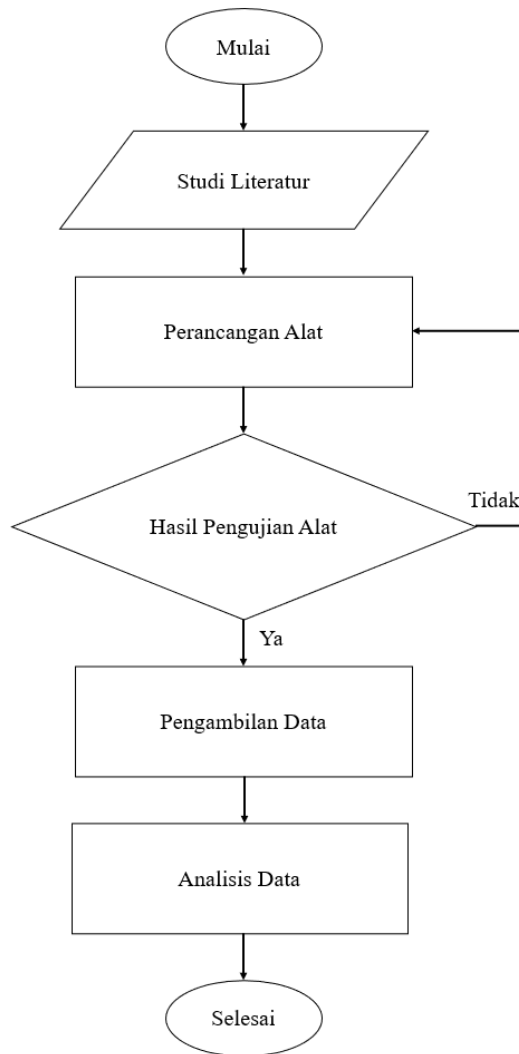


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian



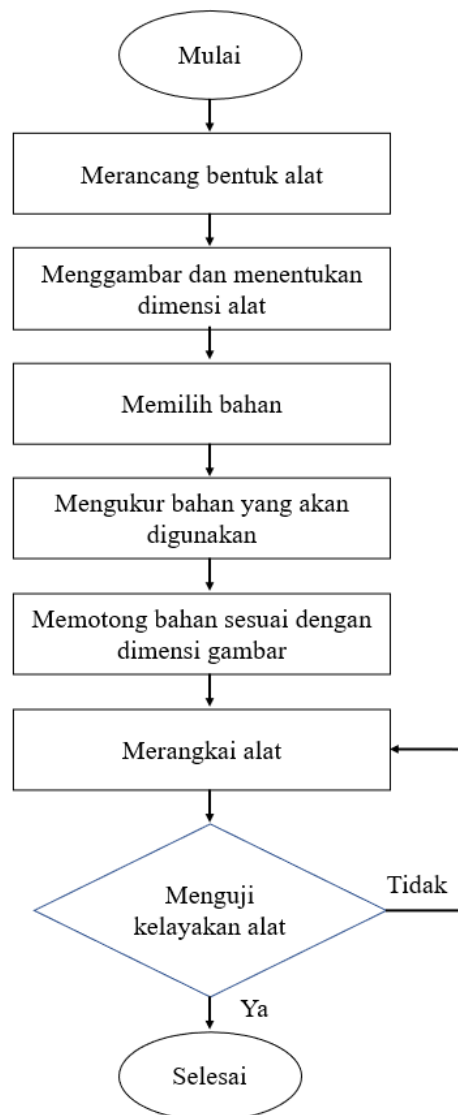
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Penjelasan setiap langkah alur penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

- Tahapan pertama adalah memulai penelitian.
- Tahapan kedua adalah melakukan studi literatur melalui jurnal, buku, dan informasi terkait Sistem *Photovoltaic-Thermoelectric Hybrid*,

