

BAB 3 METODE PERANCANGAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan ialah metode penelitian kuantitatif eksperimen, sebab penelitian ini bersifat konkrit, objektif, terukur, rasional, sistematis dan data yang diberikan berupa angka yang dianalisis dengan statistik (Sugiyono, 2018). Penelitian ini bermaksud mencari pengaruh *prototipe stabilizer* terhadap panel surya yang diindikasikan melalui kenaikan temperatur panel surya, perbedaan tegangan listrik panel surya serta perbedaan arus listrik panel surya dengan variasi perbedaan panjang pipa. Lebih lanjut, penelitian ini juga menentukan apakah *prototipe stabilizer* bisa dikatakan efisien dengan menghitung antara daya listrik yang dipakai *prototipe stabilizer* dan daya listrik yang diterima panel surya.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini memiliki hubungan variabel sederhana yang terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, variabel kontrol, dan variabel moderator yang dijelaskan sebagaimana berikut.

Variabel bebas

Panjang pipa *prototipe stabilizer* yang memiliki 5 variasi untuk 2 jenis perlakuan penyetabilan temperatur panel surya dan 1 jenis perlakuan tanpa penyetabilan temperatur panel surya. Temperaturnya diukur dengan modul termal MAX6675 sensor termokopel tipe K dan energi listrik akan diukur dengan modul arus listrik ACS712 dan modul tegangan.

Variabel terikat

1. Temperatur panel surya yang akan diukur dengan modul termal MAX6675 sensor termokopel tipe K.
2. Tegangan listrik panel surya yang akan diukur modul tegangan.
3. Arus listrik panel surya yang diukur dengan modul arus listrik ACS712.

Variabel kontrol

1. Kemiringan sudut panel surya terhadap matahari dibuat tetap.
2. Bahan panel surya dibuat sama yaitu *Polycrystalline Photovoltaic*.
3. Sumber energi matahari dibuat sama, dengan cara melakukan eksperimen diatas pencahayaan 70.000 lux. Intensitas sinar matahari akan diukur menggunakan sensor BH1750

Variabel moderator

Klimatologi Tasikmalaya yang tidak dapat diatur

3.3 Desain Penelitian

Penelitian ini termasuk kedalam *Pre-Experimental Designs* yang merupakan salah satu dari beberapa desain di penelitian eksperimen (Sugiyono, 2018). Desain ini disebut *pre-experimental* sebab penelitian ini tidak memiliki kontrol penuh terhadap variabel luar (variabel moderator) yang mempengaruhi variabel terikat dalam pembentukannya, selain itu sampel yang digunakan dalam penelitian ini tidak dipilih secara random (Sugiyono, 2018). Dalam penelitian ini juga digunakan metode *One-Group Pretest-Posttest Method* dimana terdapat 1 pengukuran pada panel surya tanpa perlakuan yang dijadikan sebagai pretest, 5 pengukuran pada panel surya yang diberi perlakuan penyetabilan temperatur panel surya menggunakan air dengan panjang pipa *stabilizer* berbeda dan 5 pengukuran pada panel surya yang diberi perlakuan penyetabilan temperatur panel surya menggunakan *prototipe stabilizer* dengan panjang pipa *stabilizer* berbeda. Pengukuran tersebut secara lengkap dijelaskan pada bagian Teknik Pengumpulan Data. Lebih lanjut, data tersebut diukur selama 11 hari dengan rentang 400 data atau sekitar 6 menit 40 detik. Ilustrasi desain penelitian seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ilustrasi Desain Penelitian (Sugiyono, 2018)

Kondisi	Pretest	Perlakuan	Posttest
Tanpa perlakuan	O_1	-	-
Pipa 1+Air	-	X_1	O_2
Pipa 2+Air	-	X_1	O_2
Pipa 3+Air	-	X_1	O_2
Pipa 4+Air	-	X_1	O_2
Pipa 5+Air	-	X_1	O_2
Pipa 1+ <i>Stabilizer</i>	-	X_2	O_3
Pipa 2+ <i>Stabilizer</i>	-	X_2	O_3
Pipa 3+ <i>Stabilizer</i>	-	X_2	O_3
Pipa 4+ <i>Stabilizer</i>	-	X_2	O_3
Pipa 5+ <i>Stabilizer</i>	-	X_2	O_3

Keterangan:

X_1 = Perlakuan penyetabilan dengan panjang pipa yang berbeda pada panel surya

X_2 = Perlakuan penyetabilan dengan panjang pipa yang berbeda dan *stabilizer* pada panel surya

O_1 = Hasil pengukuran sebelum diberi perlakuan

O_2 = Hasil pengukuran sesudah diberi perlakuan X_1

O_3 = Hasil pengukuran sesudah diberi perlakuan X_2

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan melakukan observasi terstruktur serta *Nonprobability Sampling* tipe kuota. Observasi terstruktur merupakan observasi yang dilakukan secara sistematis, tentang hal yang diamati, kapan dan dimana tempatnya (Sugiyono, 2018). Teknik ini menggunakan instrumen penelitian yang sudah teruji validitas serta reliabilitasnya dan hanya dilakukan uji komponen instrumen penelitian dengan alat standar. Teknik observasi

terstruktur terdiri dari pengumpulan data temperatur panel surya, temperatur prototipe *stabilizer*, temperatur lingkungan, tegangan listrik panel surya, tegangan listrik termoelektrik, arus listrik panel surya, arus listrik termoelektrik, daya listrik pompa air dan intensitas cahaya matahari. Data-data tersebut dikumpulkan selama 11 hari penelitian menggunakan Arduino Data Logger Shield XD204. Data tersebut akan dilampirkan di lembar observasi pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Lembar Observasi

Keterangan: L = Lingkungan, P = Panel, S = <i>Stabilizer</i>												
No.	Pipa	Keadaan Pompa	Tanggal Penelitian	Waktu Penelitian	Temperatur (°C)			Arus Listrik (A)		Tegangan Listrik (V)		Intensitas Cahaya (Lux)
					L	P	S	P	S	P	S	
1.												
2.												

