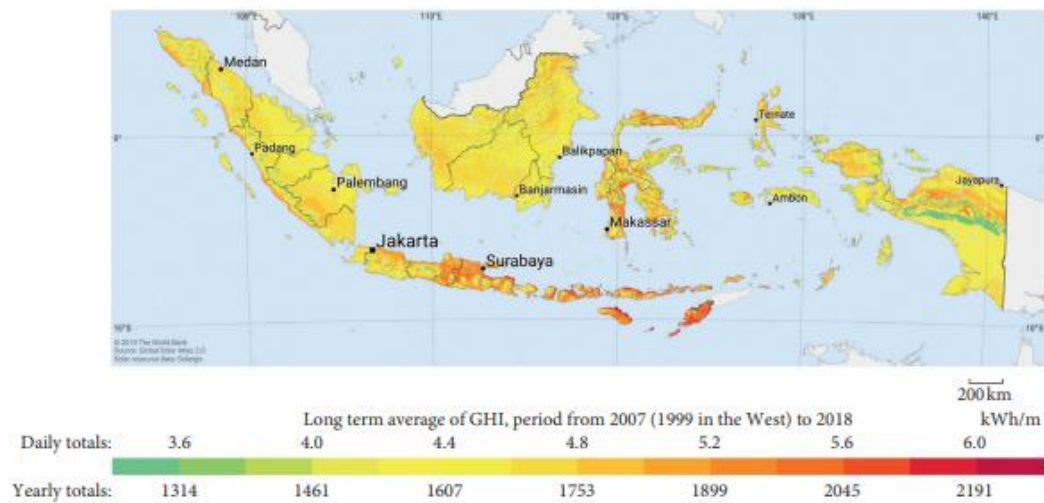


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang mampu mengubah energi panas surya menjadi listrik yang memanfaatkan panas matahari melalui berbagai komponen yang mendukung untuk terjadinya *photovoltaic effect* [21]. Peta radiasi matahari dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.

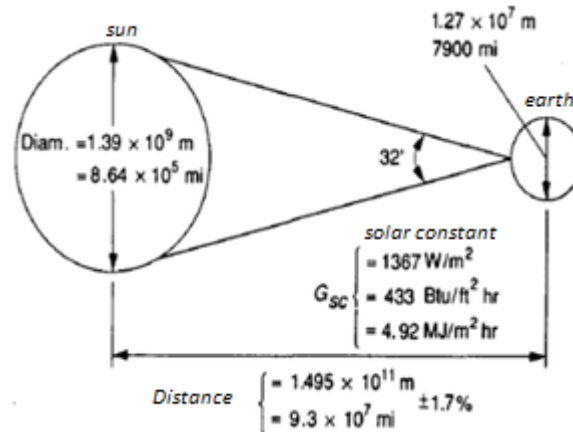


Gambar 2.1 Radiasi Matahari di Indonesia [22]

Berdasarkan Gambar 2.1 potensi energi surya Negara Indonesia yang cukup besar menurut data *Indonesian Renewable Energy Agency* (IRENA) radiasi matahari di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut adalah untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ dengan variasi bulanan sekitar 10% dan Kawasan Timur Indonesia (KTI) dengan nilai sebesar $5,1 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ dengan variasi bulanan 9%. Penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ dengan variasi bulanan sekitar 9%. Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi hal ini dapat menjadikan suatu potensi perkembangan teknologi yang bermanfaat [23].

2.2 Kualitatif Pancaran Radiasi Matahari

Peristiwa momentum eksentrisitas orbit mempunyai jarak antara matahari dan bumi berjarak sebesar 1,7% yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.

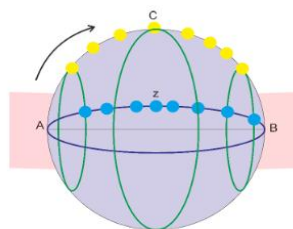


Gambar 2.2 Jarak Hubungan Matahari dan Bumi [24]

Berdasarkan Gambar 2.2 pengukuran astronomi didapat dengan jarak rata-rata bumi terhadap matahari sebesar $1,495 \times 10^{11} \text{ m}$. Oleh karena itu, konstanta matahari (G_{sc}) adalah energi matahari per unit waktu yang diterima pada suatu jangkauan seluas permukaan yang tegak lurus 90° dengan arah radiasi pada jarak rata-rata matahari sampai bumi dengan parameter di luar atmosfer. Berdasarkan data *World Radiation Center (WRC)* mengambil nilai konstanta matahari (G_{sc}) senilai 1367 W/m^2 dengan nilai toleransi 1% [24].

