Busur ditunjukkan seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Sistem pengatur kemiringan

## 3. Sistem Pengatur Ketinggian

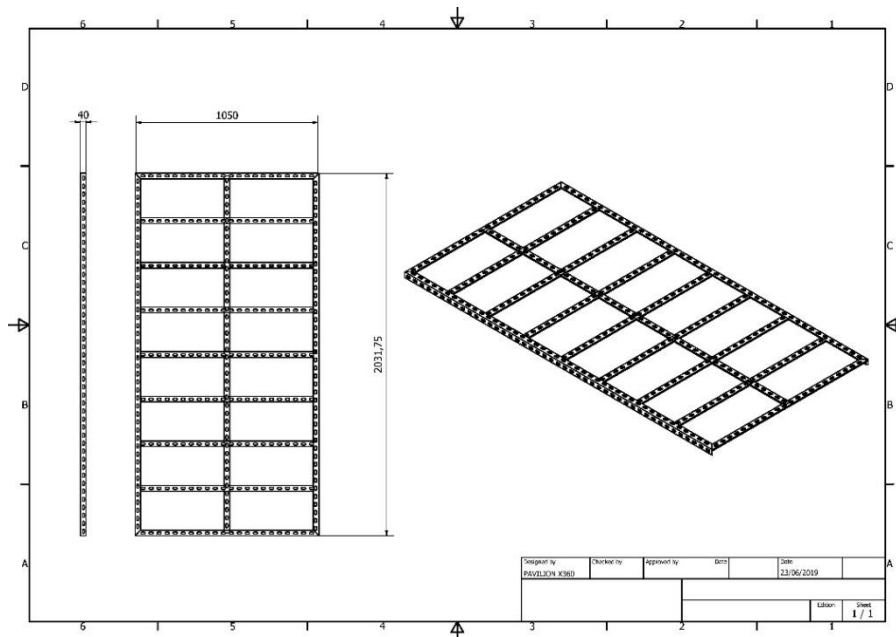
Sistem pengatur ketinggian yang digunakan yaitu *differential gear* dimana adanya peran *bevel gear*, *bearing*, dudukan *bearing* dan engkol yang langsung disambung ke besi silinder pejal dan besi *hollow*. *Differential gear* (Gambar 4.5) digunakan karena memiliki keuntungan tingkat presisi yang tinggi dibandingkan dengan *load lifting winches*. Dimensi total pengatur ketinggian yaitu panjang 54 cm, lebar 18 cm, dan tinggi 23 cm.



Gambar 4.5 Sistem pengatur ketinggian

#### 4. Frame Lampu

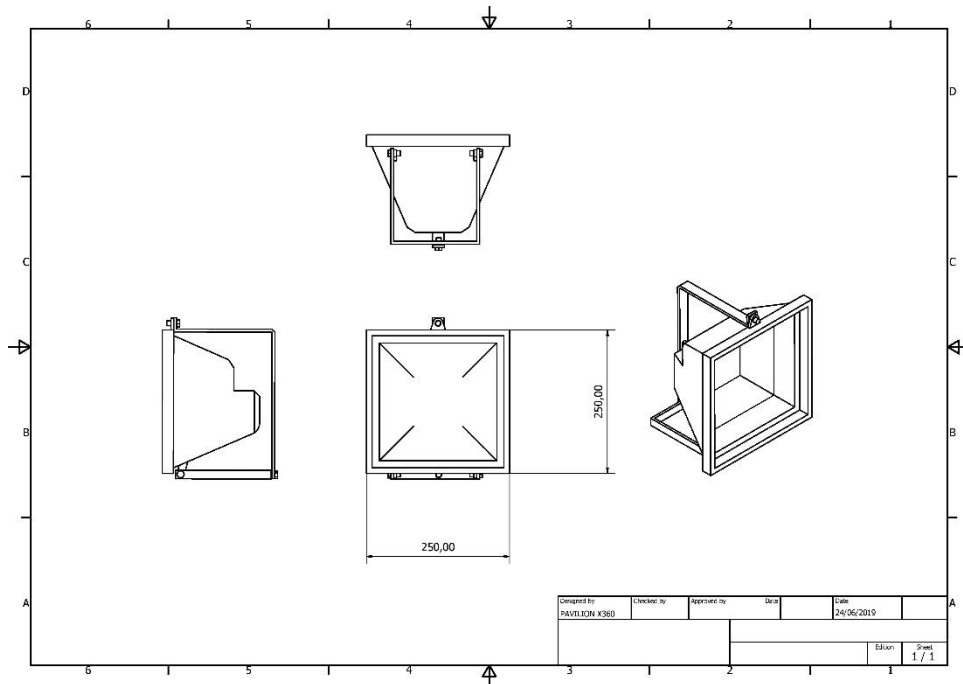
Frame lampu (Gambar 4.6) terbuat dari besi siku berlubang ukuran 4x4 cm. Selain berfungsi sebagai dudukan lampu, juga berfungsi sebagai komponen yang disanggakan pada sistem pengatur ketinggian dan kemiringan. Ukuran total frame lampu: panjang 203 cm, lebar 105 cm dan tebal 4 cm.