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai alat ukur penampakan alam atau sosial yang diamati (Sugiyono, 2018). Adapun alat yang digunakan merupakan alat yang validitas dan reliabilitasnya sudah teruji seperti sensor temperatur menggunakan modul MAX6675 dengan sensor termokopel tipe K, sensor arus menggunakan modul ACS712, sensor tahanan dengan modul tegangan listrik dan luxmeter menggunakan sensor BH1750. Semua alat penelitian tersebut telah diuji komponen dengan alat standar.

Uji komponen merupakan sebuah penyesuaian nilai antara komponen penelitian dengan alat ukur yang sudah memiliki tingkat pengukuran namun bukan merupakan standar primer yang biasa digunakan pada saat melakukan kalibrasi. Adapun alat ukur yang diuji komponen ialah modul tegangan listrik, modul arus listrik ACS 712, sensor temperatur MAX6675, sensor intensitas cahaya BH1750. Secara keseluruhan, dijelaskan sebagai berikut.

1. Modul tegangan listrik tidak memiliki penyimpangan nilai pengukuran Zero Error dan masih berada dalam jangkauan akurasi alat terukur pada pengukuran Span sebagaimana pada Tabel 3.3 untuk pengukuran span.
2. Modul arus listrik ACS 712 memiliki penyimpangan pada pengukuran Zero Error sehingga nilainya harus disesuaikan dengan nilai penyimpangan yang tertera pada Tabel 3.4. Adapun pada pengukuran span, modul arus listrik juga memiliki nilai akurasi di luar nilai akurasi alat terukur sehingga nilainya harus disesuaikan sebagaimana nilai perbandingan pada Tabel 3.5.
3. Sensor intensitas cahaya tidak memiliki penyimpangan pada pengukuran Zero Error. Pada pengukuran Span, sensor intensitas cahaya memiliki nilai akurasi di luar jangkauan nilai akurasi alat terukur untuk nilai tinggi, sedangkan pada nilai rendah, sensor intensitas cahaya masih dalam jangkauan nilai akurasi alat terukur. Pada penggunaannya, sensor ditujukan untuk penggunaan nilai tinggi sehingga sensor harus disesuaikan sebagaimana nilai penyesuaiannya pada rata-rata perbandingan di Tabel 3.6.
4. Sensor temperatur tidak memiliki nilai nol absolut sehingga pengukuran hanya dilaksanakan dengan pengukuran Span yang nilai akurasinya masih berada dalam jangkauan nilai akurasi alat terukur sebagaimana pada Tabel 3.7.

Adapun data primer dari rangkuman ini terdapat pada Lampiran 3

Tabel 3.3 Rangkuman Uji Komponen Modul Tegangan Listrik

Uji Verifikasi	Modul			AVO meter
	1	2	3	
5 Volt	0,53%	0,33%	0,48%	1,80%
10 Volt	-0,52%	-0,60%	-0,47%	1,30%
15 Volt	-0,80%	-0,80%	-0,66%	1,13%
20 Volt	-1,42%	-1,35%	-1,30%	3,30%
25 Volt	-1,57%	-1,58%	-1,46%	2,89%

Tabel 3.4 Rangkuman Uji Komponen (Zero Error) Modul ACS 712

Keterangan: Warna kuning merupakan nilai adjustment

Properti nilai	Rata-rata Nilai Sensor		
	1	2	3
Arus Listrik Sebelum Adj.	-0,14933	-0,107	-0,16867
Tegangan Listrik Sebelum Adj.	-0,03	-0,02	-0,03
Arus Listrik Setelah Adj.	0,006667	-0,008	-0,01033
Tegangan Listrik Setelah Adj.	0,00	0,00	0,00

Tabel 3.5 Rangkuman Uji Komponen (Span) Modul ACS 712

Keterangan:
Warna kuning merupakan nilai yang harus di-adjustment
Warna merah merupakan nilai yang melebihi nilai akurasi AVO meter

Properti nilai	Rata-rata Nilai			Nilai Akurasi		
	1	2	3	1	2	3
Arus Listrik Sensor Sebelum Adj.	1,77	1,88	1,74	14%	9%	15%
Arus Listrik AVO meter	2,06	2,08	2,04	7%	7%	7%
Nilai Perbandingan	1,16	1,10	1,17			

Properti nilai	Rata-rata Nilai			Nilai Akurasi		
	1	2	3	1	2	3
Arus Listrik Sensor Setelah Adj.	0,73	0,74	0,77	9%	8%	4%
Arus Listrik AVO meter	0,80	0,80	0,80	15%	14%	14%
Nilai Perbandingan	1,09	1,08	1,05			

Tabel 3.6 Rangkuman Uji Komponen (Span) Sensor BH1750

Keterangan: Warna kuning merupakan nilai adjustment

Uji Verifikasi	Nilai Akurasi		Nilai Rata-rata		Perbandingan
	BH1750	Luxmeter	BH1750	Luxmeter	
Kamar 1	23%	-73%	10,00	13,00	1,30
Atap 1	31%	4%	5019,25	7303,27	1,46
Kamar 2	24%	-44%	15,86	21,00	1,32
Outdoor	26%	0%	164,33	222,77	1,36
Atap 2	29%	2%	35576,14	50124,33	1,41
Rata-rata Perbandingan					1,37

Uji Verifikasi	Nilai Akurasi		Nilai Rata-rata		Perbandingan
	BH1750	Luxmeter	BH1750	Luxmeter	
Setelah adj.	0,79%	2%	579,44	584,05	1,00

Tabel 3.7 Rangkuman Uji Komponen (Span) Sensor MAX6675

Keterangan: TR = Termometer Ruangan, TL = Termometer Luxmeter								
Alat Pengukuran	Sensor			TR	Sensor			TL
	1	2	3		1	2	3	
Rata-rata Nilai	27,75	27,46	27,23	27,16	29,65	29,74	29,00	29,00
Nilai Akurasi	-2%	-1%	0%	4%	-2%	-3%	0%	7%

3.5.1 Pemasangan Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang terdiri dari modul tegangan listrik, modul arus listrik ACS 712, sensor cahaya BH1750, dan sensor termal MAX6675 dipasang sebagai berikut

1. Modul tegangan listrik dan modul ACS 712, dipasang pada rangkaian elektronik sebagaimana terdapat pada Gambar 3.1 pada penanda 5a, 5b, 6a dan 6b.
2. Sensor cahaya BH1750 dipasang pada tempat terbuka yang terkena sinar matahari di sekitar tempat penelitian.
3. Sensor termal MAX6675 dipasang pada 3 titik, di bagian belakang panel surya yang sudah tersedia baut untuk pemasangannya (1); di bagian bawah prototipe *stabilizer* yang sudah tersedia baut untuk pemasangannya (2), dan di tempat terbuka namun diberi penghalang agar tidak terkena radiasi matahari secara langsung di sekitar tempat penelitian.