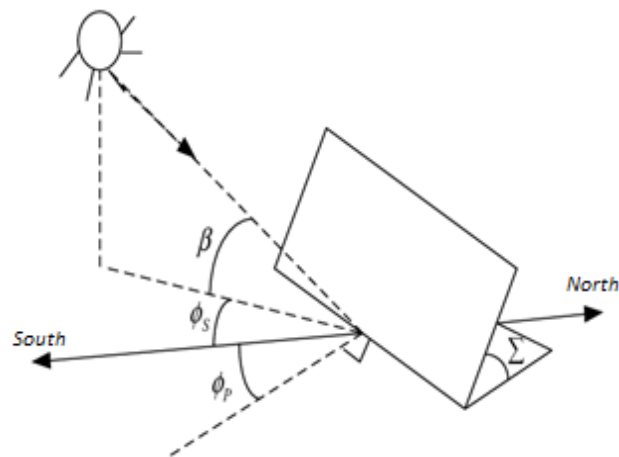
2.3 Sudut Azimut Matahari

Azimut adalah sudut yang berbentuk dua garis lurus yang dimana menjadi acuan sudut azimut ini utara sebagai acuan peta atau titik 0 yang kemudian sudut azimut ini dihitung dengan searah jarum jam yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sudut Azimut Matahari [25]

Berdasarkan Gambar 2.3 garis jalur matahari memiliki titik A, B, C titik arah ini dapat berubah berubah sedangkan untuk sudut azimuth matahari pada titik A, Z, B tetap berada pada posisi nya karena pada titik A, Z, B berada pada posisi horizontal yang tegak lurus sejajar dengan arah gerak matahari. Matahari pada posisi terhadap bidang horizontal dengan acuan di bumi setiap sudut berdasarkan titik koordinat di bumi perlu diperhatikan dan dipahami yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Posisi Matahari di Ilustrasikan dengan Sudut Matahari [26]

Berdasarkan Gambar 2.4 Azimut (Ψ) ada metode untuk deklarasi untuk menentukan sudut azimuth. Sudut *azimuth* (θ) matahari adalah sudut permukaan horizontal yang dimana proyeksi sinar radiasi matahari terhadap arah mata angin, khususnya acuan nya utara atau selatan. Pada sudut *azimuth* bernilai positif maka matahari pada posisi sebelah barat dari arah selatan dan bernilai negatif maka letak posisi berada di posisi timur dari selatan, azimuth bergerak searah arah jarum jam.

2.4 Jenis-jenis Panel Surya

Renewable energy merupakan energi bersih tanpa polusi menjadi jawaban dimasa mendatang dengan pemanfaatan cahaya matahari dapat menghasilkan energi listrik. Panel surya yang terkandung memiliki struktur pembuatan sel-sel yang berbeda, panel surya dapat dibagi menjadi beberapa jenis dengan tingkat efisiensi yang berbeda-beda.

A. Panel Surya Jenis *Monocrystalline*

Merupakan panel surya yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Photovoltaic* Jenis *Monocrystalline* [27]

Berdasarkan Gambar 2.5 panel surya *monocrystalline* dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik yang berkapasitas besar di tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat panas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Jenis *monocrystalline* mempunyai karakteristik warna hitam dikarenakan ini berasal dari silikon murni dan silikon tersebut terbentuk seperti segi delapan [27].

B. Panel Surya Jenis *Polycrystalline*

Panel surya yang memiliki susunan kristal acak yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Photovoltaic* Jenis *Polycrystalline* [28]

Berdasarkan Gambar 2.6 tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline*, oleh karena itu hasil yang tergantung dari cuaca tepatnya sinar matahari yang mengenai dasar permukaan *solar panel* [28].

