

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Analisis merupakan proses sistematis dalam memecahkan informasi menjadi komponen – komponen yang lebih kecil untuk dipahami secara mendalam. Tujuannya untuk mengidentifikasi pola, hubungan atau karakteristik yang relevan dari data atau situasi yang dihadapi. Dengan menggunakan metode – metode khusus, analisis membantu dalam pemecahan masalah, pengambilan keputusan dan pemahaman yang lebih dalam terhadap topik tertentu. Dalam berbagai bidang, seperti ekonomi, ilmu pengetahuan atau bisnis, analisis menyediakan alat yang diperlukan untuk mengeksplorasi informasi dengan lebih terperinci, memungkinkan interpretasi yang lebih baik, serta memberikan dasar untuk tindakan efektif.

2.1.1 Definisi Sampah

Sampah adalah barang yang padat dan tidak diinginkan oleh orang yang memilikinya. Namun, menurut UU No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah sisa-sisa padat dari proses alam dan atau kegiatan sehari-hari manusia. Sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau yang dibuang karena kegiatan manusia dan tidak terjadi sendirian. Batasan ini menunjukkan bahwa sampah bukanlah semua barang padat yang tidak digunakan dan dibuang karena tidak berguna (Sari, Marlina and Tawakal, 2021).

2.1.2 Jenis Sampah yang ada di Sungai

Akhir-akhir ini sampah yang dibuang ke sungai semakin meningkat, terutama jenis sampah anorganik. Hal ini disebabkan masih banyaknya jumlah sampah yang dibuang tidak pada tempatnya :

1. Sampah Organik

Sampah organik biasanya berupa bahan buangan yang dapat dibusukan atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga populasi mikroorganisme akan meningkat jika dibuang ke perairan. Dalam hal ini, kadar DOD akan meningkat, dan ada kemungkinan bahwa dengan bertambahnya mikroorganisme, bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia juga dapat berkembang. Dengan cara yang sama (Indrawati, 2011). Gambar 2.1 (pinterest, 2024) menunjukkan bahwa buangan olahan bahan makanan yang sebenarnya juga termasuk bahan buangan organik.



Gambar 2. 1 Sampah Organik (pinterest, 2024)

2. Sampah Anorganik

Sampah anorganik yang berupa botol plastik, pembungkusan makanan cepat saji, kantong dan bahan pembungkus plastik, gelas plastik, dan kemasan plastik lainnya adalah jenis sampah anorganik yang paling umum dibuang ke sungai-sungai di daerah tersebut (Indrawati, 2011), pada gambar 2.2 (pinterest, 2024).



Gambar 2. 2 Sampah Anorganik (pinterest, 2024)

2.1.3 Limbah Sampah di Indonesia

Menghasilkan 187,2 juta ton sampah perairan, Indonesia berada di posisi kedua setelah Cina. Sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia terdiri dari 60-70% persen sampah organik dan 30-40% sampah non organik. 14% dari sampah non organik ini adalah plastik. Dalam sepuluh tahun terakhir, pengelola kota tampaknya kurang mampu menangani sampah. Ini disebabkan oleh masa otonomi dan kekurangan dana. Sampah ini pasti merusak dan mematikan habitat perairan,

dan mereka juga dapat membahayakan kesehatan manusia yang memanfaatkan biota atau perairan tercemar.

Polychlorinated Biphenyl (PCB), *Dichloro diphenyl dichtrichloroethylene (DDE)*, dan *Dichloro diphenyl trichloroethane (DDT)* adalah beberapa contoh bahan kimia berbahaya yang ditemukan dalam sampah plastik yang telah terurai. Dalam hal bahan pencemar organik yang berkelanjutan, bahan-bahan tersebut termasuk dalam daftar hitam *Annex A* dan daftar hitam *Annex B* Konvensi *Stockholm*. Timbunan plastik di perairan dapat mengganggu proses pertukaran gas antara perairan di atasnya dan mengganggu operasi normal ekosistem (Suheri *et al.*, 2019).

2.1.4 Teknologi Sistem Perangkap Sampah Mobile

Pembuangan sampah yang tidak memadai dapat menjadi tantangan. Beberapa alat yang digunakan untuk perangkap sampah sungai atau laut guna untuk mencegah terjadinya penumpukan limbah sampah, pada perangkap sampah tersebut ada juga yang menggunakan energi terbarukan untuk menjalankan sistem, sebagai berikut:

1. Ocean Cleanup

Ocean Cleanup adalah perangkap sampah yang didirikan oleh Boyam Slat Belanda pada tahun 2013. Untuk menangkap dan mengumpulkan sampah plastik, perangkap sampah Ocean Cleanup ini dengan sistem 001/B memasang sistem PLTS mandiri di *Great Pacific Garbage Patch*. Kekuatan alami lautan secara pasif menangkap dan memusatkan sampah plastik. Proses pembersihan laut ini memiliki kemampuan untuk mengumpulkan sampah dengan daya

tampung 90% dari lima triliun bungkus plastik. *Interceptor* bertenaga surya ini dirancang untuk menghilangkan plastik sebelum masuk ke perairan terbuka.



Gambar 2. 3 Perangkat Sampah *mobile Ocean Cleanup* (Butler, 2019)

Interceptor bergerak di sungai dengan motor listrik, tidak seperti perahu, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Jalur pengumpulan terapung akan mengarahkan limbah apa pun yang datang ke hilir ke ban berjalan dan masuk ke ruang kapal setelah *Interceptor* diaktifkan. Setiap *interceptor* memiliki kapasitas untuk mengumpulkan 50.000 kg plastik setiap hari, dan sistem ini beroperasi 24 jam sehari.

Tujuannya adalah agar *Interceptor* dapat beroperasi di 1.000 sungai dengan polusi tertinggi pada tahun 2025, dengan motor dan mekanik pengumpulan ditenagai oleh panel surya dan penyimpanan baterai (Butler, 2019).

2. Seabin

Alat penghisap sampah (Seabin) adalah ide inovatif yang digunakan untuk membersihkan sampah di pinggir dermaga. Sistem kerja dari bend aini terdiri dari sebuah bin yang dirancang sedemikian rupa sehingga terdapat lubang penghisap air di bagian bawah wadah penampung sampah, dan kemudian sampah plastik dan sampah lainnya dikeluarkan dari bin. Ini dicapai melalui penggunaan pompa hisap sentrifugal untuk memasang instalasi pipa ke atas dermaga di lubang bagian bawah wadah. Selain itu, pipa pembuangan air yang telah dibersihkan dari sampah-sampah dipasang di bagian output pompa, dan sebuah alat flowmeter dipasang untuk menghitung debit air yang masuk dan laju aliran. Alat ini ditunjukkan pada gambar 2.4 (Manik, 2018).



Gambar 2. 4 perangkat sampah mobile Seabin (Manik, 2018)

2.1.5 Radiasi Matahari

Energi yang dipancarkan matahari dalam bentuk gelombang elektromagnetik dikirim ke seluruh ruang angkasa sebagai radiasi matahari. Di luar atmosfer bumi, radiasi matahari dengan intensitas 1367 W/m^2 dikurangi oleh penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Penyerap karbon dioksida dan uap air dapat membuat gelombang yang lebih panjang atau biasa disebut gelombang inframerah. Sebaliknya, ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek yang disebut gelombang ultraviolet. (Nugroho, Khwee and Yandri, 2022).

Besar potensi energi surya sebuah area sangat dipengaruhi oleh posisi matahari dan kedudukan permukaan bumi. Lokasi Indonesia di antara 6° LU (Lintang Utara) dan 11° LS (Lintang Selatan) dan 95° BB (Bujur Barat) hingga 141° BT (Bujur Timur) menunjukkan bahwa negara ini berada di kawasan iklim tropis dengan dua pergantian musim dalam setahun: musim basah (hujan) dan musim kering (kemarau). Selain itu, dampak dari posisi astronomis tersebut menjadi sinar matahari cenderung dapat dilihat mulai dari pagi hingga sore hari sepanjang tahun. Secara astronomis, Indonesia memiliki tiga zona waktu: Waktu Indonesia bagian Barat (WIB), Waktu Indonesia bagian Tengah (WITA), dan Waktu Indonesia bagian Timur (WIT) (Faisal Afif and Awaludin Martin, 2022).

Indeks kejernihan data radiasi matahari global pada permukaan horizontal menunjukkan potensi radiasi matahari sebagai sumber energi. Data ditampilkan dalam kWh/m^2 per hari selama setahun. Software HOMER Pro terhubung

langsung ke data radiasi NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) (Sinaga *et al.*, 2022).

2.1.6 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menghasilkan listrik dengan mengubah energi matahari atau surya menjadi listrik. Salah satu bentuk energi alam adalah cahaya matahari. Banyak orang telah menggunakan sumber daya alam ini untuk membuat listrik untuk satelit komunikasi. Sel surya dapat menghasilkan listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung dari matahari tanpa menggunakan bagian yang berputar atau bahan bakar, sehingga sistem sel surya dianggap bersih dan ramah lingkungan (Harahap, 2020).

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) bekerja dengan cara yang sama seperti pencatu daya (alat yang menyediakan daya). PLTS ini memiliki kemampuan untuk mencatu jumlah listrik yang digunakan, mulai dari beban yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Pada siang hari, proses *photovoltaic* menghasilkan listrik dari cahaya yang diterima panel surya dari sudut kemiringan yang disesuaikan dengan kondisi suhu sekitar, pada gambar 2.5 bagaimana konverter mengubah energi DC menjadi energi AC. (Nugroho, Khwee and Yandri, 2022).



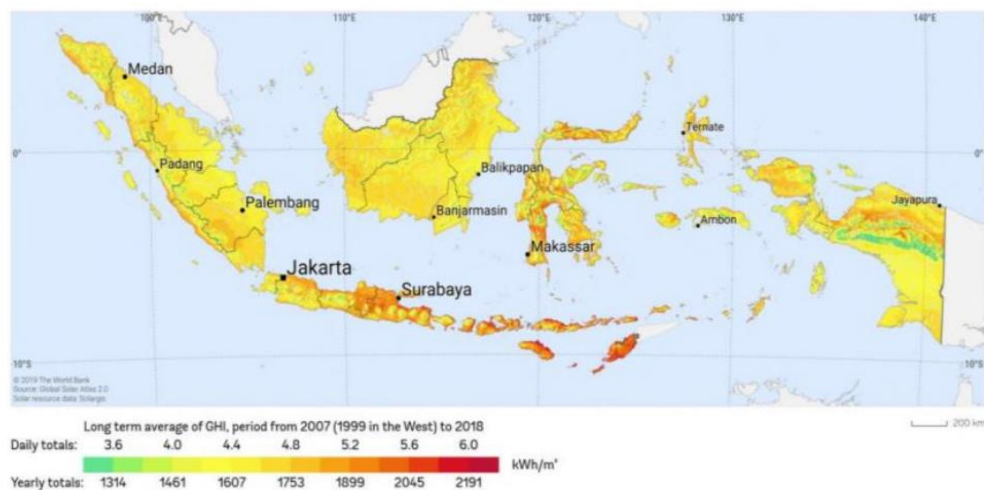
Gambar 2. 5 Sistem Kerja PLTS (Nugroho, Khwee and Yandri, 2022)

PLTS dapat menghasilkan listrik untuk mencatu beban atau disimpan terlebih dahulu dalam baterai. Dengan menggunakan PLTS ini, tegangan *Direct Current* (DC) dapat dikonversi menjadi tegangan *Alternating Current* (AC). Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berfungsi sebagai bagian penting dari operasi pembangkit karena mengubah sumber energi cahaya dari modul sel surya menjadi energi listrik DC (Siregar. J, 2022).