3.6 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini bertempat di kediaman sementara peneliti di Jl. Batara Blok A1 Perum. Batara Indah, Desa Kahuripan, Kec. Tawang, Kota Tasikmalaya, Jawa Barat. Adapun jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan	Tanggal
Administrasi Penelitian	September 2020
Penyusunan Proposal Penelitian	Desember 2020-Mei 2021
Perancangan Prototipe	Mei 2021-Desember 2021
Pelaksanaan Penelitian	Desember 2021-Maret 2022
Penyusunan Hasil Penelitian	Maret 2022-Desember 2022
Pelaporan Hasil Penelitian	Desember 2022-April 2023

3.7 Langkah-langkah Penelitian

Prosedur penelitian merupakan langkah-langkah kegiatan yang ditempuh dalam sebuah penelitian. Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 3 tahap yaitu:

1. Pembuatan Rancangan Penelitian

- a. Peneliti melakukan studi literasi. Dalam hal ini, peneliti melakukan studi literasi yang berkaitan dengan efisiensi panel surya serta kekurangan dan kelebihan di berbagai wilayah.
- b. Memilih masalah. Dalam melakukan studi literasi, peneliti menemukan masalah yang berkaitan dengan efisiensi panel surya yaitu efisiensi panel surya bergantung pada perubahan temperatur panel surya. Lebih lanjut, peneliti menemukan adanya pola yang sama dalam penelitian sebelumnya yaitu menyatakan bahwa perubahan temperatur memiliki dampak terhadap daya panel surya serta bagaimana cara menyetabilkan temperatur panel surya tersebut. Penelitian sebelumnya tidak memperlihatkan daya penggunaan pada *stabilizer* yang digunakan.
- c. Merumuskan masalah. Setelah menemukan masalah, peneliti merumuskan masalah seperti perumusan judul dan membuat rumusan masalah sesuai dengan masalah yang akan diteliti.
- d. Merumuskan hipotesis. Setelah merumuskan masalah, peneliti merumuskan hipotesis dan berbagai asumsi dasar yang menjadi syarat dalam pengujian hipotesis tersebut.
- e. Memilih desain penelitian. Setelah merumuskan hipotesis, peneliti menentukan desain penelitian seperti apa yang akan dilaksanakan. Dalam penelitian ini digunakan desain penelitian *Pre-Experimental Design* dengan *One-Group Pretest-Posttest Method* dan teknik sampling *Nonprobability Sampling* tipe kuota.

- f. Menentukan Variabel. Setelah memilih desain penelitian, peneliti menentukan variabel-variabel dan mengklasifikasi variabel tersebut guna mengetahui arah keterpengaruhannya variabel tersebut terutama variabel moderator yang tidak dapat dikontrol.
- g. Menentukan dan menyusun instrumen penelitian. Setelah menentukan variabel, peneliti mulai menyusun instrumen penelitian dan melakukan uji komponen terhadap instrumen penelitian. Peneliti juga melakukan *trial and error* terhadap prototipe penelitian

2. Pelaksanaan Penelitian

- a. Melakukan persiapan penelitian. Sebelum mengambil data, semua yang berhubungan dengan instrumen penelitian dilakukan pengecekan guna melihat kesiapan dari instrumen penelitian.
- b. Mengumpulkan data. Setelah melakukan pengecekan terhadap instrumen penelitian, peneliti melakukan pengumpulan data yang terdiri dari 3 jenis perlakuan, 1 perlakuan tanpa penyetabilan temperatur, 1 perlakuan penyetabilan temperatur menggunakan air dengan 5 variasi panjang pipa berbeda, dan 1 perlakuan penyetabilan temperatur menggunakan prototipe *stabilizer* dengan 5 variasi panjang pipa berbeda.
- c. Melakukan pengujian hipotesis. Setelah data terkumpul, peneliti melakukan pengujian hipotesis serta pengujian terhadap syarat asumsi melakukan pengujian hipotesis.

3. Pembuatan Laporan Penelitian

- a. Menganalisis dan mengelola hasil penelitian. Setelah melakukan pengujian hipotesis, peneliti menganalisis dan memaparkan hasil serta pembahasan.
- b. Menulis laporan dalam bentuk tertulis dengan dasar kaidah-kaidah penulisan karya ilmiah

3.8 Rancangan Prototipe Penelitian

3.8.1 Spesifikasi alat dan bahan penelitian

Adapun alat pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Spesifikasi Alat Penelitian

Nama	Spesifikasi	Jumlah	Harga (Rp.)
Bor Listrik	-	1 buah	175.000
Gergaji Besi	-	1 buah	80.000
Solder	-	1 buah	50.000
Obeng	-	1 buah	-
Jasa Las	Las karbit	7 jenis pengelasan	350.000
Total Harga			655.000

Keterangan:

Total harga tidak termasuk biaya trial & error dan biaya akomodasi

Adapun bahan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.10

Tabel 3.10 Spesifikasi Bahan Penelitian

Nama	Spesifikasi	Jumlah	Harga (Rp.)
SP-1200A (Pompa Air)	<ul style="list-style-type: none"> • Voltase : 220-240 Volt AC • Daya : 8 Watt • Head : 1 meter • Flow : 1000 Liter/Jam • Frekuensi: 50/60 Hz 	1 buah	35.000
Plat Galvalum	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan : Galvalum • Ukuran produk : 355mm x 314mm x 1mm 	1 lembar	100.000
Pipa Galvalum	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan : Galvalum 	6 pipa	75.000
Selang air	<ul style="list-style-type: none"> • Ukuran produk : 3/8 inchi atau 0,9525 cm • Diameter dalam : 10 mm 	3 selang	27.300
Panel surya	<ul style="list-style-type: none"> • Daya maksimum yang dihasilkan : 20 Wp • Toleransi produk : 5% • Arus maks ketika daya maks : 1,11 A • Voltase maks ketika daya maks : 18 V • Short Circuit Current : 1,19 A • Open Circuit Voltage : 21,6 V 	1 buah	200.000