C. Panel Surya Jenis *Perovskite*

Perkembangan teknologi *solar panel* dengan jenis sel surya berbasis *perovskite* (PSC) yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.7.

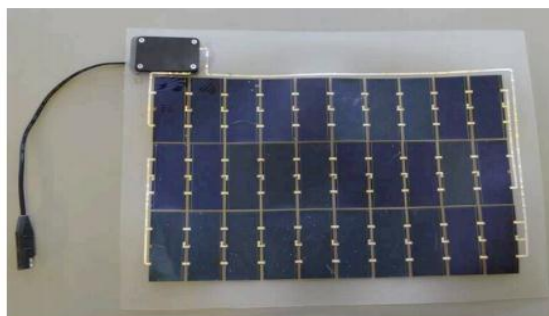


Gambar 2.7 *Solar panel Perovskite* [29]

Berdasarkan Gambar 2.7 Panel jenis *perovskite* telah diimplementasikan beberapa tahun terakhir, dengan asumsi efisiensi dari sel surya *perovskite* ini mencapai sebesar 22,7%. Efisiensi ini memiliki daya saing yang tinggi untuk teknologi PV konvensional, PSC ini memiliki potensi besar untuk kemajuan teknologi PV [28].

D. Panel Surya Jenis *Flexible Monocrystalline*

Flexible monocrystalline panel yang ringan dan bisa ditekuk (tidak kaku) hal ini membuat para pelanggan tertarik [29] yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.8.

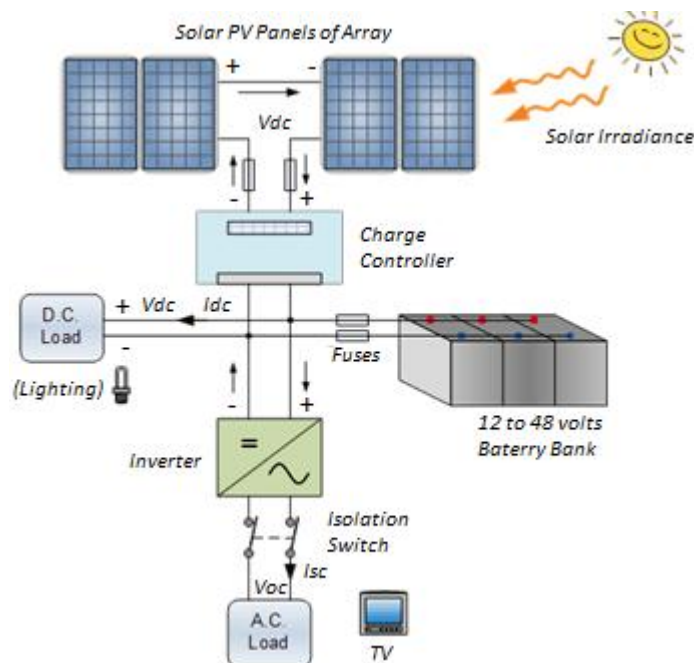


Gambar 2.8 *Photovoltaic Model Flexible Jenis Monocrystalline* [30]

Berdasarkan Gambar 2.8 panel surya *flexible* dapat menghasilkan *output* yang lebih besar dibandingkan panel surya vertikal [31]. *Flexible Solar Cell* (FCS) dalam arsitektur nya yang paling luas dirakit dengan *dual film planar* yang berlawanan atau *substrat foil* dalam kombinasi logam plastik. Tinjauan pengoperasian DSC menunjukkan bahwa target pasar awal diwakili oleh aplikasi dalam ruangan dimana kepadatan keluaran daya lebih unggul dibandingkan teknologi *photovoltaic flexible* yang bersaing [32].