- c. Tahapan ketiga adalah membuat rancangan alat dengan berpedoman pada literatur yang telah dipelajari.
- d. Tahapan keempat yaitu menguji alat dengan berpedoman kepada tahapan-tahapan sebelumnya. Apabila alat yang dibuat layak untuk digunakan maka dilanjutkan pada tahapan pengambilan data. Hal ini diukur dari apakah daya yang dihasilkan sistem PV-TEG *Hybrid* dapat melebihi daya sel *Photovoltaic* pabrikan *non-hybrid*. Jika tidak, maka harus merancang ulang alat.
- e. Tahapan kelima yaitu pengambilan data untuk mengetahui berapa besar nilai tegangan dan arus dari alat yang telah dibuat.
- f. Tahapan keenam adalah analisis berupa penghitungan nilai efisiensi yang dicapai oleh alat dan nilai daya dari daya yang telah diambil pada tahap sebelumnya.
- g. Tahapan ketujuh yaitu penelitian selesai.

3.2 Diagram Alir Pembuatan Alat



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Alat

Penjelasan setiap langkah alur pembuatan alat tersebut adalah sebagai berikut:

- Tahap pertama adalah memulai pembuatan alat.
- Tahapan kedua adalah tahap merancang alat dengan berpedoman pada studi literatur yang telah dipelajari.

- c. Tahap ketiga adalah menggambar alat dan menentukan dimensi alat yang akan dibuat.
- d. Tahap keempat adalah memilih bahan dan komponen-komponen yang akan dipakai.
- e. Tahap kelima adalah mengukur bahan yang akan digunakan berdasarkan gambar dan dimensi alat yang telah ditentukan.
- f. Tahap keenam adalah memotong bahan yang perlu dipotong sesuai dengan gambar dan dimensi alat yang akan dibuat.
- g. Tahap ketujuh adalah merangkai bahan dan komponen-komponen lainnya sesuai dengan gambar dan dimensi yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.
- h. Tahap kedelapan adalah menguji alat yang telah dibuat pada tahapan sebelumnya. Apabila alat yang dibuat layak, pembuatan alat akan dilanjutkan pada tahap selanjutnya. Hal ini diukur dari apakah daya yang dihasilkan sistem PV-TEG *Hybrid* dapat melebihi daya Sel PV pabrikan *non-hybrid*.
- i. Tahap kesembilan adalah pembuatan alat selesai.

3.3 Bahan dan Alat

Dalam pembuatan alat rancang bangun sistem *hybrid (photovoltaic-thermoelectric generator)* sebagai langkah peningkatan efisiensi *photovoltaic* adalah sebagai berikut :

3.3.1 Bahan

- a. Sel PV *Polycrystalline* 50 watt
- b. 8 buah TEG SP1848-27145 SA
- c. *Heatsink* tembaga

- d. *Coldsink* aluminium ukuran 40mm x 40mm
- e. Pasta termal/ *Thermal Grease*
- f. Kabel



Gambar 3.3 Modul PV *monocrystalline* (bawah) dan *polycrystalline* (atas)

Gambar 3.3 menunjukkan modul *Photovoltaic* (PV) yang digunakan pada penelitian ini. Modul PV tersebut bertipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* dengan spesifikasi keluaran 50 watt. Panel surya monokristalin dan polikristalin dengan daya 50 watt peak (WP) memiliki perbedaan utama dalam teknologi pembuatan selnya. Panel monokristalin terbuat dari satu kristal silikon tunggal yang memberikan efisiensi tinggi dan performa lebih baik pada kondisi cahaya rendah, menghasilkan lebih banyak daya per unit area dibandingkan panel polikristalin. Sebaliknya, panel polikristalin dibuat dari potongan kristal silikon yang dilebur bersama, umumnya menawarkan efisiensi yang sedikit lebih rendah dan harga yang lebih terjangkau. Meskipun kedua jenis panel ini dapat menghasilkan daya

yang sama, panel monokristalin cenderung lebih efisien dan memerlukan ruang yang lebih sedikit untuk menghasilkan jumlah daya yang sama (Sinaga & Beily, 2019).