Nama	Spesifikasi	Jumlah	Harga (Rp.)
	<ul style="list-style-type: none"> • Berat : 1,5 Kg • Dimensi : 480mm x 350mm x 17mm • Hambatan angin : 2400 Pa 		
PELTIER TEC-12706 Thermoelectric Cooler Peltier	<ul style="list-style-type: none"> • External dimensions: 40 * 40 * 10 mm 	1 buah	25.000
Heatsink Peltier	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan: Aluminium • Berat: 20g • Ukuran: 40 x 40 x 21mm 	1 buah	5.500
Modul Switching Power Supply 36V 5A AC- DC AC - DC Adaptor	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan input: AC 100~240v 50/60Hz • Tegangan output: DC 36V • Arus output: 5A • Daya: 180W (max 200W) • Ripple noise: 200mV • Dimensi: 115 x 65 x 30mm 	1 buah	91.000
XL4015 DC- DC CC CV Step Down	<ul style="list-style-type: none"> • Current Continues : 2-2.5 A • Size: 50 * 26 * 11 (L * W * H) (mm) • Operating Temperature: -40c to +85 c • Voltage Regulation: 2.5% • Load Regulation: 0.5% • Output ripple: 50mV (max) 20M bandwidth • Switching frequency: 300KHz • Conversion efficiency: 95% (the highest) • Output current: adjustable maximum 5A • Output voltage: 0.8V-30V • Input voltage: 5V-32V • Rectification: non-synchronous rectification • Module Properties: non-isolated constant current and voltage module 	1 buah	21.900
XL4015 DC-	<ul style="list-style-type: none"> • Input voltage range: 4~38VDC 	1 buah	21.000

Nama	Spesifikasi	Jumlah	Harga (Rp.)
DC Step Down 5A	<ul style="list-style-type: none"> • Output voltage range: 1.25-36VDC adjustable • Output current: 0-5A • Output power: 75W • Working temperature: -40~+85 degrees • Operating frequency: 180KHz • Efficiency: 96% (max) • Short circuit protection: yes (limit current 8A). • Over temperature protection • Input reverse polarity protection: None • L x W x H = 54 * 23 * 18mm 		
Relay 4 Channel	<ul style="list-style-type: none"> • IN Pin : 4 • GND Pin : 1 • VCC Pin : 1 	1 buah	20.400
Modul MAX6675 (Sensor Temperatur)	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan kerja : DC5V • Arus kerja : 50mA • Rentang pengukuran temperatur : -200°C sampai 1300°C [prosedur tes dari 0 sampai 1023°C] • Akurasi pengukuran temperaur : ± 1,5°C • Resolusi temperatur : 0.25 °C • Mode pengeluaran : sinyal digital SPI • Temperatur penyimpanan : -50°C sampai 150 • Berat modul : 4 gram 	3 buah	180.000
Modul ACS712 5A (Sensor Arus Listrik)	<ul style="list-style-type: none"> • Modul : ACS712 • Chipset: ACS712TELC-05B • Voltase : 5V • Material : PCB • Ukuran papan PCB : 27,4 (mm) * 11,8 (mm) 	3 buah	75.000
Modul sensor tegangan	<ul style="list-style-type: none"> • Berat modul : 4 gram • Rentang pengukuran voltase : 0 	3 buah	15.000

Nama	Spesifikasi	Jumlah	Harga (Rp.)
	sampai 25 V DC		
BH1750	<ul style="list-style-type: none"> • Model: GY-302 • Chip: BH1750FVI • Power supply :3-5V • Dimensions: 13.9mm X 18.5mm 	1 buah	19.000
Arduino ATmega2560	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontroller ATmega2560 • Operasi Volase : 5V • Rekomendasi masukan voltase : 7-12V • Batas masukan voltase : 6-20V • Digital I/O Pins 54 (of which 15 provide PWM output) • Analog Input Pins 16 • DC Current per I/O Pin 20 mA • DC Current for 3.3V Pin 50 mA • Flash Memory 256 KB of which 8 KB used by bootloader • SRAM 8 KB • EEPROM 4 KB • Clock Speed 16 MHz 	1 buah	160.000
XD-204 Data Logging Shield	<ul style="list-style-type: none"> • Berat produk : 60 gram • Terdapat RTC (Real Time Clock) • SD Slot • Slot Baterai CR1220 	1 buah	35.000
Sensor Shield Arduino Mega V1 Expansion Board	<ul style="list-style-type: none"> • Berat produk : 0,05 kg • Digital I/O Pins : 54 • VCC I/O Pins : 54 • GND I/O Pins : 54 • Analog Input Pins 16 • VCC Analog Pins : 16 • GND Analog Pins : 16 	1 buah	34.500
Total Harga (Rp.)			1.140.600

Keterangan:

Total harga tidak termasuk biaya trial & error dan biaya akomodasi

3.9 Perancangan Rangkaian Elektronika

Pada bagian ini diterangkan alur rangkaian dari satu alat elektronika dengan elektronika lainnya dengan fungsionalnya. Adapun gambar rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

1. Arduino ATmega2560 yang ditunjuk sebagai otak pemrograman (1), di-*mounting* dengan Sensor *Shield Arduino Mega V1 Expansion Board* (2), sehingga seluruh pin di Arduino ATmega2560 (1) sudah terpasang ke Sensor *Shield Arduino Mega V1 Expansion Board* (2). Hal ini diperlukan sebab Sensor *Shield Arduino Mega V1 Expansion Board* merupakan komponen pembantu Arduino Mega 2560 R3 yang berfungsi penambahan pin ground (hitam) dan pin 5V (merah). Pin ground (hitam) dan pin 5V (merah) digunakan oleh XD-204 *Data Logging Shield* (3), modul luxmeter BH1750 (4), modul sensor tegangan listrik (5a, 6a), modul arus listrik ACS 712 (5b, 6b), modul *thermometer* MAX6675 (7, 8, 9), dan modul relay 4 kanal (11).
2. XD-204 *Data Logging Shield* (3) berfungsi merekam data temperatur panel surya, temperatur lingkungan, arus listrik panel surya, tegangan panel surya, arus listrik prototipe *stabilizer*, tegangan prototipe *stabilizer* dan intensitas matahari. Dalam menjalankan tugasnya, XD-204 *Data Logging Shield* (3) dibantu dengan baterai CR1220 sebagai sumber energi jam otomatis dan SD card untuk menyimpan data yang diterima. Adapun hubungan kabel antara XD-204 *Data Logging Shield* (3) dengan Sensor *Shield Arduino Mega V1 Expansion Board* (2) sebagaimana pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Koneksi Pin Data Logger dengan Pin Expansion Board