2.5 PLTS Off-grid

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sistem *off-grid* adalah suatu pembangkit energi bersih yang dikenal sebagai *PV stand alone system* yang artinya metode ini tidak terhubung dengan jaringan PLN sebagai aliran listrik *backup-an*. Pembangkit listrik jenis ini yang menjadi hal utama adalah energi cahaya matahari sebagai sumber radiasi global, PLTS jenis ini sangat direkomendasikan pada tempat yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik seperti daerah terdepan, terluar, dan tertinggal [33]. Sistem rangkaian PLTS *off-grid* terdiri dari *solar charge controller*, baterai VRLA, inverter dan beban listrik yang akan digunakan, sistem ini dilengkapi dengan proteksi seperti MCB DC, MCB AC dan Fuse yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Sistem PLTS *Off-grid* [33]

Berdasarkan Gambar 2.9 sistem listrik *Off-grid* ini adalah jawaban dari permasalahan tempat tinggal yang jauh dengan jangkauan listrik PLN sehingga dapat dijadikan bahan energi alternatif sebagai pengkonversi energi matahari melewati sistem proses *photovoltaic efect*. Pertimbangan perencanaan yang sangat jeli yang dapat mempengaruhi pembangunan pembangkit listrik tenaga surya pembangkit listrik sistem *off-grid* yaitu pemeliharaan pada warga pemukiman, transportasi sulit dijangkau dan terdapat pada daerah tersebut, sebaran radiasi matahari sumber energi mencukupi kebutuhan sistem *off-grid* [34]. Klasifikasi metode PLTS dapat di kategorikan menjadi tiga jenis diantaranya, PLTS *On-grid* dengan memanfaatkan jaringan PLN, PLTS *Off-grid* dengan memanfaatkan energi bank (*battery*) dan PLTS *Hybrid* dengan kombinasi jaringan PLN, penyimpanan baterai dan genset.

2.6 Parameter *External Solar Cell*

Performa dan kualitas sebuah panel surya dapat dihitung dengan Persamaan, hal ini dapat menjadi hal yang penting dalam perancangan dan pemilihan *solar panel*, selain itu spesifikasi dari panel surya dapat menjadi acuan kualitas[35].

Ketika panel surya di letakan pada radiasi matahari kemudian proses fotovoltaiik berlangsung pada permukaan panel surya yang dapat dirumuskan dan dihitung dalam Persamaan (2.1)

$$P_{in} = S_o \times A \text{ (watt)} \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) adalah persamaan daya masukan yang diterima oleh panel surya yang dimana P_{in} (daya masukan), dengan hasil S_o (konstanta matahari) sehingga dari perkalian konstanta matahari dan dikalikan A (Luas permukaan panel) sehingga di dapatkan hasil daya masukan solar panel.

$$FF = \frac{V_{mp}I_{mp}}{V_{oc}I_{sc}} \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) adalah persamaan nilai FF (faktor pengisian) suatu kondisi pengisian faktor pada panel surya, dihasilkan dari I_{mp} (arus kerja) dan V_{mp}

(Tegangan kerja) dengan pembagi nya hasil dari I_{sc} (arus rangkaian jenuh) dan dikalikan dengan V_{oc} (tegangan rangkaian terbuka).

$$P_{out} = V_{mp} \times I_{mp} \text{ (Watt)} \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) adalah persamaan nilai dari P_{out} (daya keluaran) suatu kondisi pengisian faktor pada panel surya, dihasilkan dari arus kerja I_{mp} (arus kerja) dan V_{mp} (tegangan kerja) dengan pembagi nya hasil dari arus rangkaian jenuh dan tegangan rangkaian terbuka. Perhitungan nilai *fill factor* dengan dikalikan hasil tegangan rangkaian terbuka dan arus rangkaian jenuh dapat dihitung dalam Persamaan (2.4)

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \text{ (Watt)} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) adalah persamaan dari daya keluaran dengan *nomenclature* P_{out} (daya keluaran) perhitungan ini dapat diketahui jika hasil dari V_{oc} (tegangan rangkaian) dikalikan dengan I_{sc} (arus rangkaian jenuh) terbuka ini berfisat operasional, dengan melakukan pengukuran langsung terhadap parameter keluaran sel surya, sehingga Persamaan P_{out} dapat ditentukan. Perhitungan efisiensi panel surya dapat dihitung dalam Persamaan (2.5) [36]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{S \times FF} \times 100\% \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) adalah nilai suatu efisiensi dari panel surya dengan nomenclatur η (efisiensi), sehingga turunan hasil dari efisiensi dapat di cari daya masukan dan daya keluaran dengan istilah P_{out} (daya keluaran), P_{in} (daya masukan), kemudian akan di kalkulasikan dengan V_{oc} (tegangan rangkaian terbuka), I_{sc} (arus rangkaian jenuh), dikalikan dengan FF (pengisian faktor) dalam bentuk persen, S (radiasi matahari total) dapat di ketahui dengan sensor pyranometer dan hasil akan dikalikan terhadap *fill factor*.