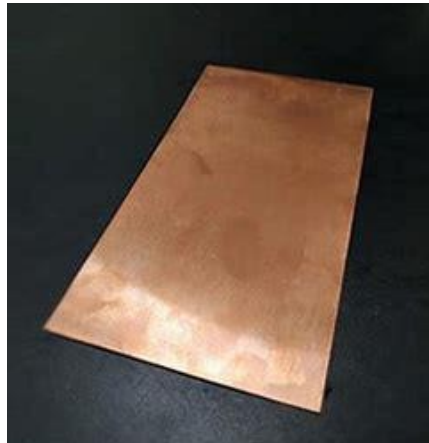


Gambar 3.4 Modul *thermoelectrtic* TEG SP1848-27145 SA

Sumber :

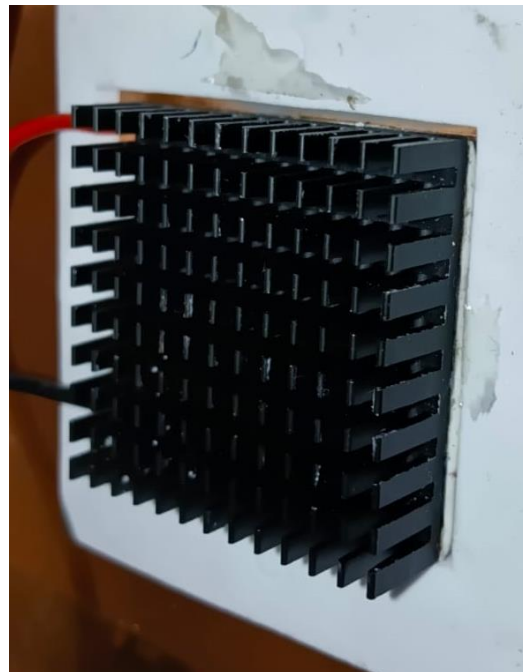
(https://th.bing.com/th/id/OIP.Vo97JTCtnKDw_uzKzKLSPQHaHY?w=192&h=191&c=7&r=0&o=5&dpr=1.5&pid=1.7)

Gambar 3.4 diatas merupakan gambar modul TEG bertipe SP SP1848-27145 SA. Berbeda dengan *thermoelectric* tipe TEC1-12706 yang lebih cocok sebagai elemen pendingin atau pemanas, TEG tipe SP SP1848-27145 SA ini lebih cocok digunakan sebagai elemen generator tenaga kalor.



Gambar 3.5 *Heatsink* pelat tembaga

Gambar 3.5 diatas merupakan gambar pelat tembaga dengan ketebalan 3mm yang digunakan sebagai media transfer panas dari permukaan bawah modul PV dengan modul *thermoelectric*. Pelat tembaga ini digunakan untuk memperluas area penyerapan energi kalor dari permukaan bawah modul PV.



Gambar 3.6 *Coldsink* alumunium 4 cm x 4 cm

Gambar 3.6 diatas merupakan gambar *heatsink* dengan ukuran 4cm x 4cm yang digunakan untuk menurunkan suhu permukaan sisi dingin *thermoelectric*. *Heatsink* ini bekerja dengan menyerap kalor dari sisi dingin modul *thermoelectric* dan membuangnya ke lingkungan.



Gambar 3.7 Pasta *thermal* HY510

Gambar 3.7 menunjukan pasta termal/ *thermal grease* yang digunakan untuk menjadi media perpindahan panas antara dua permukaan. Dengan penggunaan pasta termal ini, dimungkinkan luas area penyerapan kalor yang lebih optimal.