Pin Data Logger	Pin Expansion Board	Warna	Fungsi
10	53	Jingga	SS
11	51	Kuning	MOSI
12	50	Hijau	MISO
13	52	Biru	SCK

3. Modul luxmeter BH1750 (4), berfungsi sebagai penerima sinyal intensitas matahari yang datanya dikirim ke Arduino ATmega2560 (1) menuju XD-204

Data Logging Shield (3). Adapun hubungan kabel antara Modul luxmeter BH1750 (4), XD-204 *Data Logging Shield* (3), dan *Sensor Shield Arduino Mega VI Expansion Board* (2) sebagaimana pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Koneksi antara Pin BH1750, Pin Data Logger dan Pin Expansion Board

Pin BH1750	Pin Data Logger	Pin Expansion Board	Warna	Fungsi
SDA	4	20	Biru	SDA
SCL	5	21	Hijau	SCL

4. Modul arus listrik ACS 712 (5b, 6b) dan modul tegangan (5a, 6a), secara berturut-turut berfungsi membaca nilai arus listrik panel surya (5b), membaca nilai arus listrik prototipe *stabilizer* (6b), membaca nilai tegangan listrik panel surya (5a) dan membaca nilai tegangan listrik prototipe *stabilizer* (6a). Selanjutnya data dikirim ke Arduino ATmega2560 (1) menuju XD-204 *Data Logging Shield* (3). Adapun hubungan kabel antara modul arus listrik ACS 712 (5b, 6b) dan modul tegangan (5a, 6a) dengan *Sensor Shield Arduino Mega VI Expansion Board* (2) sebagaimana pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Koneksi Pin Modul ACS 712 dan Modul Tegangan dengan Pin Expansion Board

	Pin pada modul	Pin Expansion Board	Warna	Fungsi
Modul ACS 712 (5b)	Out	A7	Kuning	Sensor
Modul ACS 712 (6b)	Out	A9		
Modul tegangan (5a)	S	A6		
Modul tegangan (6a)	S	A8		

5. Modul *thermometer* MAX6675 (7, 8, 9), secara berturut-turut berfungsi membaca nilai temperatur panel surya (7), membaca nilai temperatur prototipe *stabilizer* (8), membaca nilai temperatur lingkungan (9). Selanjutnya data dikirim ke Arduino ATmega2560 (1) menuju XD-204 *Data Logging Shield* (3). Adapun hubungan kabel antara modul *thermometer* MAX6675 (7, 8, 9) dengan *Sensor Shield Arduino Mega VI Expansion Board* (2) sebagaimana pada Tabel 3.14.

Tabel 3.14 Koneksi Pin MAX6675 dengan Pin Expansion Board

Pin Expansion Board			Warna	Pin modul dan Fungsi
MAX6675 (7)	MAX6675 (8)	MAX6675 (9)		
10	7	30	Kuning	SO
9	6	31	Hijau	CS
8	5	32	Biru	SCK

6. Modul Relay 4 kanal (11), berfungsi sebagai saklar otomatis. Saklar ini akan mengatur aliran listrik dari sumber listrik AC (12) ke pompa air (10). Apabila modul *thermometer* MAX6675 (7) membaca temperatur diatas 26°C dan modul luxmeter BH1750 (4) membaca intensitas matahari diatas 1000 *lux* maka pompa air (10) bekerja, sedangkan apabila modul *thermometer* MAX6675 (7) membaca temperatur dibawah 24°C dan modul luxmeter BH1750 (4) membaca intensitas matahari diatas 1000 *lux* maka pompa air (10) bekerja dan jika tidak salah satunya maka pompa air (10) tidak bekerja. Relay juga mengatur aliran listrik dari sumber listrik AC (12) yang diubah jenis listriknya di Modul *Switching Power Supply* 36V 5A AC-DC Adaptor (14) kemudian di *step down* oleh XL4015 (16) dan diatur pengeluaran listriknya oleh XL4015 CC CV (15) ke termoelektrik (13). Apabila modul *thermometer* MAX6675 (7) membaca temperatur diatas 26°C dan modul luxmeter BH1750 (4) membaca intensitas matahari diatas 1000 *lux* maka termoelektrik (13) akan melakukan proses pendinginan, sedangkan apabila modul *thermometer* MAX6675 (7) membaca temperatur dibawah 24°C dan modul luxmeter BH1750 (4) membaca intensitas matahari diatas 1000 *lux* maka termoelektrik (13) akan melakukan proses pemanasan dan jika tidak salah satunya maka termoelektrik (13) tidak bekerja. Adapun hubungan kabel antara modul relay 4 kanal (11) dengan Sensor *Shield Arduino Mega V1 Expansion Board* (2) sebagaimana pada Tabel 3.15.