2.1.7 Potensi Energi Surya Indonesia

Energi surya adalah salah satu sumber daya terbarukan paling menjanjikan dan ramah lingkungan yang memiliki potensi terbesar untuk memecahkan masalah energi di seluruh dunia. Penerapan sistem energi matahari di suatu wilayah menentukan ketersediaan energi matahari di permukaan tanah. Indonesia memiliki potensi energi matahari yang besar karena iklimnya yang tropis dan lokasinya di garis katulistiwa. Dengan nilai radiasi harian rata-rata sekitar 4 kWh/m^2 , wilayah Indonesia panjang besar mengalami radiasi matahari yang cukup stabil dan intens.

Sebaran radiasi matahari di wilayah barat sebesar $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ dan di wilayah timur sebesar $5,1 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$, dengan variasi sekitar 9% hingga 10%, menurut data yang dikumpulkan dari 18 lokasi di Tanah Air, seperti pada gambar 2.6 (Faisal Afif and Awaludin Martin, 2022).



Gambar 2. 6 Peta *Global Horizontal Irradiation* (Faisal Afif and Awaludin Martin, 2022).

Potensi energi surya Indonesia memiliki tingkat ketidakpastian (uncertainty) hingga $\pm 8\%$. Nilai ketidakpastian ini biasanya terjadi di negara-negara dengan iklim tropis, seperti Indonesia. Dalam perencanaan dan analisis potensi energi surya, elemen tambahan seperti debu dan tingkat polusi udara yang tinggi harus diperhatikan. Peta potensi menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi rata-rata $4,0 \text{ kWh/m}^2$, di mana beberapa daerah memiliki potensi energi surya yang cukup besar, terutama di wilayah tengah dan timur Indonesia (Handrea Pernando Tambulan, 2020).

2.1.8 Deskripsi Umum Sel Surya (Solar Cell)

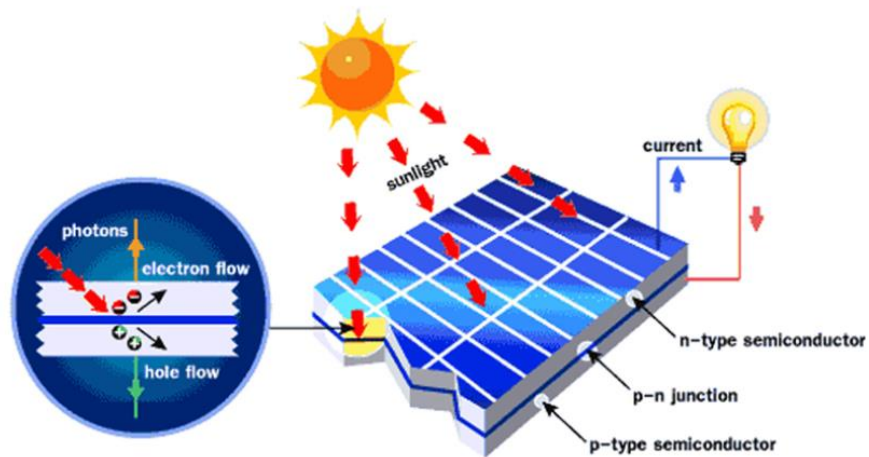
Sel surya, juga dikenal sebagai sel surya, adalah komponen yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip Efek *Photovoltaic*. Efek *Photovoltaic* adalah fenomena di mana dua elektroda yang terhubung dengan sistem padatan atau cairan menghasilkan tegangan listrik. Akibatnya, sel surya atau *solar cell* sering disebut sebagai *sel photovoltaic* (PV). Efek *photovoltaic* pertama kali ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839.

Energi foton cahaya matahari yang diterima membebaskan elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan P, menyebabkan arus listrik. Sel surya, juga dikenal sebagai sel surya, memiliki kaki positif dan negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang membutuhkan listrik. Pada dasarnya, sel surya adalah diode foto (*photodiode*) karena permukaannya yang luas membuatnya lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih besar dari pada kebanyakan diode foto. Saat terkena (*expos*), sebuah sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon dapat menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan arus setinggi 0,1A. sinar matahari (Salsa hayani, Stefanie and Bangsa, 2021).

2.1.9 Prinsip Kerja Sel Surya (Solar Cell)

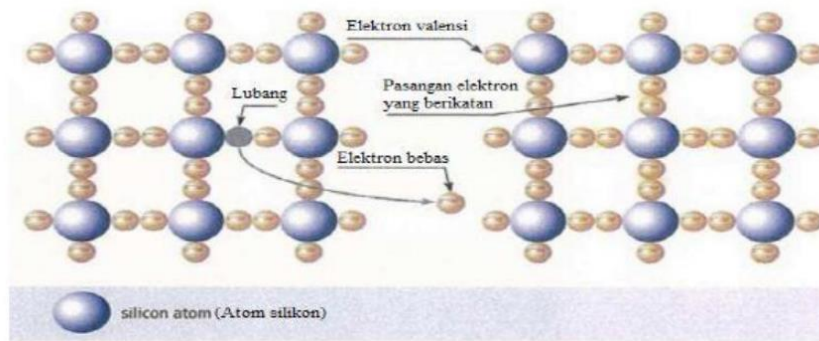
Prinsip *junction* P-N digunakan oleh sel surya konvensional. Ini adalah *junction* antara semikonduktor tipe-P dan tipe-N, yang masing-masing terdiri dari ikatan atom yang terdiri dari elektron-elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-N memiliki kelebihan elektron, atau muatan negatif, dalam

struktur atomnya, sedangkan semikonduktor tipe-P memiliki kelebihan hole, atau muatan positif. Berdoping material dengan atom *dopant* menyebabkan kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bias. Untuk mendapatkan material silikon tipe-P, silikon didoping oleh *boron*, dan untuk mendapatkan material silikon tipe-N, silikon didoping oleh posfor. Dalam ilustrasi *N junction* ini, terbentuk medan listrik sehingga material kontak mengekstrak elektron dan hole bias untuk menghasilkan listrik, pada gambar 2.7 (Julisman et al., 2017).



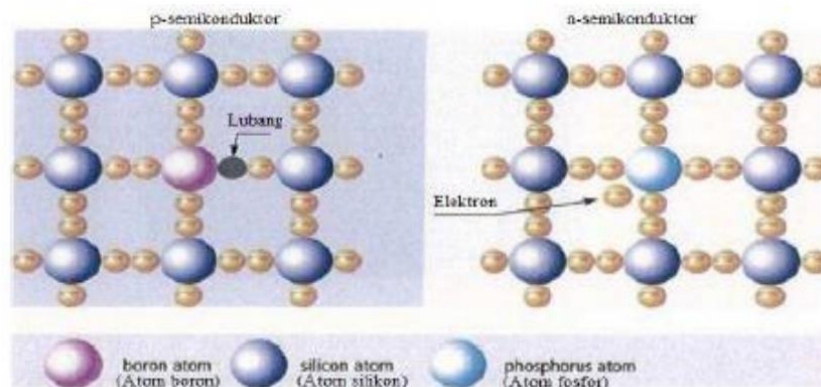
Gambar 2. 7 Prinsip kerja panel surya (Julisman et al., 2017)

Ketika semikonduktor tipe-P dan tipe-N terkontak, pada gambar 2.8 kelebihan elektron akan bergerak dari masing-masing semikonduktor tipe-N dan tipe-P, membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-N dan kutub negatif pada semikonduktor tipe-P. Akibatnya, medan listrik terbentuk ketika cahaya matahari mengenai susunan sambungan P-N, mendorong elektron untuk bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang mengakibatkan (Rezky Ramadhana et al., 2022).



Gambar 2. 8 Kondisi struktur kristal silikon dan konduktivitas intrinsic elektron
(Rezky Ramadhana et al., 2022)

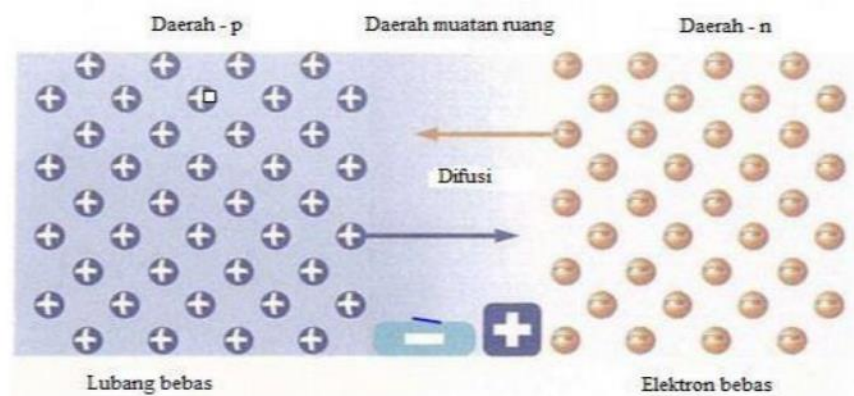
Gambar 2.9 bahwa kondisi instrinsik tidak dapat digunakan untuk menghasilkan energi. Sengaja, kisi kristal dikotori agar material silikon dapat digunakan untuk menghasilkan energi. Atom-atom ini disebut "*atom doping*" karena mereka memiliki satu elektron lebih (*fosfor*) atau satu elektron kurang (*boron*) dari kulit elektron terluar silikon. Oleh karena itu, mereka menghasilkan atom pengotor dalam kisi kristal (Rezky Ramadhana et al., 2022).