3.3.2 Alat

- a. Multimeter (Voltmeter & Amperemeter)
- b. Thermometer gun
- c. Solar power meter
- d. Kompas
- e. Inclinator dan busur sudut



Gambar 3.8 Multimeter (Voltmeter dan Ampermeter)

Multimeter adalah alat pengukur yang dapat digunakan untuk mengukur berbagai parameter listrik, termasuk tegangan rangkaian terbuka (Voc) dan arus listrik hubung singkat (Isc) (Sinaga & Beily, 2019). Sebagai voltmeter, multimeter mengukur tegangan antara dua titik dalam rangkaian listrik, memberikan pembacaan dalam volt. Sebagai ampermeter, multimeter mengukur arus listrik yang mengalir melalui suatu komponen atau rangkaian, memberikan pembacaan dalam ampere. Dengan kemampuan untuk mengukur kedua parameter ini dan sering kali juga resistansi, multimeter adalah alat yang sangat berguna dalam pengujian, perbaikan, dan pemeliharaan sistem listrik.



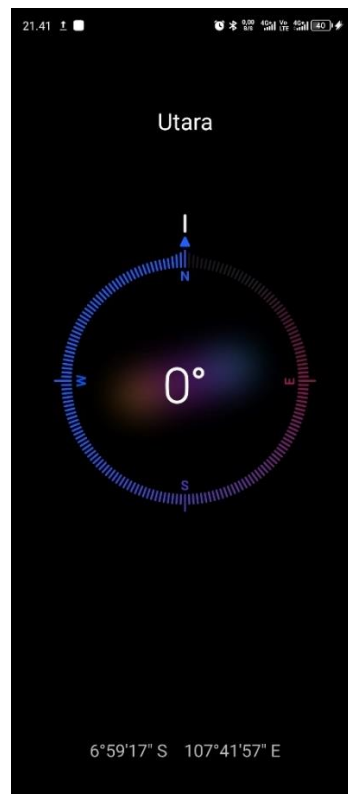
Gambar 3.9 Thermometer Gun

Termometer gun, atau termometer infra merah, adalah alat pengukur suhu tanpa kontak yang menggunakan teknologi infra merah untuk mengukur suhu dari jarak jauh. Dengan mengarahkan sinar infra merah ke objek, alat ini menangkap radiasi panas yang dipancarkan oleh objek tersebut dan mengubahnya menjadi nilai suhu yang akurat. Termometer gun sangat berguna untuk mengukur suhu permukaan benda yang sulit dijangkau atau dalam situasi di mana pengukuran suhu kontak langsung tidak praktis. Alat ini sering digunakan di berbagai bidang, termasuk industri, kesehatan, dan pengawasan lingkungan, karena kemampuannya yang cepat dan non-invasif dalam pengukuran suhu.



Gambar 3.10 Solar Power Meter

Solar power meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur intensitas sinar matahari yang diterima oleh panel surya atau permukaan lainnya dalam satuan watt per meter persegi (W/m^2) (Sinaga & Beily, 2019). Alat ini membantu dalam menilai efisiensi sistem fotovoltaik dengan memberikan data akurat tentang jumlah energi matahari yang tersedia, yang pada gilirannya mempengaruhi output daya panel surya. Solar power meter sangat berguna dalam instalasi dan pemeliharaan sistem tenaga surya, serta dalam penelitian dan evaluasi performa energi terbarukan.



Gambar 3.11 Kompas Digital

Kompas digital di HP Android adalah fitur yang memanfaatkan sensor magnetometer untuk mendeteksi arah mata angin dengan mengukur medan magnet bumi. Sensor ini mengukur orientasi ponsel terhadap kutub magnetik bumi dan menampilkan arah utara, selatan, timur, dan barat pada layar perangkat. Kompas digital sering digunakan dalam aplikasi navigasi untuk membantu pengguna menentukan arah dan arah perjalanan mereka. Fitur ini berfungsi dengan baik ketika ponsel dalam posisi horizontal dan jauh dari sumber gangguan magnetik seperti perangkat elektronik lain atau logam.