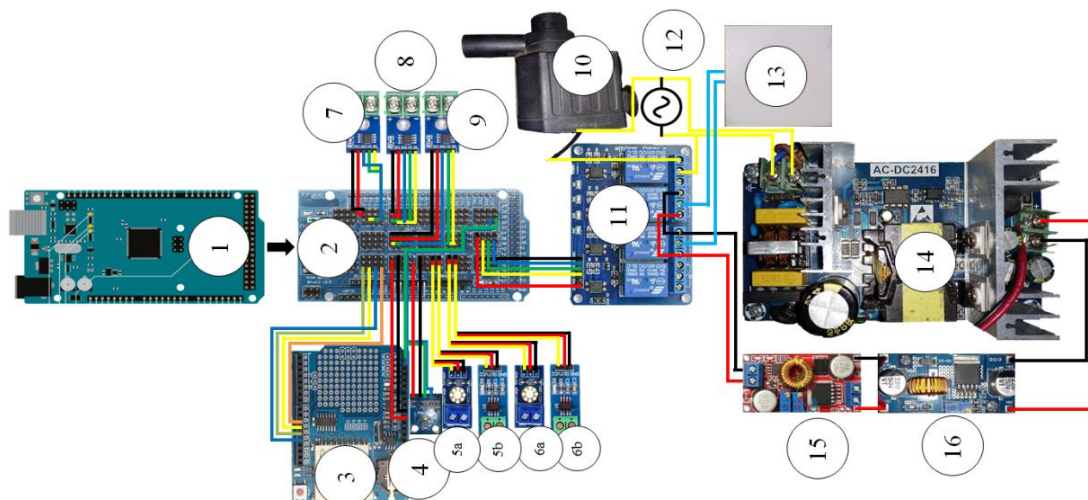
Tabel 3.15 Koneksi Pin Relay dengan Pin Expansion Board

Pin Expansion Board	Warna	Pin Relay dan Fungsi
45	Biru	IN1
44	Hijau	IN2
43	Kuning	IN3
-	-	IN4

Lebih lanjut hubungan kabel antara modul relay 4 kanal (11) dengan XL4015 CC CV (15), termoelektrik (13), sumber listrik AC (12) dan pompa air (10) sebagaimana pada Tabel 3.16.

Tabel 3.16 Koneksi Modul XL4015 CC CV, Termoelektrik, Sumber listrik AC dan Pompa Air dengan Relay

Modul	Pin Relay 4 Kanal	Warna	Pin Modul
XL4015 CC CV	NO3 jumper NO2	Merah	Output +
	NC3 jumper NC2	Hitam	Output -
Termoelektrik	Common 3	Biru	Input +
	Common 2		Input -
Sumber listrik AC	Common 1	Kuning	Input
Pompa air	NC1	Kuning	Input

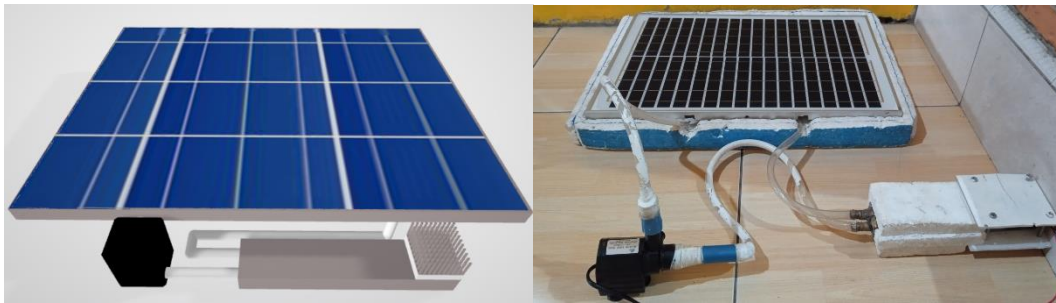
**Gambar 3.1 Rancangan Rangkaian**

3.10 Pemrograman

Pada subbab ini dilampirkan pemrograman atau logika berpikir dari suatu sistem rangkaian. Adapun sistem pemrograman ini dilakukan di arduino dengan bahasa pemrograman C++. Isi dari pemrograman itu sendiri terdiri dari logika pengambilan data tiap komponen, logika dasar pengoperasian, dan logika pengumpulan data. Semua pemrograman itu terintegrasi pada Lampiran 1.

3.11 Perancangan Prototipe

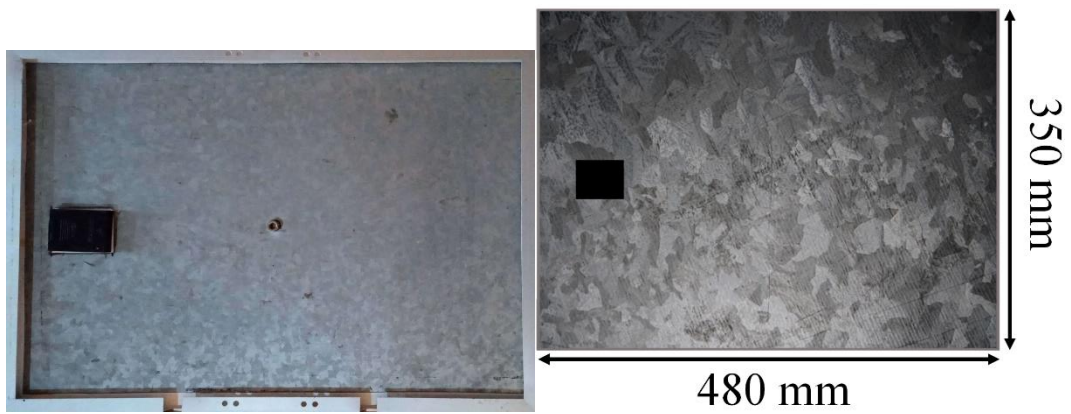
Adapun pada subbab ini merupakan spesifikasi dimensional dari prototipe *stabilizer* secara keseluruhan. Lebih lanjut, untuk pemasangan instrumen penelitian terdapat pada subbab 3.5 instrumen penelitian dan untuk cara kerja prototipe secara keseluruhan dapat dilihat pada subbab 3.12 diagram blok rangkaian.