Gambar 2. 9 Kondisi ekstrinsik di dalam silikon dengan doping P dan N (Rezky Ramadhana et al., 2022)

Gambar 2.10 kondisi ekstrinsik silikon yang didorong oleh P dan N. Jika kondisi fosfor didorong oleh N, maka ada lebih banyak elektron di dalam kisi *fosfor*. Dengan *boron* sebagai doping P, elektron dapat bergerak bebas di dalam kristal dan mengangkut muatan listrik. Setiap atom *boron* dalam kisi memiliki lubang, atau olatan elektron yang hilang. Elektron dari atom silikon terdekat dapat mengisi lubang ini, menciptakan lubang baru di tempat lain. Konduksi pengotor atau konduksi ekstrinsik adalah istilah yang digunakan untuk metode konduksi yang bergantung pada atom doping. Muatan bebas tidak memiliki arah yang tepat untuk bergerak karena material doping P dan N.

Sebuah sambungan P-N (positif) terbentuk ketika lapisan semikonduktor dengan doping P dan N digabungkan. Pada sambungan (*junction*) ini, elektron yang berlebihan dari semikonduktor N berdifusi ke dalam lapisan semikonduktor P, menciptakan area dengan banyak pembawa muatan bebas. Area ini disebut "daerah muatan ruang". *Oruode* transisi terdiri dari atom doping bermuatan positif yang tetap di wilayah N dan atom doping bermuatan negatif yang tetap di wilayah P. Difusi tidak terus-menerus karena medan listrik yang dibuat berlawanan dengan gerakan pembawa muatan.



Gambar 2. 10 Daerah ruang muatan sambungan P-N (Rezky Ramadhana et al., 2022)

Jika semikonduktor P-N (misalnya, sel surya) terkena cahaya, *foton* diserap oleh elektron. Energi yang masuk memecahkan ikatan elektron, sehingga elektron yang terlepas ditarik melalui medan listrik ke wilayah N, dan lubang yang terbentuk bergerak ke arah yang berlawanan ke wilayah P. Proses ini dikenal sebagai efek *photovoltaic* (Rezky Ramadhana et al., 2022).

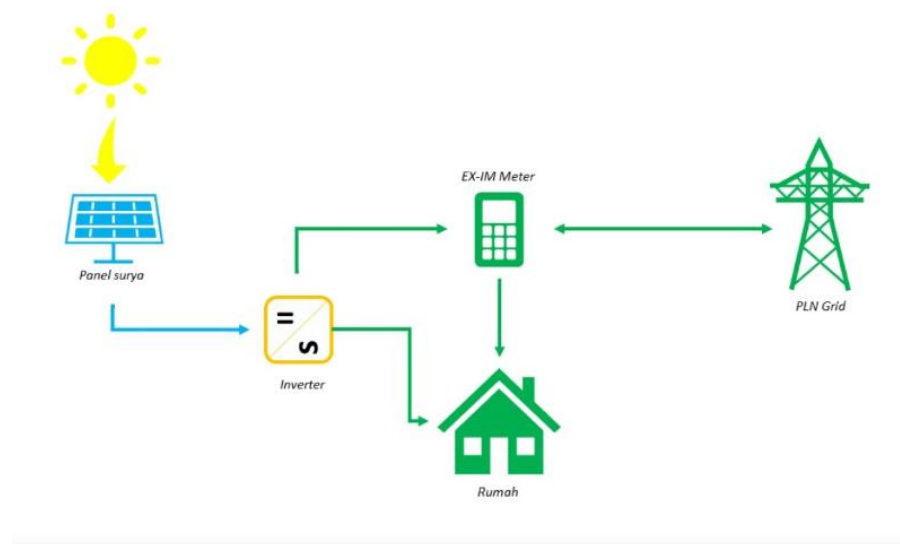
2.1.10 Konfigurasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

A. berdasarkan koneksi sistem terhadap Grid

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan konfigurasi mereka terhadap jaringan. Yang pertama adalah sistem PLTS yang dihubungkan langsung dengan jaringan PLN, yang biasanya disebut PLTS *On-Grid* atau *Grid Connected*; yang kedua adalah sistem PLTS yang tidak dihubungkan dengan jaringan PLN, yang biasanya disebut PLTS *Off-Grid* atau *Stand-Alone*; dan yang terakhir adalah sistem PLTS

Hybrid yang digabungkan dengan jenis pembangkit lain, pada gambar 2.11 (Renewableenergy.id, 2022).

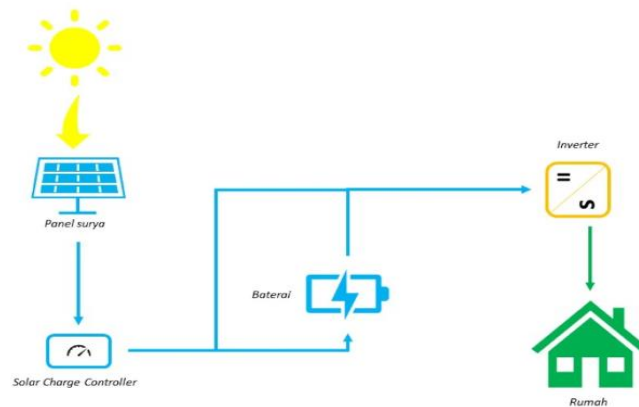
a. PLTS *Grid – Connected (On–Grid)*



Gambar 2. 11 Diagram sistem PLTS *On–grid* (Renewableenergy.id, 2022)

Sistem distribusi *on-grid* biasanya digunakan untuk menyediakan tenaga ke pelanggan yang terhubung ke grid atau secara langsung terhubung ke jaringan listrik. Salah satu karakteristik utama sistem PLTS *on-grid* atau *Grid-connected PV system* pada dasarnya menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik (PLN). Komponen utama sistem ini adalah *Power Conditioning Unit (PCU)* atau konverter, yang bekerja untuk mengubah daya AC yang dihasilkan PLTS menjadi daya AC yang disesuaikan dengan persyaratan jaringan listrik yang terhubung (Afrida, Jeckson and Feriyanto, 2022).

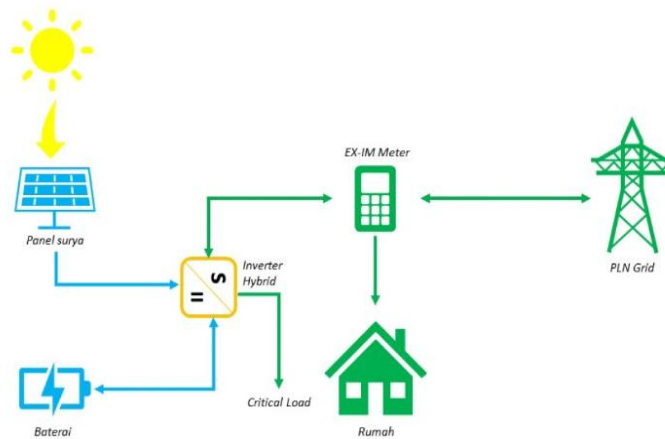
b. PLTS *Stand-Alone* (*Off-Grid*)



Gambar 2. 12 Diagram sistem PLTS *Off-grid* (Renewableenergy.id, 2022)

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang tidak terhubung ke jaringan digambarkan pada Gambar 2.12 (Renewableenergy.id, 2022). Sistem berdiri sendiri, juga disebut sebagai sistem terpisah, biasanya memiliki pola pemasangan terbesar (didistribusikan) dan memiliki kemampuan untuk menghasilkan output skala kecil atau skala besar. Sistem seperti ini biasanya dilengkapi dengan storage tenaga listrik yang disimpan dalam media penyimpanan baterai. Bergantung pada bagaimana sistem ini digunakan, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di luar grid domestik dan *non-domestik* dibagi menjadi dua kategori: PLTS di luar grid *domestik* dan PLTS di luar grid *non-domestik*. Diharapkan baterai dapat memastikan ketersediaan pasokan listrik untuk beban listrik dalam kondisi cuaca mendung dan malam hari (Siregar. J, 2022).

c. *Hybrid System*



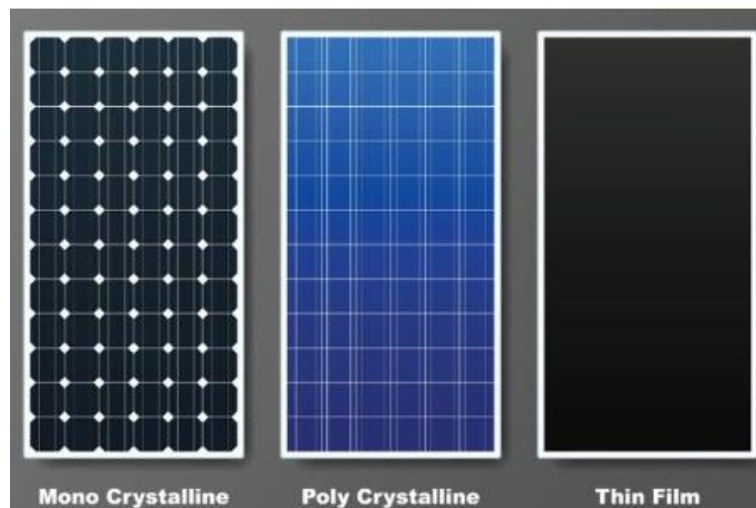
Gambar 2. 13 Hybrid System (Renewableenergy.id, 2022)

Gambar 2.15 (Renewableenergy.id, 2022) menunjukkan sistem *hibrida* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang menggabungkan kelebihan dari dua sistem sebelumnya. Sistem hibrida ini dapat dianggap sebagai sistem *grid-tie* dengan penyimpanan baterai tambahan, sehingga sangat cocok untuk konsumen yang ingin memiliki cadangan tenaga listrik yang memadai. Konsumen dapat memilih untuk menggunakan sistem ini untuk menghasilkan jumlah tenaga yang mereka butuhkan.

2.1.11 Komponen Penyusunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

A. Panel Surya

Panel surya, yang terbuat dari bahan semikonduktor, dapat mengubah sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan bagaimana kinerja panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari; semakin tinggi intensitas cahaya, semakin banyak energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Beberapa jenis panel surya dapat dilihat pada gambar 2.14 (Christy M. A. Pasowan, 2019).