Gambar 3.12 Inclinomer (kiri) dan Busur Sudut (kanan)

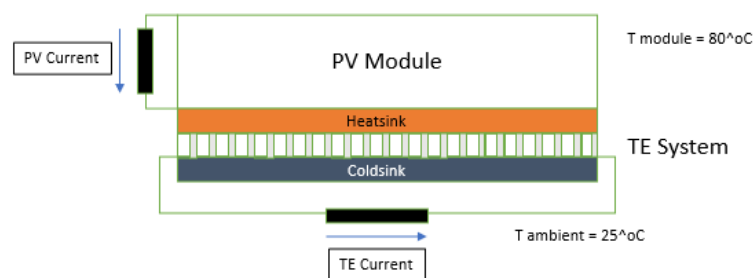
Inclinometer dan busur sudut adalah alat ukur yang digunakan untuk menentukan sudut kemiringan atau inclinasi suatu objek. Inclinometer, sering disebut sebagai alat pengukur kemiringan, digunakan untuk mengukur sudut kemiringan terhadap vertikal atau horizontal, sering digunakan dalam aplikasi teknik dan geologi untuk memantau perubahan sudut permukaan atau struktur (Sinaga & Beily, 2019). Sementara itu, busur sudut adalah alat yang digunakan untuk mengukur sudut dalam derajat, umumnya berupa lingkaran yang dibagi dalam skala derajat dan digunakan dalam aplikasi seperti konstruksi, navigasi, dan pengukuran sudut dalam berbagai proyek teknis. Keduanya membantu dalam pengukuran sudut dengan cara yang sesuai dengan kebutuhan aplikasinya.

3.4 Perencanaan Alat

Langkah pertama yang dilakukan dalam perancangan alat adalah mengumpulkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat sistem *hybrid* PV-TEG.

Pada gambar dibawah merupakan sistem *hybrid* PV-TEG pada sel PV 50 watt yang terdiri dari panel surya sebagai penyerap energi panas dari matahari untuk menghasilkan energi listrik.

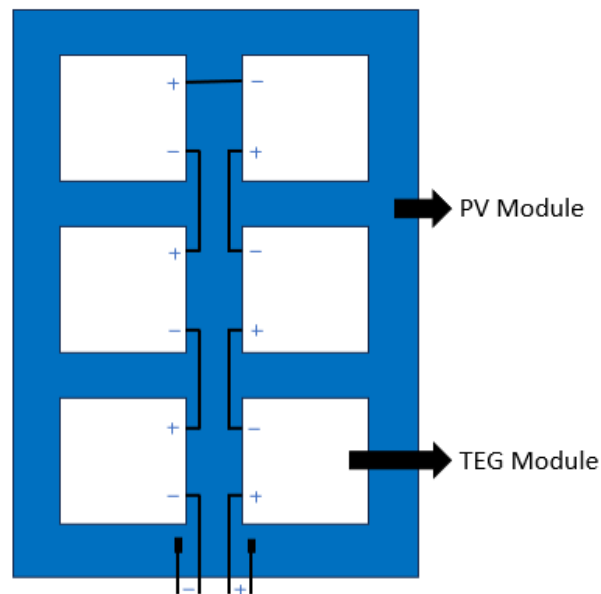
3.5 Gambar Rangkaian Alat



Gambar 3.13 Gambar Skema Sistem *Hybrid* PV-TEG

Sumber : (Li et al., 2018)

Gambar 3.13 menunjukan konstruksi sistem PV-TEG terintegrasi dari tanpak samping dimana bagian paling atas adalah modul PV dihubungkan dengan modul TE dibawahnya dan bagian paling abwah adalah *coldsink* sebagai pendingin salah satu sisi modul TEG. Permukaan PV dan TEG dihubungkan melalui pelat *heatsink* sebagai media penyalur energi kalor dan untuk memperluas area penyerapan kalor.



Gambar 3.14 Skema Modul TEG pada sistem *hybrid*

Modul TEG pada sistem *hybrid* PV-TEG akan digunakan sejumlah 8 buah modul TEG dengan hubungan seri-paralel yaitu 4 buah modul TEG dihubungkan secara seri kemudian masing-masingnya di hubungkan secara paralel.