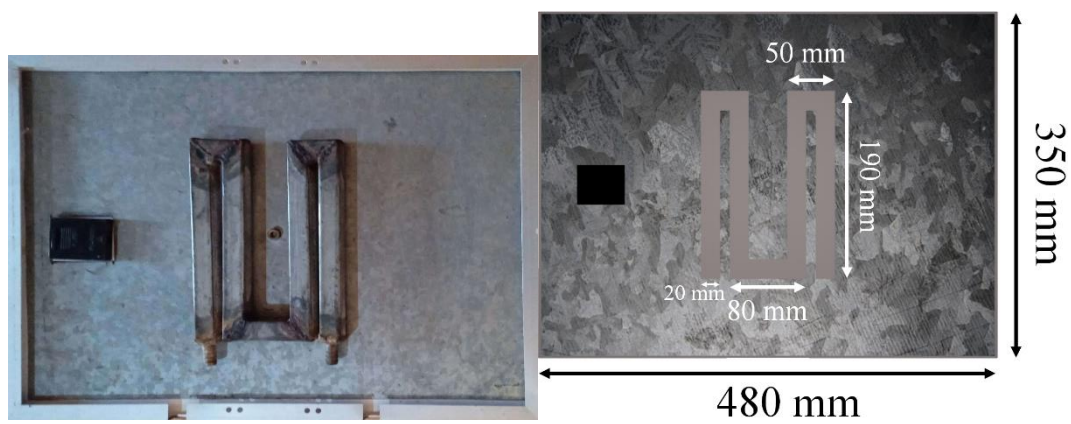
Gambar 3.2 Panel Surya dan Prototipe *Stabilizer* secara Keseluruhan, 3D Model (kiri) dan Asli (kanan)



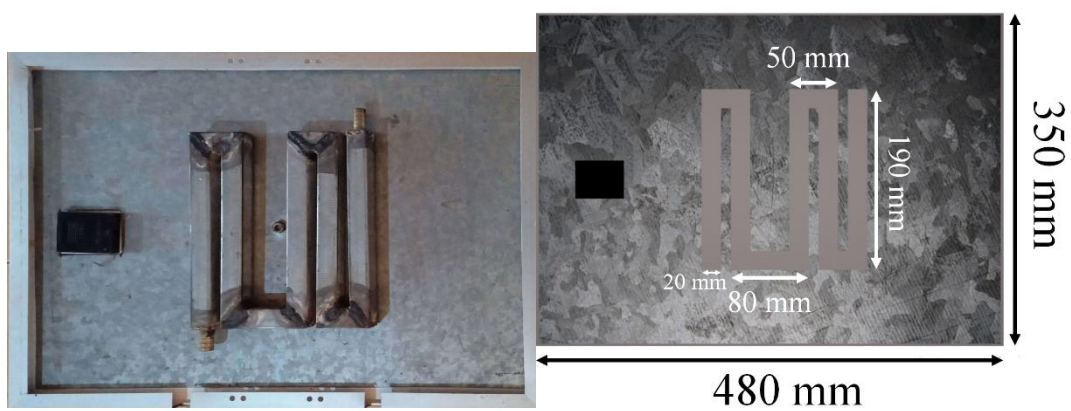
Gambar 3.3 Tinggi Panel Surya (17 mm) dan Pipa Air (20 mm)



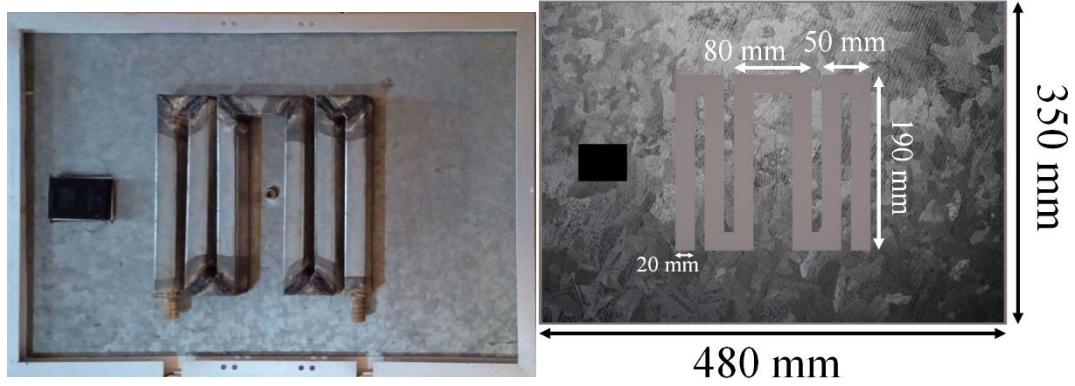
Gambar 3.4 Bagian Bawah Panel Surya Tanpa Perlakuan, Asli (kanan) dan 3D Model (kiri)



Gambar 3.5 Bagian Bawah Panel Surya dengan Pipa 1, Asli (kanan) dan 3D Model (kiri)



Gambar 3.6 Bagian Bawah Panel Surya dengan Pipa 2, Asli (kanan) dan 3D Model (kiri)



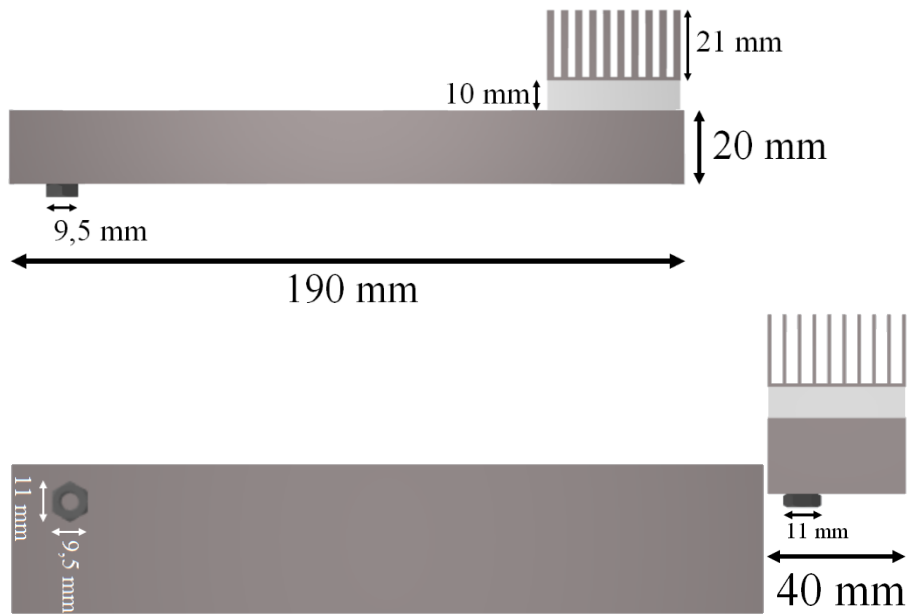
Gambar 3.7 Bagian Bawah Panel Surya dengan Pipa 3, Asli (kanan) dan 3D Model (kiri)