Gambar 2. 14 Panel Surya (Christy M. A. Pasowan, 2019)

Macam -macam sel surya adalah sebagai berikut :

a) *Poly-crystalline*

Ini adalah panel surya yang dibuat melalui proses pengecoran, yang menghasilkan susunan kristal acak. Untuk menghasilkan daya listrik yang sama, jenis panel surya ini membutuhkan luas permukaan yang lebih besar daripada jenis monokristal dan memiliki efisiensi yang lebih rendah. Namun,

dalam keadaan cuaca berawan, jenis panel surya ini dapat menghasilkan energi hingga 14-17%, dan harganya biasanya lebih rendah. (Purwoto et al., 2018).

b) Mono-crystalline

Dengan teknologi terbaru, ini adalah panel yang paling efisien yang menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. *Monocrystal* dibuat untuk digunakan di lingkungan dengan iklim ekstrem dan kondisi alam yang ganas. Panel jenis ini memiliki efisiensi hingga 15-20%, tetapi mereka hanya akan berfungsi di tempat yang teduh atau kurang cahaya matahari. Efisiensi mereka akan menurun drastis dalam cuaca berawan (Purwoto et al., 2018).

c) Thin Film Photovoltaic

Panel surya dua lapisan ini memiliki struktur lapisan tipis mikrocrystal silikon dan amorphous dengan efisiensi modul 11%, yang berarti luas permukaan yang diperlukan untuk menghasilkan daya per watt lebih besar daripada panel surya *monocrystal* dan *polycrystal*. Inovasi terbaru, panel *photovoltaic* dapat tiga lapisan tipis yang sangat berawan dapat menghasilkan daya hingga 45% lebih banyak dari jenis panel lain dengan daya ditekan (Purwoto et al., 2018).

a. Konfigurasi Panel Surya

Sebuah panel surya terdiri dari empat modul surya dalam satu bingkai disebut, dan sebuah modul surya terdiri dari rangkaian beberapa modul surya yang disusun dalam struktur kerangka. "Sel surya" adalah sekumpulan sel surya

yang disusun secara seri atau paralel dalam bahan semikonduktor yang dapat menerima dan menyerap radiasi matahari. "Sel surya" adalah sekumpulan sel surya yang disusun secara seri atau paralel dan berfungsi untuk mengubah cahaya menjadi listrik (Pasangpanelsurya, 2022).



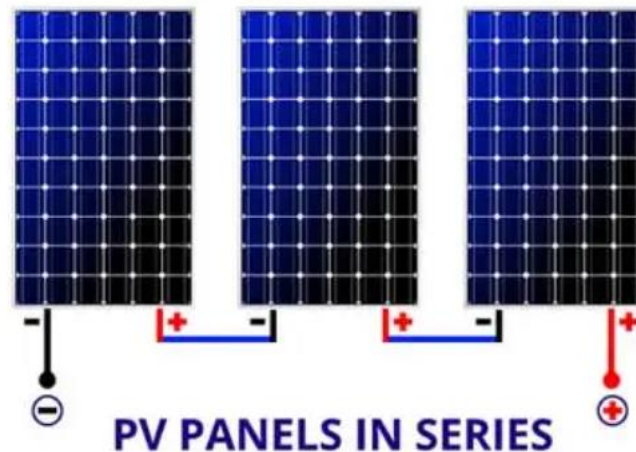
Gambar 2. 15 Cell, Modul, Panel, Array Surya (Pasangpanelsurya, 2022)

Seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.15 (Pasangpanelsurya, 2022) beberapa konfigurasi panel surya yang biasa digunakan pada sistem panel surya, diantaranya:

a) Konfigurasi Panel Surya Seri (S)

Konfigurasi panel surya Seri (S) bergantung pada pengaturan setiap modul surya yang disusun seri. Jika konfigurasi panel surya seri bekerja pada kondisi intensitas cahaya matahari yang sama, semua modul panel surya menghasilkan arus yang sama, yaitu arus tunggal, sedangkan konfigurasi seri yang dihubungkan paralel menghasilkan arus rendah dan tegangan tinggi.

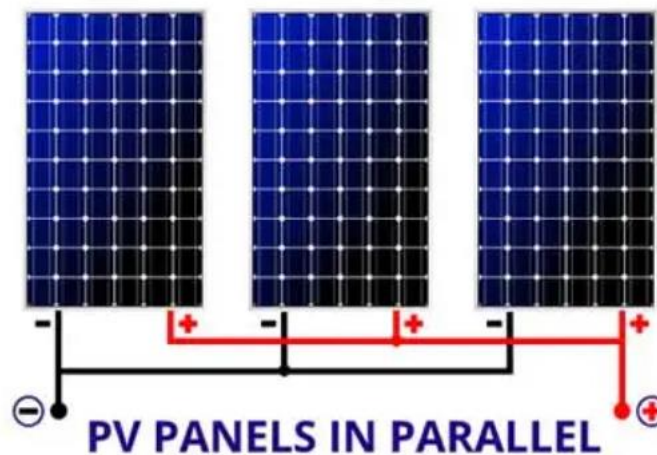
Konfigurasi rangkaian berbagai panel surya pada Gambar 2.16 (Amna, Sara and Tarmizi, 2021).



Gambar 2. 16 konfigurasi panel surya Seri (A) (Amna, Sara and Tarmizi, 2021)

b) Konfigurasi panel surya Seri Paralel (SP)

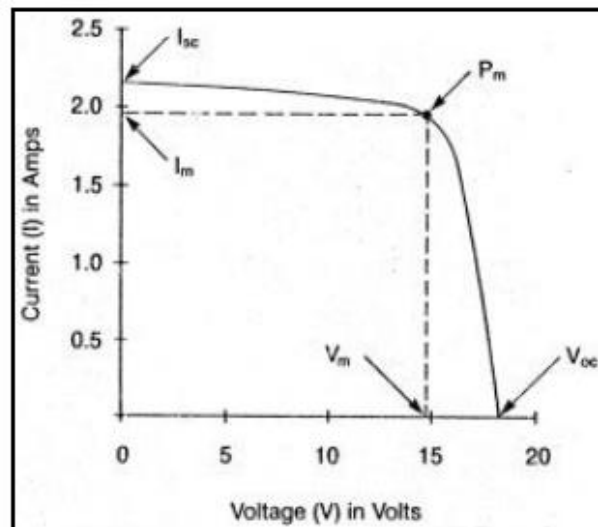
Konfigurasi panel Seri Paralel (SP) dibagi menjadi sejumlah string yang terhubung secara paralel satu sama lain. Modul seri dan paralel dapat memiliki tegangan dan arus yang berbeda. Jumlah modul seri yang terhubung dan string seri yang terhubung secara paralel menentukan arus keluaran dan tegangan keluaran. Karena mudah dibangun, ekonomis, dan tidak memiliki banyak koneksi, konfigurasi panel surya seri paralel, pada gambar 2.17 adalah yang paling umum digunakan. Dalam konfigurasi ini, arus di setiap baris dapat berbeda tergantung pada insolasi, tetapi tegangan tetap sama (Amna, Sara and Tarmizi, 2021).



Gambar 2. 17 konfigurasi panel surya Seri Paralel (SP) (Amna, Sara and Tarmizi, 2021)

b. Performansi Panel Surya (*Solar Cell*)

Tidak tergantung pada besaran luas bidang silicon, sel surya menghasilkan energi (I) berkisar \pm Volt-max dan kekuatan radiasi matahari W/m^2 akan menghasilkan arus (I) per sel surya. Gambar 2.20 grafik I-V Curve menggambarkan keadaan normal sel surya. Jika nilai V_m dan I_m sama-sama maksimum, sel surya akan menghasilkan energi maksimum. Sementara I_{sc} adalah arus listrik maksimum pada nilai Volt=no1, I_{sc} berkorelasi langsung dengan jumlah sinar matahari yang tersedia. V_{oc} adalah arus listrik maksimum pada nilai Volt=no1, dan V_{oc} meningkat secara logaritma dengan jumlah sinar matahari yang tersedia. Karakter ini memungkinkan *Solar Cell* untuk mengisi baterai atau aki, pada gambar 2.18 (Danny Santoso Mintorogo, 2000).



Gambar 2. 18 Grafik I-V Curve (Danny Santoso Mintorogo, 2000)

I_{sc} = arus Minimum

V_{sc} = Tegangan Minimum

V_m = Tegangan Maksimum

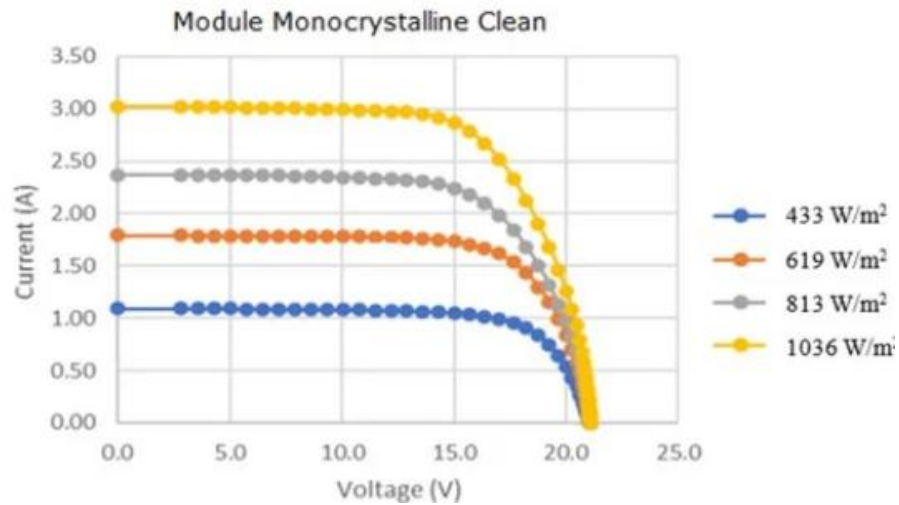
I_m = Daya Maksimum

P_m = Daya output maksimum dari array PV (Watt)

Karena modul *photovoltaic* adalah bagian penting dari PLTS, kualitas modul sangat penting untuk menjaga sistem beroperasi dengan baik. Kurva tersebut menjelaskan bagaimana modul *photovoltaic* berfungsi pada radiasi sinar matahari dan suhu tertentu.

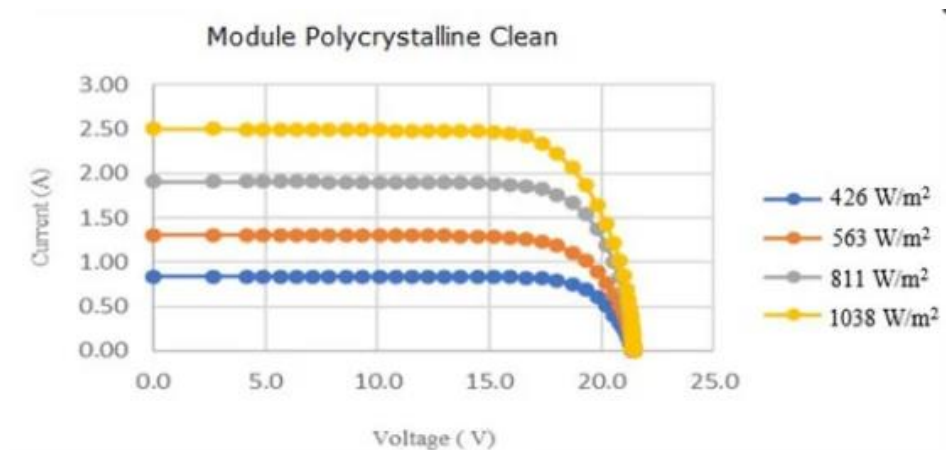
c. Karakteristik modul surya policristalin dan monokristalin

Karakteristik arus-tegangan dan kurva daya modul polikristalin (poly). Gambar 2.19 untuk berbagai intensitas radiasi matahari yang datang. Arus hubung singkat (I_{sc}) meningkat seiring dengan intensitas radiasi matahari yang datang (Benghanem et al., 2023).