3.6 Menentukan Sudut Dan Arah Panel PV

Menurut (Duffie & Beckman, 2013) Untuk menentukan sudut kemiringan optimal panel surya berdasarkan koordinat geografis yang diberikan, Anda dapat mengikuti langkah-langkah berikut:

3.6.1 Letak Geografis

Diketahui koordinat Lokasi Penelitian adalah -6.9882510, 107.6991570.

- a. Lintang (Latitude) : -6.9882510 (ini menunjukkan lokasi di belahan bumi Selatan.
- b. Bujur (Longitude) : 107.6991570

3.6.2 Musim

Di belahan bumi selatan, musim kemarau biasanya terjadi sekitar bulan Juni hingga September. Pada musim ini, matahari berada lebih tinggi di langit.

3.6.3 Perhitungan Sudut Kemiringan PV

Umumnya, untuk mendapatkan sudut kemiringan yang optimal selama musim panas (kemarau), Anda dapat menggunakan rumus:

$$\text{Tilt Angle} = \text{Latitude} - 10^\circ$$

$$\text{Tilt Angle} = -6.9882510 - 10 = -16.9882510$$

Namun, karena nilai negatif menunjukkan arah kemiringan ke utara yang sebenarnya kurang tepat karena musim panas mengharuskan kemiringan lebih vertikal, kita menyesuaikan dengan nilai lebih positif untuk mendapatkan sudut kemiringan yang optimal:

$$\text{Tilt Angle} \approx 6.9882510 + 10 = 16.9882510$$

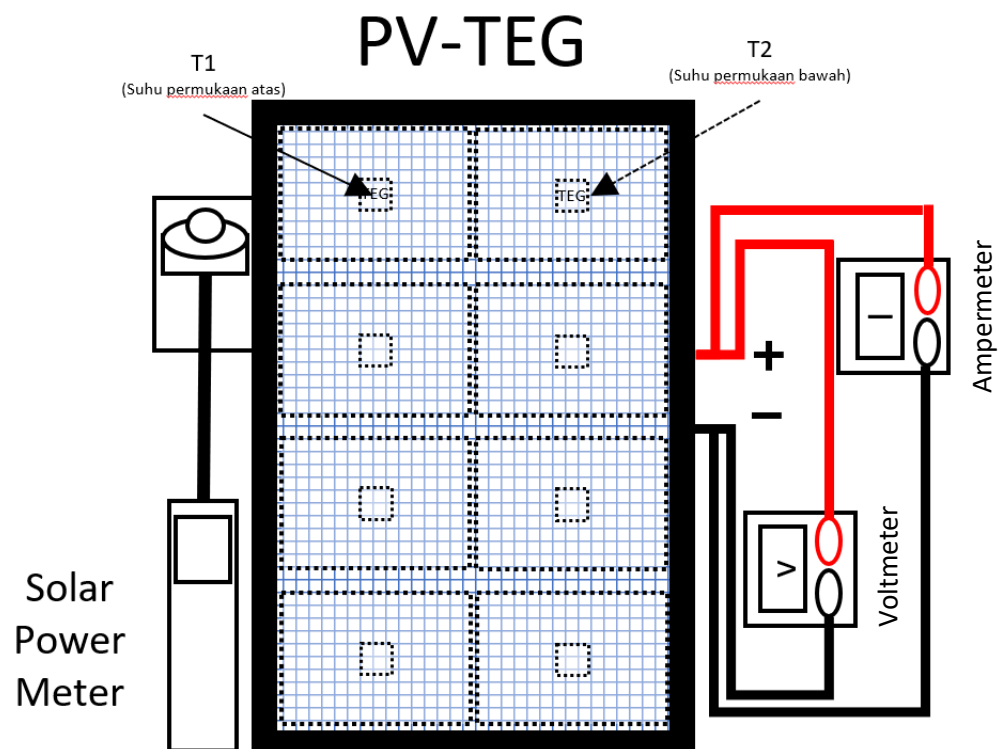
Ini berarti, sudut kemiringan optimal untuk musim kemarau di lokasi tersebut dengan koordinat -6.9882510, 107.6991570 pada musim kemarau adalah sekitar 17 derajat.