Gambar 4.6 Frame lampu

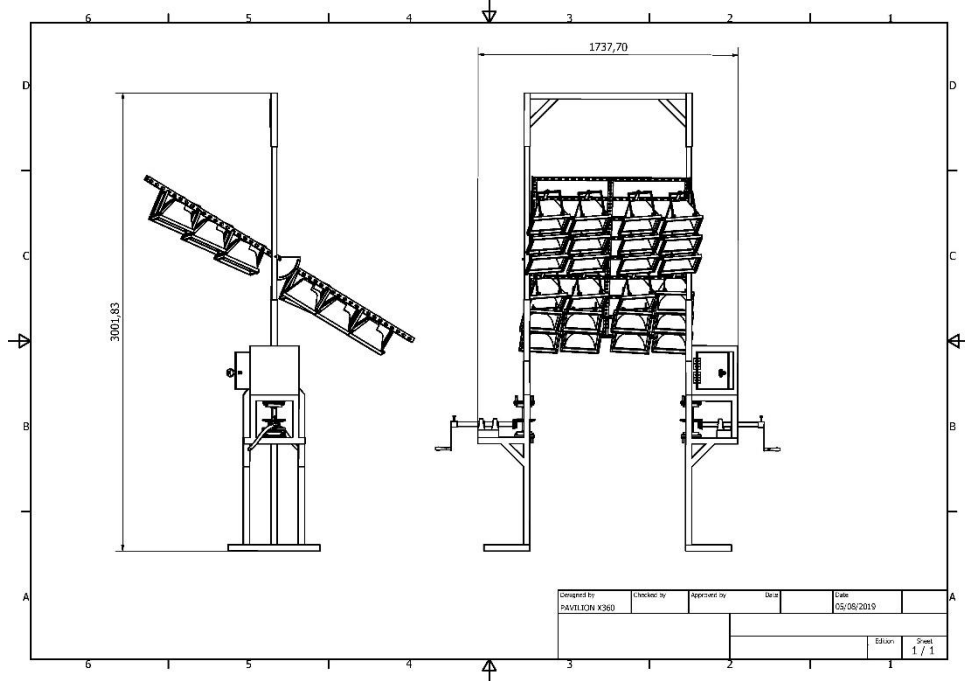
## 5. Boks Lampu

Boks lampu yang digunakan mampu meneruskan tegangan sebesar 220 – 240 V dengan frekuensi gelombang sebesar 50 – 60 Hz. Boks lampu memiliki berat 400 gram. Boks lampu ditunjukkan pada Gambar 4.7.