Gambar 2. 19 Karakteristik Modul Monokristalin (Benghanem et al., 2023)

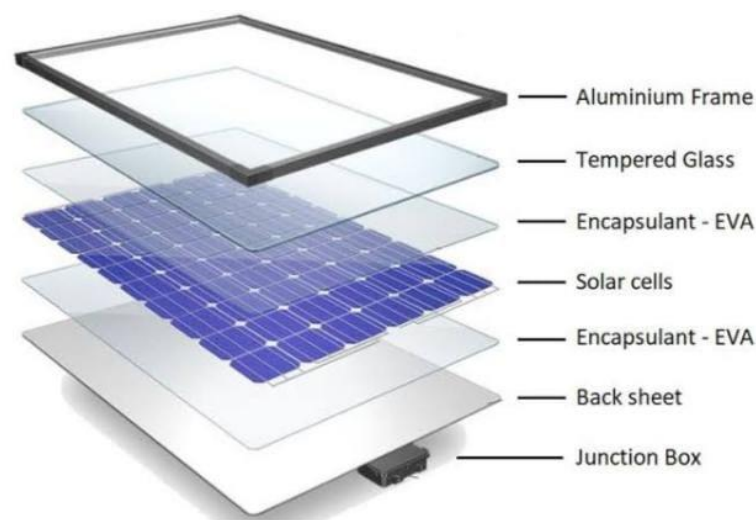
Selain itu, daya keluaran maksimum modul surya polikristalin di peroleh dengan radiasi surya inden maksimum. Gambar 2.20 mengilustrasikan kurva IV modul PV polikristalin untuk iradiasi surya insiden yang berbeda. Arus hubung singkat (I_{sc}) meningkat ketika iradisi surya insiden meningkat (Benghanem et al., 2023).



Gambar 2. 20 Karakteristik Modul Polikristalin (Benghanem et al., 2023)

d. Struktur Panel Surya

Pada gambar 2.21 (Rumahsolarraina.com, 2022) dibawah memperlihatkan sebuah struktur panel surya secara umum.



Gambar 2. 21 Struktur modul *photovoltaic* (Rumahsolarraina.com, 2022)

1. Bingkai atau *frame* memastikan kekuatan panel karena dipasang di akhrit selama proses pembuatan dan terbuat dari *alumunium anodized* untuk mencegah korosi (Rumahsolarraina.com, 2022).
2. Karena fungsinya melindungi *sel fotovoltaik* dari lingkungan dan memastikan kekokohan panel, kaca pelindung mengambil berat terbesar dari modul *photovoltaic* secara keseluruhan (Rumahsolarraina.com, 2022).
3. *Sel photovoltaic* dilindungi dari kerusakan mekanis melalui lapisan laminasi antara kaca pelindung dan *sel photovoltaic*. Fungsi laminasi adalah untuk menjaga tegangan dari *sel photovoltaic* terpisah dari bagian lain modul dan mencegah kerusakan mekanis (Rumahsolarraina.com, 2022).

4. Komponen utama modul *photovoltaic* adalah *sel photovoltaic*. Sel-sel ini terdiri dari bahan semikonduktor yang menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi tegangan. Melalui kawat busbar, sel-sel ini terhubung satu sama lain secara seri untuk menghasilkan tegangan total yang lebih tinggi (Rumahsolarraina.com, 2022).
5. *Backsheet*, atau lembar insulasi, terbuat dari bahan lastik untuk melindungi sel dari kelembaban dan cuaca (Rumahsolarraina.com, 2022).
6. Kontak penghubung, juga dikenal sebagai kotak penghubung, berfungsi sebagai terminal yang menghubungkan beberapa *sel photovoltaic* ke beban atau panel lainnya (Rumahsolarraina.com, 2022).

B. Solar Charger Controller

Alat pengontrol pengisian surya (SCC) memiliki kapasitas untuk mengatur besar arus AC yang masuk ke baterai serta arus dari baterai ke beban. SCC memiliki teknologi modulasi lebar (PWM) dan pelacak tegangan maksimum (MPPT) untuk mengatur pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

Fungsi *Solar Charger Controller* (SCC) :

1. Untuk mengatur arus masuk pada pengisian baterai, serta mencegah *Overcharging* dan *Overvoltage*.
2. Mengatur arus output atau input dari baterai agar baterai tidak di isi secara berlebihan dan *Overloading*.
3. Memonitoring temperature baterai.

C. Konverter

Konverter adalah alat elektronik yang digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Jenis konverter ini memiliki keluaran dalam bentuk gelombang *sinus* murni, atau tegangan AC dalam bentuk gelombang *sinus*. konverter juga dapat menyediakan tegangan tambahan ke beban, juga dikenal sebagai *induktor*. Gelombang kotak, atau gelombang *sinus* modifikasi, adalah konverter dengan tegangan keluaran berbentuk gelombang kotak yang diubah menjadi bentuk gelombang sinus. Jenis konverter ini tidak dapat digunakan untuk mencatu tegangan ke beban induktif. Konverter ini juga berfungsi sebagai sumber listrik cadangan untuk kendaraan dan rumah ketika aliran listrik rumah padam. Selanjutnya, konverter akan memainkan peran penting dalam mengubah energi DC. (Prasetia and Sofian, 2021).

D. Baterai

Baterai terdiri dari sejumlah sel elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia langsung menjadi energi listrik atau sebaliknya. Sel-sel ini bekerja dengan elektroda positif dan negatif. Baterai ini menghasilkan listrik DC (Hasan, 2012).

E. Kabel

Kabel yang digunakan untuk instalasi *photovoltaic* adalah kabel khusus yang memiliki potensi untuk mengurangi kehilangan daya, pemanasan kabel, dan kerusakan perangkat. Konfigurasi teknologi *photovoltaic* yang lengkap dapat mengurangi kehilangan dengan menggunakan spesifikasi yang tepat. Panel surya memiliki terminal positif dan negatif yang dihubungkan satu sama

lain. Kemudian, terminal positif panel surya dihubungkan dengan terminal positif *Charge Controller*, serta terminal negatifnya. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya akan digunakan untuk menjamin kehidupan baterai (Hasan, 2012).

F. Combiner Box

Kotak kombinasi adalah kotak yang menggabungkan string modul surya untuk menghasilkan arus keluaran *larik fotovoltaic* (PV) yang lebih besar. Arus ini kemudian disambungkan ke inverter. Masing—Setiap string modul *photovoltaic* terhubung ke busbar yang sama dan dilindungi secara elektrik dan mekanis di dalam selungkup pelindung. Jika tidak dilindungi, kotak kombinasi memiliki perangkat perlindungan sambaran petir, yang dapat merusak komponen lain. Selain itu, kotak kombinasi membatasi arus panel surya dan menghentikan arus yang berlebihan. Pada sistem penghubung DC, keluaran kotak gabungan dihubungkan langsung ke SCC atau ke inverter pada sistem penghubung AC (Permana, 2022).

G. Alat Proteksi (Pengaman)

Alat pengaman berfungsi untuk mengantisipasi gangguan atau mencegah kerusakan pada peralatan listrik yang ada. Oleh karena itu, alat pengaman seperti *Mini Circuit Breaker* (MCB), *Molded Case Circuit Breaker* (MCCB), dan *Surge Protection Device* (SPD) dibutuhkan dalam sistem PLTS (Trengganusari, 2021). Penjelasan untuk setiap alat perlindungan dapat ditemukan di sini.

1. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Miniatur Breaker Circuit (MCB) adalah perangkat elektromekanikal yang berfungsi untuk melindungi rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB memiliki kemampuan untuk memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB melebihi nilai tertentu. Namun, ketika arus listrik dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar dan dapat menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual (Atstekno.com, 2019).

2. Fuse

Fuse adalah perangkat elektrikal yang dimaksudkan untuk melindungi sirkuit listrik dari kelebihan arus atau lonjakan tegangan yang berpotensi membahayakan sistem atau peralatan yang terhubung. Ketika arus mengalir melampaui batas yang ditentukan, fuse akan meleleh atau terputus secara otomatis, menghentikan aliran listrik dan mencegah kerusakan lebih lanjut pada sirkuit atau peralatan (Atstekno.com, 2019).

3. Grounding

Menghubungkan sistem atau peralatan listrik ke bumi atau tanah sebagai titik referensi atau koneksi konduktif disebut grounding. grounding pada panel surya untuk mencegah petir, gangguan arus, dan potensi bahaya kejutan listrik. Grounding juga membantu memastikan sistem yang lebih stabil dengan menyediakan jalur yang aman untuk mengalirkan arus ke tanah dalam kasus kebocoran arus atau kegagalan sistem (Atstekno.com, 2019).

4. *Surge Arrester*

Alat Surge Arrester dipasang pada jaringan instalasi listrik dan berfungsi sebagai pelindung. *Arrester* kebakaran melindungi ketika terjadi lonjakan tegangan listrik yang melebihi batas tertentu. Sambaran petir adalah penyebab paling umum dari lonjakan tegangan listrik secara tiba-tiba ini, tetapi juga bisa karena masalah pada pembangkit listrik, konsleting, lonjakan pada *switching*, dan lainnya. Lonjakan tegangan listrik ini sangat berpotensi berbahaya. Berbagai alat elektronik yang terhubung ke jaringan listrik dapat rusak jika tegangan listrik yang mengalir melebihi tegangan normal (Atstekno.com, 2019).

2.1.12 Faktor Yang Mempengaruhi Pengoperasian PLTS

Faktor dari pengoperasian Sel Surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung beberapa faktor yaitu :

1. Ambient air *temperature*

Jika suhu sel surya tetap normal (pada 250 Celsius), sel surya dapat beroperasi secara maksimum. Setiap kenaikan 10 *Celsius* lebih tinggi dari suhu normal sel surya akan mengurangi sekitar 0,4% dari tenaga total yang dihasilkan, atau dua kali lipat dari kenaikan 100 *Celsius*.

2. Radiasi matahari

Radiasi matahari tidak konstan di bumi dan di tempat lain, dan sangat dipengaruhi oleh spektrum solat bumi. Dengan pengaruh yang relatif kecil pada tegangan, sinar matahari akan berdampak besar pada arus (I).

3. Kecepatan angin bertiup

Temperatur permukaan kaca larik *photovoltaic* dapat dikurangi oleh kecepatan angin di sekitar lokasi larik *photovoltaic*.

4. Keadaan atmosfer bumi

Hasil maksimum arus listrik dari deretan fotovoltaik sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer bumi, termasuk mendung, berawan, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabur, dan polusi.