3.7 Pengujian Alat

Adapun tahap awal pengujian alat adalah menyusun TEG dengan *Heasink* tembaga dan *Heatsink* MCHP untuk mencari kinerja dari masing-masing system. TEG dirangkai dengan modul PV beserta voltmeter dan ampermeter untuk mengetahui besar nilai keluaran dari masing-masing TEG.

Pengujian system TEG ini dilakukan dengan interval waktu satu jam dan diambil data setiap 3 menit. Dari data yang dihasilkan dapat diperoleh besaran nilai tegangan (V), kuat arus (A), dan daya (P) terhadap suhu modul PV. Dengan demikian dapat diambil system TEG mana yang lebih efisien secara kinerja dan ekonomi untuk di gunakan pada system *hybrid* PV-TEG selanjutnya.

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan merangkai alat beserta voltmeter dan amperemeter untuk mengetahui nilai masing-masing dari tegangan dan arus yang mengalir pada setiap titik yang di pasang dengan alat ukur. Adapun gambar rangkaian pengujian ditunjukkan seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.15 Rangkaian pengukuran modul PV-TEG

Sumber : (Sinaga & Beily, 2019)

Pengujian dilakukan dengan interval waktu setengah jam sekali dari pukul 09.00-15.00 WIB dan dibedakan menjadi tiga tahapan yaitu pagi, siang dan sore.

Pengambilan data dilakukan pada modul PV secara terpisah tanpa pemasangan modul TE untuk data pembanding. Data diperoleh dengan mengambil data tegangan dan arus yang dibangkitkan pada setiap interval waktu yang ditentukan kemudian dicari nilai rata-ratanya.

Hasil data yang telah diambil disajikan dalam sebuah table dan grafik untuk di Analisa dan setiap data yang diperoleh dicari nilai daya keluaran (P_o) dengan persamaan 2.2 dan nilai daya masukan (P_i) dengan persamaan 2.4. Proses selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mencari nilai efisiensi dengan persamaan 2.8 dan persamaan 2.9.

Regresi linear digunakan sebagai metode pemodelan karena hubungan antara variabel-variabel yang diukur, seperti radiasi matahari (SR), suhu modul (S), arus hubungan singkat (I_{sc}), dan tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), diasumsikan linier. Regresi linear dapat digunakan untuk mengestimasi pengaruh variabel-variabel ini terhadap keluaran modul PV secara sederhana dan efisien. Hubungan linier yang teridentifikasi memungkinkan untuk membuat model estimasi yang mudah digunakan untuk memprediksi nilai-nilai arus dan tegangan berdasarkan variabel-variabel tersebut (Sinaga & Beily, 2019).

3.8 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

3.8.1 Tempat Penelitian

Tempat dilakukannya penelitian ini yaitu di Jalan Raya Sapan, Kec. Tegalluar, Kab. Bandung, Provinsi Jawa Barat dengan koordinat - 6.9882510, 107.6991570.

3.8.2 Waktu Penelitian

Penelitian yang dilakukan terhitung dari tahap penyusunan usulan penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2023 sampai dengan selesai pada bulan Desember 2024 di Jalan Raya Sapan, Kec. Tegalluar, Kab. Bandung, Provinsi Jawa Barat. Berikut ini merupakan tabel *timeline* penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Timeline Penelitian*

No.	Kegiatan	Waktu Penelitian																	
		Agustus		September				Oktober				November				Desember			
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Mengajukan judul penelitian																		
2.	Menyusun proposal Usulan Penelitian																		
3.	Siding Usulan Proposal																		
4.	Persiapan Penelitian																		
5.	Melaksanakan Penelitian																		
6.	Melakukan pengukuran																		
7.	Mengolah data yang diperoleh																		
8.	Menyusun dan bimbingan hasil Penelitian																		
9.	Sidang Tugas Akhir																		