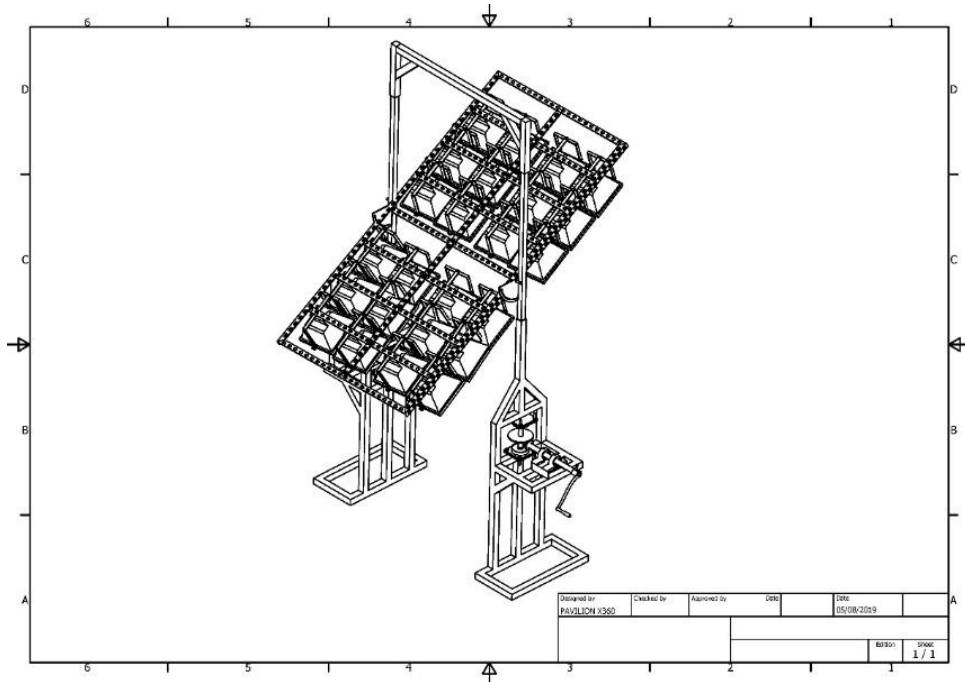


Gambar 4.7 Boks lampu

Komponen-komponen di atas masuk ke tahap *assembly* dimana semuanya digabungkan, dipasang, dan diatur sehingga menjadi satu alat yang disebut *solar simulator*. *Solar simulator* berhasil disimulasi *stress analysis* pada *magnitude force* secara vertikal sebesar 1000 N. Simulasi ini bertujuan untuk menjamin *solar simulator* aman selama operasi. Hal ini dibuktikan dengan nilai *displacement* 0 mm dan regangan 0 ul. Dimensi utama pada *solar simulator* terdiri dari panjang 1,73 m, lebar 2,27 m, dan tinggi 3 m. Hasil akhir *assembly* ditampilkan pada Gambar 4.8 pada tampak samping dan depan, juga Gambar 4.9 pada tampak isometrik.



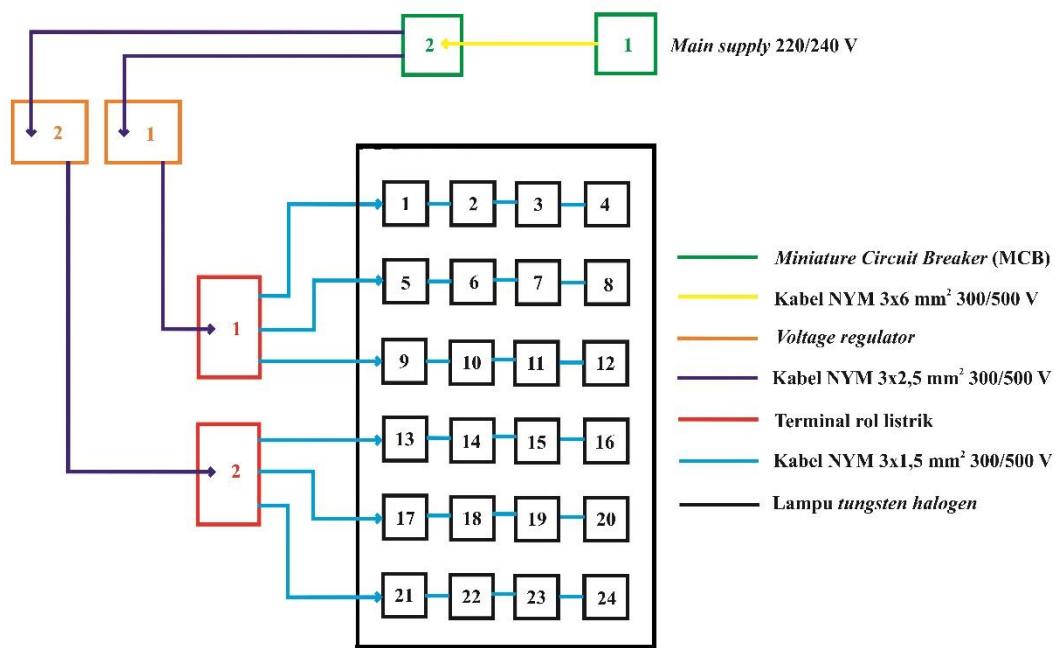
Gambar 4.8 *Solar simulator* tampak samping dan depan



Gambar 4.9 *Solar simulator* tampak isometrik

## 4.2 Rancangan Elektrikal

Lampu ditempatkan pada posisi tertentu agar distribusi cahayanya merata secara menyeluruh. Blok diagram instalasi *solar simulator* ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Blok diagram *solar simulator*

### 1. Main Supply 1 fasa

*Main supply* 1 fasa digunakan karena tegangan yang digunakan adalah 230 V, sehingga 1 fasa saja sudah dianggap memenuhi kebutuhan listrik *solar simulator* secara keseluruhan. *Main supply* 1 fasa juga biasa digunakan pada instalasi rumah tangga.