Gambar 3.8 Bagian Bawah Panel Surya dengan Pipa 4, Asli (kanan) dan 3D Model (kiri)

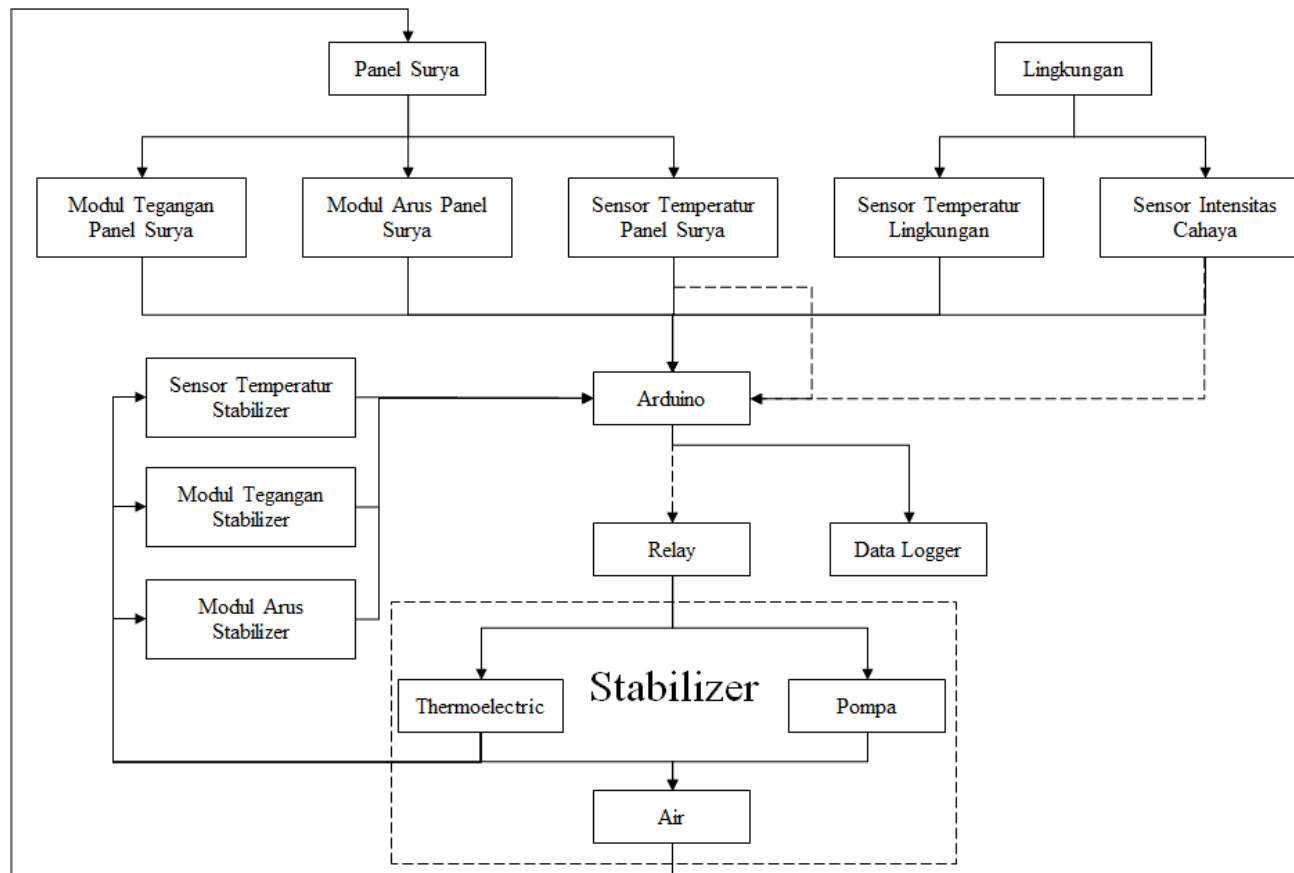


Gambar 3.9 Bagian Bawah Panel Surya dengan Pipa 5, Asli (kanan) dan 3D Model (kiri)



Gambar 3.10 3D Model Pipa *Stabilizer* secara Keseluruhan

3.12 Diagram Blok Rangkaian



Gambar 3.11 Diagram Blok Rangkaian

Diagram blok adalah salah satu bentuk diagram proses untuk sistem yang terspesialisasi di dalam aktivitas rekayasa. Adapun proses sistem pada Gambar 3.11 sebagai berikut

1. Pertama, panel surya yang dipasang pada tempat penelitian akan memberikan masukan tegangan listrik panel surya, arus listrik panel surya dan temperatur panel surya. Temperatur ini nantinya berperan aktif dalam pengoperasian prototipe *stabilizer* yang ditandai dengan garis panah putus-putus. Di sisi lain, secara bersamaan, lingkungan juga memberikan masukan berupa data intensitas cahaya dan data temperatur lingkungan. Masukan intensitas cahaya ini juga akan berperan aktif dalam pengoperasian prototipe *stabilizer* yang ditandai dengan garis panah putus-putus.
2. Selanjutnya, semua sinyal tersebut masuk ke Arduino dan diteruskan ke *data logger*. Lebih lanjut, sinyal yang berperan aktif dalam pengoperasian *stabilizer* memiliki tugas untuk menggerakkan saklar pada relay yang dijelaskan pada sub-bab 3.9 poin 6.
3. Relay secara otomatis akan menghidupkan pompa dan aliran air akan mengalir di dalam pipa yang berada di bawah panel surya untuk bertukar kalor dengan panel surya.
4. Kemudian air akan masuk ke pipa *stabilizer* untuk distabilkan oleh termoelektrik dan mengalir kembali ke panel surya dalam aliran tertutup.
5. Secara bersamaan, modul arus listrik dan modul tegangan listrik yang berada di termoelektrik akan merekam nilai arus listrik dan tegangan listrik yang selanjutnya tersebut dikirim ke Arduino dan diteruskan ke *data logger*. Di sisi lain, sensor temperatur yang dipasang pada pipa *stabilizer* juga merekam data temperatur pada pipa *stabilizer* yang selanjutnya dikirim ke Arduino dan diteruskan ke *data logger*.