5. Orientasi panel atau larik PV

Agar panel/deretan *photovoltaic* dapat menghasilkan jumlah energi yang paling besar, rangkaian *photovoltaic (larik)* harus diorientasikan secara optimal ke arah matahari. Untuk lokasi di belahan utara latitude, mereka sebaiknya diorientasikan ke arah Selatan atau Timur Barat, tetapi keduanya juga sangat mempengaruhi jumlah energi yang dihasilkan.

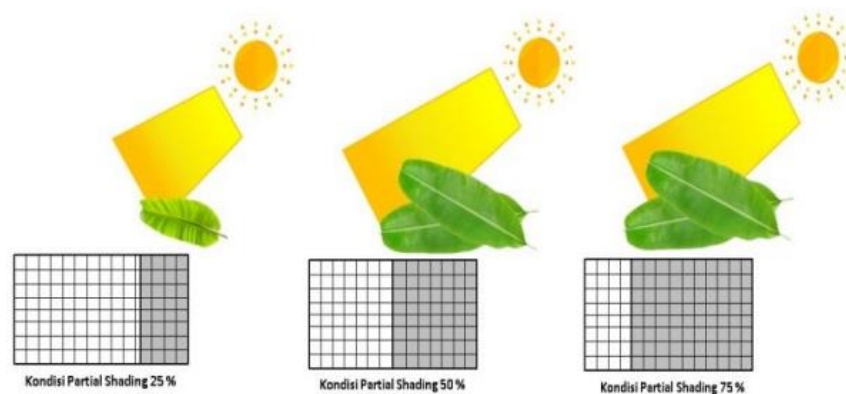
6. Posisi letak sel surya (larik) terhadap matahari

Jika permukaan panel *photovoltaic* tidak dapat mempertahankan sinar matahari secara tegak lurus, panel fotovoltaik akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 W/m^2 . Namun, jika tidak dapat mempertahankan lurus tegak antara sinar matahari dan bidang *photovoltaic*, bidang *photovoltaic* harus diperluas. Jika panel *photovoltaic* diletakkan mendatar pada Equator (dengan latitude 0 derajat) dan memiliki "*tilt angle*" yang sama, mereka akan menghasilkan jumlah energi yang paling besar.

Namun, panel *photovoltaic* yang ditempatkan di tempat lain akan memiliki "*tilt angle*" yang paling cocok (Jatmiko, Asy'ari and Purnama, 2011).

7. *Shading*

Pada kondisi partial *shading*, modul *photovoltaic* menerima variasi radiasi matahari sebagai akibat dari perubahan cuaca lokal atau kondisi lingkungan sekitar, seperti awan, bayangan bangunan, dan pepohonan. Modul *photovoltaic* yang tidak terhalang oleh bayangan akan menerima radiasi matahari pada tingkat tertentu, sedangkan modul yang terkena bayangan akan menerima radiasi yang lebih rendah. Daya yang dihasilkan oleh panel surya sangat bergantung pada intensitas radiasi matahari. Luasan panel berbanding lurus dengan intensitas pencahayaan radiasi matahari yang diterimanya. Seperti pada gambar 2.22, kondisi ini menyebabkan daya keluaran dari rangkaian panel surya (PV) (Saputra *et al.*, 2023).



Gambar 2. 22 Kondisi partial *shading* 25%, 50% dan 75% (Saputra *et al.*, 2023)

8. *Soiling*

Soiling juga dikenal sebagai kumulasi tumpukan seperti debu, tanah, salju, dan kotoran burung, adalah musuh terbesar bagi modul surya. Hal ini

disebabkan oleh fakta bahwa kotoran yang menumpuk pada permukaan panel dapat mengurangi kinerjanya, mengurangi jumlah radiasi matahari yang diterima, seperti pada gambar 2.23 (Mangatur, 2022).



Gambar 2. 23 *soiling* pada permukaan panel surya (Mangatur, 2022)

2.1.13 *Conveyor Belt*

Conveyor belt adalah alat yang dapat mengangkut atau memindahkan berbagai jenis material, mulai dari material curah hingga material satuan. Dengan menggunakan *belt conveyor*, Anda dapat dengan mudah memindahkan berbagai jenis material dari satu tempat ke tempat lain dalam jumlah yang tidak terbatas.

Prinsip kerja *conveyor* sistem Indonesia sederhana. Dalam hal ini, alat ini akan memindahkan material apa saja yang ada di atas *belt*. Saat umpan tiba di *head*, material akan ditumpahkan karena *belt* bergerak sebaliknya arah. Ini dapat terjadi karena *head pulley* atau *drive* yang menggunakan motor penggerak menarik *belt conveyor* menggunakan gesekan antara permukaan *drum* dan *belt*, yang bervariasi menurut gaya gesekannya. (Nuzulia, 2016).

Untuk mengetahui kebutuhan pada *conveyor belt* menggunakan persamaan dibawah ini:

1. Kecepatan *Belt Conveyor* (V)

Kecepatan *belt conveyor* untuk memastikan sistem beroperasi sesuai dengan kecepatan yang direncanakan, kecepatan yang efisien dalam pengangkutan material, mengurangi kemungkinan kemacetan, dan membantu dalam perhitungan waktu operasional. Kecepatan yang stabil dan terkontrol juga memastikan bahwa downstream berjalan lancar, mengurangi waktu henti dan peningkatan produktivitas.

$$V = \frac{D \times \pi \times n}{60} \quad (2.1)$$

V : Kecepatan *Belt* (m/menit)

D : Diameter *Pully* (m)

π : Konstanta Pi (3.14)

n : kecepatan putaran *pully* (RPM, putaran per menit)

60 : konversi dalam 1 menit ke detik

2. Kapasitas Pengangkutan (Q)

Kapasitas pengangkutan untuk memastikan bahwa *conveyor belt* dapat menangani volume material yang diperlukan. Berapa banyak material yang dapat dipindahkan dalam satu siklus, yang langsung berdampak pada output dan efisiensi keseluruhan sistem. Dengan mengetahui kapasitas pengangkutan,

dapat mengoptimalkan jadwal operasional dan memastikan bahwa *conveyor belt* tidak mengalami *overloading*, yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem.

$$C_s = V \times \rho \quad (2.2)$$

C_s : Kapasitas sampah per sirip (kg)

V : Luas penampang muatan di atas *belt* (m^2)

ρ : Densitas sampah (kg/m^3)

3. Gaya pada *conveyor*

Conveyor berjalan, gaya yang bekerja akan berbeda dibandingkan saat berjalan lurus. Mengukur gaya dalam kondisi untuk memastikan bahwa *conveyor* dapat mengatasi beban tambahan yang disebabkan oleh gravitasi. Ini membantu dalam perhitungan tenaga yang dibutuhkan dan dalam memilih motor yang tepat untuk operasi yang efisien.

$$F = m \times g \times (\mu \times \cos(\theta) + \sin(\theta)) \quad (2.3)$$

F : Gaya (*Newton*)

m : Massa beban (kilogram)

g : Percepatan gravitasi (9.8 m/s^2)

θ : Sudut kemiringan

a : Percepatan *conveyor* (m/s^2)

4. Energi mekanik *conveyor*

Energi mekanik *conveyor* dalam memahami efisiensi sistem dan kebutuhan energi secara keseluruhan. Perhitungan konsumsi energi mekanik untuk mengetahui konsumsi energi dan biaya operasional.

$$E = F \times d \quad (2.4)$$

E : Energi (*joule*)

F : Gaya yang diperlukan (*Newton*)

d : Jarak yang ditempuh (*Meter*)

5. Berat sampah yang dikumpulkan dalam satu putaran

Berat sampah yang dikumpulkan dalam satu putaran membantu dalam menentukan kapasitas actual dari *conveyor belt*. Untuk mengatur siklus operasi dan memastikan bahwa *conveyor belt* beroperasi pada kapasitas optimal.

$$\text{Berat Sampah Per Putaran} = \text{Jumlah sirif} \times \text{Berat sampah per sirif} \quad (2.5)$$

6. Waktu untuk satu putara

Untuk mengetahui waktu pada satu putaran *belt conveyor* dengan persamaan 2.6.

$$\text{Waktu satu putaran} = \frac{\text{Jarak satu putaran}}{\text{Kecepatan conveyor}} \quad (2.6)$$

7. Jumlah putaran yang diperlukan untuk mengumpulkan sampah

Untuk menghitung total putaran *belt conveyor* pengumpulan sampah yang diperlukan untuk mengumpulkan sampah ke dalam truk, dengan persamaan 2.7.

$$\text{Jumlah putara} = \frac{\text{Total berat sampah}}{\text{Berat sampah per putara}} \quad (2.7)$$

8. Waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan sampah

Waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan sampah untuk perencanaan operasional dan evaluasi efisiensi sistem. Membantu dalam mengatur jadwal pengangkutan dan memastikan bahwa operasi pembersihan berjalan sesuai.

$$\text{Waktu total} = \text{Jumlah putaran} \times \text{Waktu satu putaran} \quad (2.8)$$

Maka dari persamaan 2.9 menghasilkan total waktu *conveyor belt* dalam satu putaran. Untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan *conveyor belt* untuk mengangkat sampah dari sungai ke truk sampah dengan persamaan 2.9.

$$\text{waktu total} = \frac{\text{waktu putaran}}{\text{detik atau jam}} \quad (2.9)$$

9. Daya motor yang dibutuhkan

Daya adalah laju transfer energi. Dalam *conveyor*, daya listrik yang dibutuhkan adalah daya yang harus disuplai oleh motor listrik untuk mengatasi gaya dan menggerakkan beban pada kecepatan tertentu. Pada *conveyor belt* untuk mengetahui daya motor yang dibutuhkan selama berjalan nya *conveyor belt*.

a. Konversi kecepatan linier ke kecepatan sudut

Daya motor yang dibutuhkan untuk konversi kecepatan linier ke kecepatan sudut untuk memastikan bahwa motor yang digunakan mampu memberikan tenaga yang cukup untuk operasi *conveyor*. Menghitung kecepatan sudut adalah kecepatan rotasi dari poros motor yang menggerakkan *conveyor* untuk mengetahui berapa radius dengan persamaan 2.10.