### 2. Arus AC

Arus yang digunakan pada instalasi *solar simulator* adalah arus AC. Karena *solar simulator* memiliki rangkaian listrik yang panjang sehingga arus yang mendukung adalah arus AC. Arus ini *capable* apabila tegangan ingin dinaik/turunkan melalui alat pengatur tegangan. Hal ini mendukung karena untuk menemukan *heat flux* yang diinginkan, selain mengatur ketinggian penting juga dalam mengatur tegangan.

### 3. Lampu

Lampu yang digunakan adalah lampu *tungsten halogen*, daya lampu sebesar 300 W dengan tegangan 230 V. Lampu *tungsten halogen* memiliki keunggulan harganya yang murah, juga lampu tipe ini mampu menghasilkan radiasi yang konstan selama berjam-jam. Artinya, kemampuan memancarkan radiasinya tidak terpengaruh oleh lamanya pemakaian. Jumlah lampu yang digunakan adalah 24 buah, karena dengan ukuran *frame* lampu dan jumlah lampu tersebut sudah menyesuaikan luas penampang kolektor yang berukuran 2000 x 1000 mm. Lampu ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.11 Lampu *tungsten halogen*

Tabel 4.1 Spesifikasi lampu *tungsten halogen*

<i>Tungsten Halogen</i>	
Merk	Philips Plusline R7s
Daya	300 W
Tegangan	230 Volt
<i>Lifetime</i>	2000 jam

### 4. Kabel

Kabel yang digunakan pada alat ini ada 3 jenis, yaitu NYM 3x1,5 mm<sup>2</sup> 300/500 V, NYM 3x2,5 mm<sup>2</sup> 300/500 V dan NYM 3x6 mm<sup>2</sup> 300/500 V. Kabel-



kabel tersebut dipilih karena luas penampang kabel harus merujuk pada Kemampuan Hantar Arus (KHA). Pertimbangannya adalah dengan metode berikut:

Diketahui:

*Main supply* 1 fasa

$$P = 300 \text{ Watt}$$

$$V = 230 \text{ V}$$

$$n = 24 \text{ buah}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,9$$

Ditanyakan:

Kebutuhan luas penampang berdasarkan Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Solusi:

$$I_n = \frac{P}{V \times \text{Cos}\phi}$$

$$\text{KHA} = I_n \times 125\%$$

$$I_n = \frac{300 \text{ W}}{230 \text{ V} \times 0,9}$$

$$\text{KHA} = 1,449 \text{ A} \times 125\%$$

$$I_n = 1,449 \text{ A}$$

$$\text{KHA} = 1,811 \text{ A}$$

Apabila dikalikan jumlah lampu, maka:

$$\text{KHA total} = \text{KHA} \times n$$

$$\text{KHA total} = 1,811 \text{ A} \times 24$$

$$\text{KHA total} = 43,464 \text{ A}$$

Kembali kepada rujukan Tabel 2.2, kabel yang digunakan antara MCB 1 dengan MCB 2 menggunakan kabel jenis NYM 3x6 mm<sup>2</sup> 300/500 V karena KHA yang dihasilkan mencapai 43,464 A.

Kabel yang digunakan pada terminal rol listrik hingga MCB 2 adalah kabel jenis NYM 3x2,5 mm<sup>2</sup> 300/500 V. Karena bebannya dibagi kepada 2 jalur, sehingga KHA yang dihasilkan dibagi 2 menjadi adalah 21,732 A.

Kabel yang digunakan oleh setiap baris lampu adalah kabel jenis NYM 3x1,5 mm<sup>2</sup> 300/500 V. Karena dari jumlah beban dibagi kepada 6 jalur, sehingga KHA yang yang dihasilkan dibagi 6 menjadi adalah 7,244 A. Foto kabel dan spesifikasinya ditampilkan oleh Gambar 4.12 dan Tabel 4.2.