2.7 Kajian Pustaka Penelitian

Penelitian tentang perancangan pembangkit listrik tenaga surya serta pengaturan *azimuth angle* sudah dilakukan sebelumnya pada penelitian-penelitian

serupa. Didasari penelitian terdahulu baik dari jenis penelitian terdahulu baik dari jenis penelitian maupun teori-teori yang digunakan. Seperti di jurnal, buku, teori maupun penelitian yang mendukung dalam membahas kemiripan mengenai teori - teori penelitian ini sebagai acuan dalam penyelesaian penelitian. Berikut ini merupakan beberapa referensi sebagai acuan pada penelitian yang dilakukan:

1. Penentuan sudut kemiringan suatu panel surya dapat dilakukan dengan menghitung sudut deklinasi, sudut lintang, sudut jam matahari, sudut zenith, dan sudut azimuth matahari untuk dapat menentukan sudut kemiringan. Dimana sudut kemiringan tersebut juga dipengaruhi oleh posisi latitude dari tempat dan solar peak hour atau waktu matahari puncak [16].
2. Metode uji ini dilakukan dengan pemantauan data secara *realtime* dan posisi panel surya diatur dengan penempatan posisi daerah terpasang, upaya dalam memaksimalkan kinerja dari modul fotovoltaik yakni dengan menerapkan sistem pelacakan matahari sumbu ganda pada modul fotovoltaik berbasis sensor ultraviolet. [17].
3. Estimasi dampak variasi sudut azimuth pada produksi energi tahunan *photovoltaic* kinerja instalasi PV di pengaruhi oleh sudut kemiringan dan *azimuth*, karena parameter ini mengubah jumlah energi matahari yang diserap oleh permukaan modul surya, penelitian ini menunjukkan pengaruh azimuth yang berdampak dari produksi energinya yang dipasang dengan nilai azimuth -13° , -4° , $+12^\circ$, dan $+21^\circ$. Pengaturan azimuth ini di lokasi geografis berbeda dengan PV kedua yang dipasang -87° , -32° , $+2^\circ$, dan $+17^\circ$ [18].
4. Perancangan suatu alat untuk melakukan penyimpanan secara aktual dengan perangkat data logger berbasis Arduino Uno dengan media penyimpan data berupa kartu MicroSD dan format data MS Excel. Parameter daya diperoleh menggunakan modul sensor tegangan dengan prinsip pembagi tegangan dan sensor arus dengan resistor shunt, sehingga data ini dapat menjadi jejak acuan agar data yang tersimpan tetap dalam keadaan kondisi aktual [19].
5. Radiasi matahari yang di pancarkan ke permukaan panel surya pada siang hari akan di simpan dalam baterai dengan kapasitas 20 Ah 12 dengan rangkaian Pengendali Pengisian ini otomatis bekerja dan mengisi (charger)

baterai dan menjaga tegangan baterai agar tetap stabil menggunakan baterai 12 volt maka rangkaian akan menjaga agar tegangan pengisian 12 volt \pm 10 % [20].

Berdasarkan uraian kajian pustaka di atas menunjukkan bahwa penelitian yang sudah dilakukan pada sebelumnya, ternyata masih terdapat beberapa kekurangan sehingga dilakukan penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam mengimplementasikan penelitian-penelitian yang terdahulu dengan cara menggunakan metode *azimuth angle* dan tipe pembangkit *stand alone*, adapun jenis *solar panel* yang digunakan *flexible photovoltaic* dengan parameter V_{oc} , I_{sc} , suhu Lingkungan, dan kelembapan yang terintegrasi dengan data otomatis *real time* hal ini memiliki pengaruh untuk *output* performa *solar panel*. Kemudian dengan menggunakan metode *stand alone* maka parameter pada baterai PLTS adalah SoC, SoH, dan tegangan selisih.