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (2.10)$$

ω : kecepatan sudut

v : Kecepatan linier *conveyor* (m/s)

r : radius *pulley* (meter)

b. Menghitung torsi

Torsi adalah gaya putaran yang dihasilkan oleh motor untuk menggerakkan *conveyor*. Torsi ini dihasilkan dari gaya yang diperlukan untuk mengangkat dan memindahkan beban sampah melalui *conveyor*. Hasil dari torsi ini diambil dari persamaan 2.5.

c. Menghitung daya motor yang dibutuhkan

Daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan *conveyor* dihitung sebagai produk dari torsi (τ) dan kecepatan sudut (ω) motor, dengan persamaan 2.11.

$$p = \tau \times \omega \quad (2.11)$$

P : Daya motor (W)

τ : Torsi (Nm)

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

10. Menentukan jumlah baterai

Kapasitas baterai pada sistem *conveyor belt* untuk memastikan bahwa sistem *conveyor belt* memiliki sumber daya yang cukup untuk beroperasi tanpa gangguan.

$$\text{Kapasitas energi baterai} = \text{Tegangan} \times \text{kapasitas baterai Ah} \quad (2.12)$$

2.1.14 Bagian-Bagian *Conveyor Belt*

Bagian-bagian yang dipasang pada sebuah alat *conveyor belt* diantaranya:

1. *Belt*

Belt adalah sabuk panjang yang dipasang di sepanjang alat *conveyor*. Tugasnya adalah membawa material yang diangkut. Karena *belt* bergerak, material juga bergerak, sehingga dapat dipindahkan ke tempat lain (Nuzulia, 2016).

2. *Idler*

Idler adalah penyangga atau penahan *belt*. Ada beberapa jenis *idler* berdasarkan lokasinya dan fungsinya. *Idler* atas bertanggung jawab untuk menahan *belt* permutaran, dan *idler* penengah bertanggung jawab untuk

menjaga *belt* tidak bergeser ke *idler* bawah atau balik, yang bertanggung jawab untuk menahan *belt* kosong. (Nuzulia, 2016).

3. *Centering Device*

Catering device adalah bagian *conveyor* yang dibutuhkan untuk mencegah *belt* penggerak melesat dari *roller* karena sering terlepas dari *roller* (Nuzulia, 2016).

4. *Drive Units*

Unit penggerak memungkinkan *belt conveyor* bergerak melalui tenaga gerak yang dipindahkan ke *belt* dan *drive pully*. *Belt* melekat di sekitar *pully* yang diputar motor, sehingga dapat bergerak juga (Nuzulia, 2016).

5. *Bending The Belt*

Bagian ini sangat penting dalam melengkungkan *belt* karena terdiri dari *pully* terakhir, susunan *roller*, dan beban. Agar material dapat terus bergerak, *belt* harus berputar karena kelenturan tetapnya (Nuzulia, 2016).

6. *Feeder*

Pengumpan pada *conveyor* memutar material ke atas *belt*. Tentu saja dengan kecepatan yang dapat diatur dan disesuaikan sesuai kebutuhan (Nuzulia, 2016).

7. *Tripper*

Conveyor adalah pilihan yang tepat sebagai bagian dari solusi *industri otomasi* karena mereka mempercepat dan memudahkan pekerjaan. Ini lebih

mudah dengan bagian *trippers* yang membantu menumpahkan muatan di tempat yang sudah ditentukan. Singkatnya, perangkat memiliki kemampuan untuk beroperasi secara otomatis dalam pengaturan yang telah ditetapkan sebelumnya (Nuzulia, 2016).

8. *Belt Cleaner*

Pembersih *belt* adalah bagian yang dipasang di ujung bawah *belt* supaya material tidak melekat pada *belt* balik dan dapat ditumpahkan secara langsung ke tempat yang telah ditentukan (Nuzulia, 2016).

9. *Skirt*

Skirt mirip dengan sekat yang dipasang di sisi kanan dan kiri *belt* di tempat pemuatan. *Skirt* biasanya dipasang tegak atau miring untuk mencegah material tercecer (Nuzulia, 2016).

10. *Holdback*

Holdback sangat penting untuk mencegah *belt conveyor* yang mengangkut muatan ke atas berputar ke bawah. Ini memang mungkin terjadi. Utamanya ketika tenaga penggerak rusak atau dihentikan secara tiba-tiba (Nuzulia, 2016).

11. *Frame*

Semua susunan *belt conveyor* digantung oleh *frame*, yang dibuat dari baja. Posisi *frame* adalah untuk memastikan bahwa *belt* berjalan dengan stabil dan tidak terganggu (Nuzulia, 2016).

12. Motor Penggerak

Untuk menggerakkan *driver pulley*, motor penggerak biasanya berupa motor listrik. Tenaga motor penggerak ini dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan. Misalnya, menggerakkan *belt* kosong untuk mengatasi gesekan antara *idler*, menggerakkan muatan mendatar, menggerakkan *tripper*, atau mempercepat *belt*, yang sering dibutuhkan dalam *industri otomasi ppt* (Nuzulia, 2016).

2.1.15 Mesin Listrik

Mesin listrik adalah penggerak utama dalam sebuah sistem penggerak elektrik karena mereka dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Motor induksi tipe rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*) adalah jenis motor AC yang banyak digunakan karena lebih kokoh, lebih murah, dan lebih handal dibandingkan mesin DC. Namun, motor induksi lebih disukai untuk sistem penggerak yang membutuhkan kecepatan putaran konstan. Ini karena kontrol kecepatan motor induksi jauh lebih sulit dibandingkan dengan motor DC, yang memiliki piranti kontrol yang lebih sederhana dan respon torsi yang lebih cepat (Arvianto and Rameli, 2017).

2.1.16 Motor AC dan DC

1. Motor AC

Motor AC adalah jenis motor listrik yang bekerja dengan tegangan AC. Ada dua bagian utama motor AC: stator, yang merupakan komponen statis, dan rotor, yang merupakan komponen yang berputar. Penggerak frekuensi variable dapat

dipasang pada motor AC agar dapat mengontrol kecepatan sambil mengurangi konsumsi daya (Gide, 2012).

2. Motor DC

Motor listrik DC memerlukan tegangan arus searah pada kumparan medan untuk menghasilkan energi gerak mekanik. Pada motor DC, kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar), dan kumparan jangkar disebut rotor. Sebagaimana namanya menunjukkan, motor arus searah menggunakan arus langsung yang tidak langsung atau *direktunidirectional*.

Motor DC adalah alat elektronik yang dapat mengubah energi listrik menjadi gerak rotasi. Motor DC memiliki jangkar yang terbuat dari satu atau lebih kumparan terpisah. Cincing belah, juga dikenal sebagai komutator, terbentuk sebagai hasil dari titik penuh kumparan. Cincing belah dapat berfungsi sebagai saklar kutub ganda jika ada insulator antara komutator. Prinsip gaya *Lorentz* adalah dasar kerja motor DC, yang menyatakan bahwa ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, sebuah gaya (disebut gaya *Lorentz*) akan terbentuk secara orthogonal di antara arah medan magnet dan arah aliran arus (Nuzulia, 2016).

2.1.17 Software Homer Energy (HOMER)

Perangkat lunak yang disebut *HOMER (Hybrid Optimization Model for Electrical Renewable)* dikembangkan pada tahun 1993 oleh *Nasional Renewable Energy Laboratory (NREL)* di Amerika Serikat. HOMER dapat digunakan untuk mensimulasikan, mengoptimalkan, dan menganalisis sistem pembangkit listrik

yang dirancang untuk menggunakan energi terbarukan, baik secara *on-grid* maupun *off-grid*. Konfigurasi yang tepat dimasukkan untuk menghasilkan sistem yang ideal.

Perangkat lunak HOMER dapat membuat desain pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik, termasuk pembangkit skala kecil dan besar, yang terhubung ke jaringan listrik (*On-Grid*) atau tidak terhubung ke jaringan listrik. HOMER menghitung energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan diubah, kemudian menentukan pengaturan terbaik. Dengan mempertimbangkan sistem kontrol atau *dispatch* yang tersedia pada HOMER, dia dapat memenuhi persyaratan listrik, perkiraan biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, dan bunga.

Jenis pengiriman HOMER adalah *Cycle Charging (CC)*, *Load Following (LF)*, dan *HOMER Combined Dispatch (CD)*. Sistem *Cycle Charging (CC)* akan digunakan saat beban rendah dan sistem *Load Following (LF)* akan digunakan saat beban tinggi (Harahap and Siahaan, 2023).

A. Prinsip Kerja Homer

Homer bergantung pada tiga hal: simulasi, optimasi, dan analisis sensitivitas. Ketiganya bekerja sama dan memiliki fungsi masing-masing untuk mencapai hasil optimal. HOMER adalah program model simulasi yang dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem yang cocok untuk semua kemungkinan kombinasi peralatan yang dianggap.

B. Simulasi

HOMER dapat mensimulasikan konfigurasi perencanaan pembangkit listrik dengan berbagai kombinasi baik *on-grid* maupun *off-grid*, menggunakan komponen seperti *photovoltaic*, *winturbine*, *hydro*, *micro hydro*, *fuel generator*, *hydrogen converter*, dan baterai. Melayani beban termal, AC dan DC.

C. Optimasi

Setelah simulasi selesai, proses optimasi dilakukan untuk menentukan konfigurasi sistem terbaik. HOMER menampilkan nilai NPC terendah di daftar hasil optimasi. Sistem dianggap optimal jika salah satu konfigurasi sistem menunjukkan NPC terendah untuk jangka waktu tertentu. Jika konfigurasi sistem tidak layak, HOMER mensimulasikan konfigurasi yang berbeda. Selama proses pengoptimalan, visualisasi instrumen kelayakan investasi seperti:

1. Densitas Daya

Untuk menghitung densitas daya dengan persamaan 2.13.

$$\rho = \frac{\text{rata-rata daya}}{\text{luas lahan}} \quad (2.13)$$

2. Efisiensi perancangan panel surya

Untuk menghitung efisiensi panel surya dengan persamaan 2.14.

$$\eta = \frac{\text{Daya Keluaran } (P_{out})}{\text{Daya masukan } (P_{in})} \times 100\% \quad (2.14)$$

η : Efisiensi panel surya dalam persentase

P_{out} : Daya keluaran listrik (w/wp)

Pin : Daya masukan listrik (w)

3. PV Array

Umur pemakaian sel surya biasanya berada pada kisaran 25 tahun, namun kelemahan dari sel surya sendiri adalah dari Tingkat efisiensinya itu sendiri yaitu berkisar antara 12-18%.