Kabel

Gambar 4.12 Kabel

Tabel 4.2 Spesifikasi kabel

Kabel	
Tipe	NYM 3 inti
Bahan	Cu/PVC/PVC
Ukuran	3 x 4 mm <sup>2</sup>
Tegangan	300/500 V

##### 5. *Miniature Circuit Breaker*

*Miniature Circuit Breaker* (MCB) yang digunakan sesuai standar yaitu MCB SLI 175. Jenis MCB pada instalasi ini adalah Otomat-H, dimana MCB memanfaatkan induksi elektromagnetis jika terjadi arus pendek, dimana sakelar mekanis akan tertarik dan kembali ke posisi semula (*off*).

MCB ini digunakan karena pada instalasi *solar simulator* banyak bermain dengan arus AC, sehingga sangat riskan terjadinya arus pendek. Menentukan MCB menggunakan persamaan yang sama seperti menentukan jenis kabel, hanya saja *safety factor* yang digunakan sebesar 120%, maka:

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos\phi}$$

$$\text{Kuat Arus} = I_n \times 120\%$$

$$I_n = \frac{300 \text{ W}}{230 \text{ V} \times 0,9}$$

$$\text{Kuat Arus} = 1,449 \text{ A} \times 120\%$$

$$I_n = 1,449 \text{ A}$$

$$\text{Kuat Arus} = 1,7388 \text{ A}$$

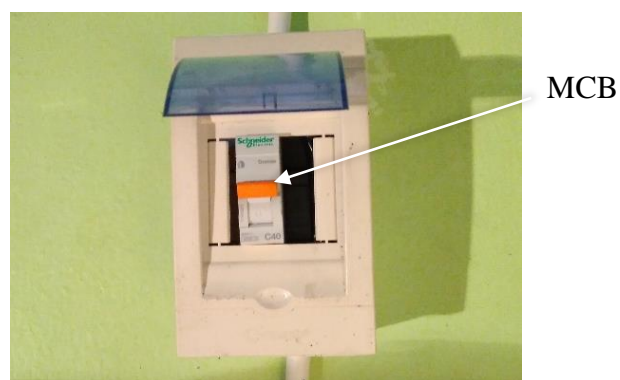
Apabila dikalikan jumlah lampu, maka:

$$KHA \text{ total} = KHA \times n$$

$$KHA \text{ total} = 1,7388 \text{ A} \times 24$$

$$KHA \text{ total} = 41,7312 \text{ A}$$

Kembali kepada rujukkan Tabel 2.6 agar instalasi listrik aman maka boleh digunakan MCB 1 fasa. Karena MCB 1 fasa memiliki nilai kuat arus maksimum sebesar 63 A. MCB yang digunakan ditampilkan oleh Gambar 4.13.



Gambar 4.13 *Miniature Circuit Breaker*

## 6. *Voltage Regulator*

*Voltage regulator* yang digunakan adalah merk Krisbow dimana kapasitas tegangan dan arus maksimal sebesar 250 V dan 20 A. Hasil kalkulasi untuk menentukan jumlah *voltage regulator* berdasarkan arus adalah sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \qquad I = \left( \frac{300 \text{ W}}{230 \text{ V}} \right) \times 24$$

$$I = \frac{P}{V} \qquad I = 31,30 \text{ A}$$

Karena kuat arus yang dihantarkan adalah sebesar 31,30 A, dimana arus maksimal *voltage regulator* adalah 20 A, maka jumlah *voltage regulator* yang dibutuhkan adalah sebanyak 2 buah. Foto *voltage regulator* seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.14.



Gambar 4.14 *Voltage regulator*

### 4.3 Pabrikasi

Tahap pabrikasi dari rancangan mekanikal dikerjakan oleh jasa manufaktur, yaitu Subkon. Hal tersebut dikarenakan ketersediaan bahan dan alat yang lebih lengkap. Tetapi pada tahap rancangan elektrikal hanya dilakukan proses instalasi kelistrikan sederhana, sehingga dapat dilakukan secara mandiri di laboratorium UMY. Dimensi utama *solar* simulator yaitu panjang 2,27 m, lebar 1,73 m, dan tinggi 3 m. Hasil pabrikasi ditampilkan pada Gambar 4.15.

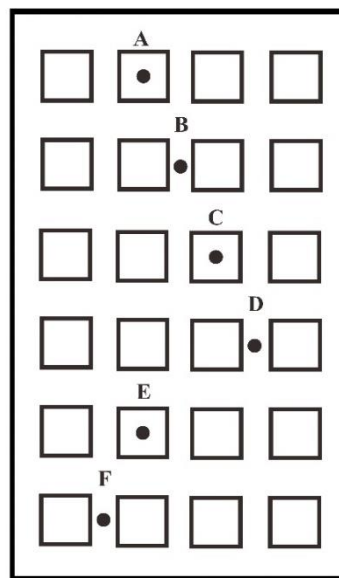


Gambar 4.15 Hasil pabrikasi *solar simulator*

## 4.4 Hasil Uji

### 4.4.1 Solar Simulator

Demi alasan keamanan, kapasitas tegangan yang ada pada *voltage regulator* tidak sepenuhnya digunakan, sehingga variasi tegangannya adalah 210 V. Variasi ketinggian yang digunakan yaitu 10, 15, 20, dan 22 cm. Selain itu, ada 6 titik penempatan *pyranometer*, tiap-tiap titik sudah dianggap mewakili setiap baris lampu. Titik-titik penempatan *pyranometer* ditunjukkan pada Gambar 4.16 dan hasil uji *solar simulator* ditunjukkan pada Tabel 4.3.



Gambar 4.16 Titik penempatan *pyranometer*

Tabel 4.3 Hasil uji *solar simulator*

Posisi	Nilai Intensitas Radiasi ( $\text{W/m}^2$ )			
	10 cm	15 cm	20 cm	22 cm
A	1256,00	1276,90	1093,12	920,78
B	1110,53	975,81	767,88	705,67
C	1235,01	936,16	761,18	715,67
D	1276,90	1072,60	854,24	767,77
E	1276,90	1007,52	1005,51	814,34
F	1276,90	1080,13	964,54	781,87
Rata-rata	1238,71	1058,19	907,75	784,35

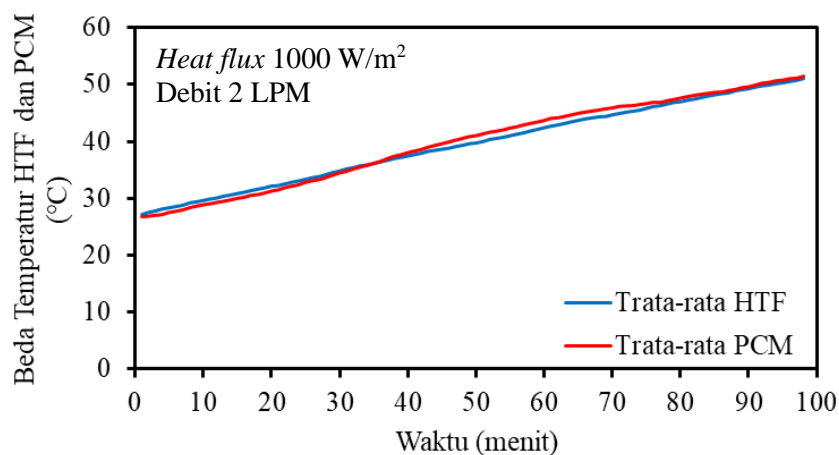
Berdasarkan Tabel 4.3, *heat flux* sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$  diperoleh pada jarak 15 cm dan tegangan 210 V.

#### 4.4.2 *Solar Simulator*-PATS

*Solar simulator* perlu diujikan pada instalasi PATS yang berisi PCM. Langkah ini dimaksudkan untuk menjamin bahwa *solar simulator* dapat digunakan sebagai sumber energi termal untuk PATS-PCM. Parameter pengujian diberikan pada Tabel 4.4, sedangkan kenaikan temperatur rata-rata HTF dan PCM disajikan pada Gambar 4.17.

Tabel 4.4 Parameter pengujian *solar simulator*-PATS

Parameter Pengujian	
Jenis pengujian	<i>Charging</i>
<i>Heat flux</i>	$1000 \text{ W/m}^2$
Debit	2 LPM
Lama waktu pengujian	98 menit



Gambar 4.17 Kenaikan temperatur rata-rata HTF dan PCM

Berdasarkan Gambar 4.17 *solar simulator* dapat digunakan sebagai sumber energi termal. Hal ini diketahui dengan adanya peningkatan temperatur pada material penyimpan kalor, baik berupa HTF maupun PCM. Grafik tersebut membuktikan bahwa kecepatan pemanasan rata-rata pada HTF adalah

0,246°C/menit, sedangkan kecepatan pemanasan rata-rata pada PCM adalah 0,254 °C/menit. Peningkatan temperatur ini sangat jelas dikarenakan adanya energi termal yang masuk dan diterima dengan baik oleh material penyimpan panas. Hasil yang diperoleh di atas, memberi keyakinan bahwa *solar simulator* dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.