Sel surya adalah semikonduktor dimana radiasi matahari diubah menjadi energi listrik. Material sel surya sering digunakan yaitu silikon kristal. Pada saat ini silikon merupakan bahan yang banyak digunakan dalam pembuatan sel surya. HOMER memodelkan PV array sebagai keluaran dari sel surya dengan persamaan 2.15.

$$P_{PV} = F_{PV} \times Y_{PV} \times PSH \quad (2.15)$$

P_{PV} : Keluaran pada PV (kWh/d)

F_{PV} : Pv derating Factor (0,7-0,85)

Y_{PV} : Daya yang diijinkan dari Pv array (kW)

PSH : Peak Soun Hour (Jam)

4. Kebutuhan Panel Surya

Penentuan jumlah panel surya berdasarkan total pemakaian beban per hari, total per hari saat *peak sun hours* 1000 W/m²/h melalui data rata-rata potensi radiasi dan kapasitas panel surya yang digunakan. Perhitungan sederhana untuk menentukan jumlah panel surya dengan persamaan 2.16.

$$\text{Jumlah PV} = \frac{\text{Total daya yang dibangkitkan (W)}}{\text{Daya total panel (wp)}} \quad (2.16)$$

Menentukan energi tahunan panel surya untuk mengetahui energi tahunan pada pembangkit listrik tenaga surya PLTS mengkonversi terlebih dahulu pada

jangka waktu 1 tahun itu sekitar 365 hari. Untuk mengetahui energi yang diperoleh selama 1 tahun menggunakan persamaan 2.17.

$$E_{\text{tahun}} = \text{konsumsi energi (Wh)} \times \text{jam} \quad (2.17)$$

5. Menentukan *Solar Charger Controller* (SCC)

Menentukan SCC yang akan digunakan harus diperhatikan adalah spesifikasi dari panel suryanya dan parameter untuk menentukan SCC adalah jumlah ISC pada panel surya, bisa menggunakan persamaan 2.18.

$$\text{Amper SCC} = \text{ISC (A)} \times \text{Jumlah Banyak Panel} \quad (2.18)$$

6. Kebutuhan Konverter

Perencanaan dari PLTS yang diharapkan memberikan 14% daya dari total kebutuhan beban, sehingga ketika di integrasikan dari pembangkit itu 15% dari total kebutuhan beban atau nilai daya semu yang ada di tempat penelitian, maka untuk menghitung kebutan konverter yang diperlukan dengan persamaan 2.19 dan untuk menentukan jumlah konverter menggunakan persamaan 2.20.

$$\text{Kapasitas konverter} = \frac{\text{Daya Puncak (Kw)}}{\text{Efisiensi konverter}} = \text{kW} \quad (2.19)$$

$$\text{Jumlah} = \frac{\text{Daya Puncak (Kw)}}{\text{Kapasitas konverter (Kw)}} \quad (2.20)$$

7. Kebutuhan Jumlah Baterai

Jumlah baterai yang akan digunakan juga berdasarkan total beban perhari dan kapasitas baterai jenis lead acid bertegangan 12 V dan arus 83,4 Ah yang memiliki pasitas daya sebesar 1 kWh. Sehingga perhitungan sederhana untuk menentukan jumlah baterai dengan persamaan 2.21.

$$Baterai = \frac{\text{Daya Baterai (Wh)}}{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}} = Ah \quad (2.21)$$

2.2 Jurnal Terkait

Tabel 2.1 Jurnal Terkait

NO	Judul Terkait	Penulis, Tahun	Hasil dan Pembahasan Jurnaal
1	EFEK PENENMPATAN PANEL SURYA TERHADAP PRODUKSI ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA CIRATA 1 MW	(Wibowo, Rokhmat and Aripriantoni, 2019)	Energi alternatif selalu bertumbuh dengan pesat dikarenakan pertumbuhan dan permintaan energi didunia terus berkembang. Dengan kebutuhan energi yang semakin meningkat bahan fosil lama kelamaan akan meniois dan habis, maka untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu memanfaatkan energi terbarukan, salah satunya adalah energi matahari yang dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya (<i>solar photovoltaic panel</i>). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Cirata merupakan pembangkit listrik terbesar dipulau Jawa dengan kapasitas 1 MWp, dengan luas kurang lebih 1 hektar. Panel surya yang digunakan yaitu jenis <i>thin film</i> dengan tipe CIS (<i>Copper Indium Selenium</i>). Ada tiga penempatan instalasi panel surya di PLTS Cirata yautu sistem di atas tanah (<i>ground mounted</i>), <i>rooptop</i> dan <i>parking shade</i> dipasang menghadap kearah terbit matahari dengan intensitas data sudut kemiringan 10° dari atas tanah. Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data produksi harian dengan intensitas data base per-30 menit, data iradiasi, data temperature panel surya serta faktor lingkungan. Sehingga didapatkan hasil perbandingan produksi energi panel surya dengan kapasitas masing-masing

			percobaan sebesar 20kW, terjadi perbedaan output produksi yaitu energi matahari sebesar 87,9 kWh pada <i>ground mounted</i> , 83,81 kWh pada <i>parkingshade</i> , dan 81,39 kWh pada <i>rooftop</i> .
2	PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA <i>OFF-GRID</i> SEBAGAI SUPlai DAYA LISTRIK PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PAMULANG	(Herliyanso and Rozak, 2023)	Kebutuhan energi yang begitu tinggi pada suatu gedung Pendidikan saat ini bersumber dari Perusahaan listrik negara (PLN) dengan sumber bahan bakar fosil berdampak terhadap peningkatan biaya listrik. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) <i>off-grid</i> sebagai Solusi dalam menekan biaya listrik serta pengurangi polusi dengan penerapan PLTS <i>off-grid</i> sebagai sumber utama perpustakaan Universitas Pamulang. Metode desain Teknik menggunakan simulasi PVSyst, menghitung ekonomi dengan homer serta menganalisa aliran daya menggunakan ETAP. Simulasi PVSyst menghasilkan energi 4,045,2 kWh/tahun dengan <i>performance ratio</i> 111,5%, simulasi <i>Homer</i> mendapatkan nilai NPV Rp. 5,615,443,996 COE Rp. 2,316.83/kWh, B-CR 39,25, LCC Rp. 639,942,945, CRF 0.0837 dan simulasi aliran daya pada <i>ETAP</i> didapatkan daya 3 kVA dengan arus sebesar 6.9 A. Dari ketiga hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa PLTS <i>off-grid</i> layak untuk implementasikan karena secara teknis sistem dapat memenuhi kebutuhan daya beban dan secara ekonomi memenuhi nilai dari NPV dan BCR.
3	KAJIAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID	(Kanata, 2015)	Krisis energi khususnya energi fosil seperti minyak bumi dan permasalahan dampak

	RENEWABLE ENERGI MENUJU DESA MANDIRI ENERGI DI KABUPATEN BONE-BOLANGO		<p>lingkungan yang di akibatkan oleh pemakaian energi yang tidak ramah lingkungan mendorong dunia dan pemerintah Indonesia untuk mempercepat pemanfaatan energi terbarukan seperti energi air, energi angin, energi matahari (surya), dan lain-lainnya. Salah satu cara pemerintah untuk mempercepat pemanfaatan energi terbarukan adalah melaksanakan program Desa Mandiri Energi (DME). <i>Hybrid Optimization Model For Electric Renewables</i> (HOMER) berfungsi untuk mendesain sistem micropower dan untuk memfalisitasi perbandingan teknologi pembangkit tenaga listrik. Peneliti dapat memodelkan sistem tenaga berdasarkan perilaku secara fisik dan biaya secara keseluruhan, dimana perubahan total biaya pemasangan dan operasi dari sistem selama sistem tersebut beroperasi. HOMER memperoleh pemodel untuk membandingkan berbagai macam bentuk desain sistem secara teknis dan ekonomi. Penelitian ini dilakukan di Desa Lombongo, Kecamatan Suwawa, Kabupaten Bone-Bolango Gorontalo. Hasil nilai ekonomis paling menguntungkan jika dioperasikan selama 25 tahun dengan nilai <i>Net Present Cost</i> (NPC) yaitu US\$-369.087,00 dengan <i>level Cost Of Energi</i> (LCOE) sebesar -0,106 US\$/kWh.</p>
4	STANDALONE PHOTOVOLTAIC SYSTEM COST OPTIMIZATION	(Aprillia <i>et al.</i> , 2020)	Listrik sangat terbatas di desa Matantimali yang letaknya di lereng Gawalise, Kecamatan marawola, kabupaten Sigi,

	FOR MATANTIMALI VILLAGE CENTRAL SULAWESI	Provinsi Sulawesi Tengah. Di Desa ini, Perusahaan listrik negara (PLN) hanya dapat menyediakan listrik pada siang hari mulai pukul 06.00 hingga 18.00. pada malam hari, generator diesel menjadi sumber energi utama desa penyediaan energi listrik mulai pukul 18.00 hingga 06.00. namun penggunaan genset berbahan bakar diesel bertentangan dengan komitmen pemerintah untuk menghasilkan energi ramah lingkungan generasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan harga sistem tenaga surya <i>off-grid</i> yang akan diterapkan di Desa Matantimali sebagai potensi pengganti energi listrik berbasis diesel yang ada. Kami menemukan dalam penelitian ini bahwa 11 unit PV dengan daya total sebesar 3.686 Wp, dua inventer bertenaga 2400 W, dan penutup baterai 16 unit diperlukan spesifikasi daya optimal beban 1300 VA. Sistem instalasi panel surya <i>off-grid</i> menciptakan penghematan biaya tahunan sebesar Rp. 3.543,397 dibandingkan penggunaan listrik konvensional menggunakan genset diesel dan PLN.
--	--	---

Penelitian terkait membantu menganalisis, menambah pembahasan dan membedakan penelitian tersebut dengan penelitian saat ini yang sedang dilakukan. Dalam penelitian ini, digunakan empat jurnal nasional yang berkaitan dengan gagasan Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS), di antaranya sebagai berikut :

- a. Penelitian pada tabel 2.1 poin 1 untuk mengetahui tolak ukur pada metode pengukuran lapangan untuk mengumpulkan data langsung tentang produksi energi dari panel surya yang ditempatkan di pembangkit listrik tenaga surya Cirata, serta menganalisis data historis untuk membandingkan produksi energi sebelum dan sesudah penempatan panel surya. Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan simulasi komputer untuk memodelkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS) Cirata dengan dan tanpa panel surya tambahan, dengan tujuan memprediksi dampak penempatan panel surya terhadap produksi energi secara lebih rinci.
- b. Penelitian pada tabel 2.1 poin 1 untuk mengetahui tolak ukur pada penelitian yang digunakan sebagai suplay daya listrik Perpustakaan Universitas pamulang meliputi analisis kebutuhan energi listrik perpustakaan identifikasi lokasi yang optimal untuk pemasangan panel surya dan penyimpanan energi.
- c. Penelitian pada tabel 2.1 poin 1 untuk mengetahui tolak ukur dalam penelitian ini kajian ekonomis pembangkit listrik *hybrid renewable energy* menuju desa mandiri energi mencakup analisis kebutuhan energi di desa, identifikasi sumber daya energi terbaruka yang tersedia, seperti matahari dan angin, pemetaan lokasi yang optimal untuk pemasangan pembangkit listrik *hybrid*, perhitungan biaya investasi awal, operasional dan pemeliharaan, serta kelayakan ekonomi dengan mempertimbangkan faktor seperti penghematan biaya operasional.