

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Energi Listrik

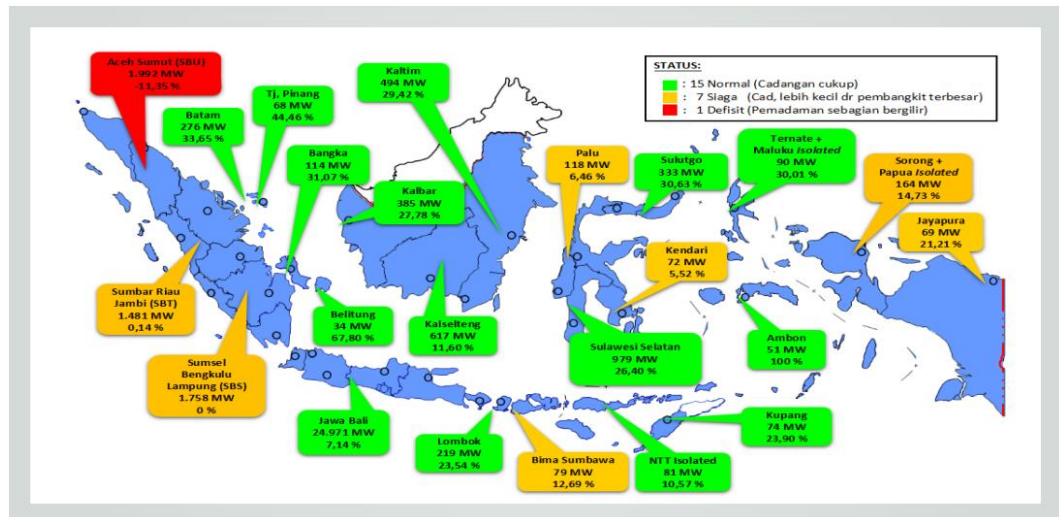
Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang berasal dari sumber arus yang biasanya dinyatakan dalam *Watt hour*. Energi yang digunakan oleh peralatan listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) selama peralatan tersebut digunakan (Suryaningsih et al., 2016).

Konsumsi energi listrik di Indonesia semakin meningkat dengan seiring bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi serta penggunaan sarana kehidupan yang membutuhkan energi listrik. Permintaan listrik yang tidak diimbangi oleh pasokan listrik yang memadai akan berdampak pada kurangnya pasokan listrik. Hal ini tentunya akan mengganggu aktivitas perekonomian dikarenakan kebutuhan listrik di berbagai sektor pengguna tidak dapat tercukupi secara optimal (Mulyani & Hartono, 2018).

Pemadaman sumber listrik di Indonesia masih sering banyak ditemui, ini disebabkan adanya defisit daya, pemadaman ini mempunyai frekuensi yang cukup tinggi. Jumlah kali pemadaman listrik dalam sebulan merupakan salah satu indikator kualitas pasokan listrik. Jika jumlah kali pemadaman listrik lebih dari standar yang ditetapkan, maka kualitas pasokan listrik perlu ditingkatkan. Konsumen juga berhak mendapatkan kompensasi

Kualitas tegangan pun menjadi salah satu indikator terkait pasokan listrik. Tegangan listrik yang kurang atau tidak stabil merupakan masalah yang sering ditemui oleh konsumen. Tegangan listrik yang naik turun dapat menyebabkan

peralatan elektronik rusak, baterai lebih lama dalam pengisiannya dan tagihan listrik yang membengkak.



Gambar 2. 1 Kondisi kelistrikan nasional berdasarkan cadangan sistem operasi – status 16 Mei 2017 (KESDM, 2017)

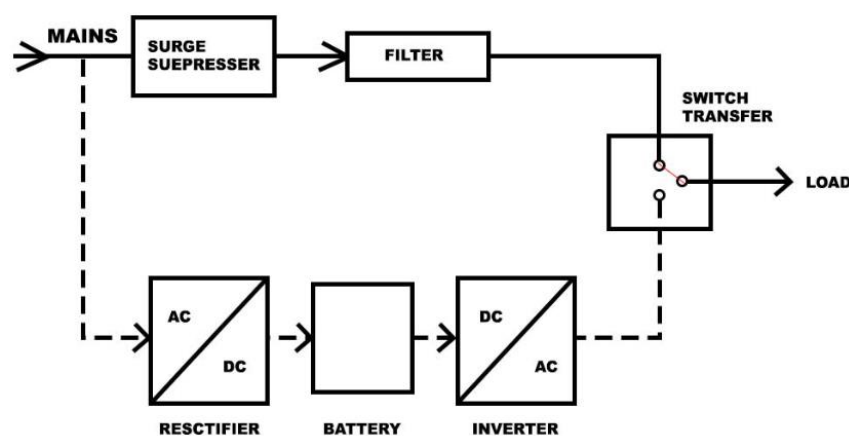
Seperti pada gambar 2.1 memperlihatkan kualitas energi listrik di seluruh Indonesia, penyebaran kualitas energi listrik tidak merata dikarenakan kurangnya pemantauan kualitas pasokan listrik. Masih banyak daerah yang memiliki frekuensi dan durasi pemadaman listrik yang tinggi dan itu menyebabkan kenaikan daya listrik.

2.2 *Uninterruptible Power Supply*

Uninterruptible Power Supply merupakan salah satu alat yang digunakan untuk melindungi perangkat atau alat elektronik yang vital dari gangguan listrik, alat ini pun berfungsi sebagai stabilizer untuk menjaga stabilitas daya listrik dan juga sebagai sumber daya cadangan apabila terjadi pemadaman listrik dari sumber listrik utama. Sebagai sebuah sistem, UPS memiliki cara kerja tersendiri. Berdasarkan kepekaan tegangan. UPS mulai bekerja dengan mencari dan

menemukan penyimpanan yang ada pada jalur tegangan misalnya kenaikan tajam, gelombang, kerendahan, serta penyimpanan yang disebabkan oleh pemakaian pembangkit listrik yang murah. Karena listrik yang tidak stabil atau bahkan gagal, maka UPS akan berpindah ke operasi *on battery*. Hal ini sebagai reaksi UPS untuk melindungi bebannya (Awan Setiawan et al., 2022).

Uninterruptible Power Supply adalah salah satu cara dari seorang arsitektur jaringan untuk menjaga keamanan di sisi *availability*. UPS sendiri merupakan singkatan dari kata *Uninterruptible Power Supply* yang artinya adalah sebuah alat elektronik yang fungsi utamanya adalah sebagai penyedia listrik cadangan pada komputer, Data Center, dan hal-hal penting lain (Subianto, 2021). Pada sistem kerjanya UPS akan hidup atau aktif saat listrik utama terputus pada beban-beban yang sedang digunakan, baterai UPS akan menggantikan listrik atau catu daya utama untuk memasok daya ke beban. Saat keadaan ini, inverter akan mengubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC, selanjutnya tegangan AC tersebut akan melewati filter inverter untuk menghilangkan gangguan frekuensi tinggi, sehingga menghasilkan tegangan AC yang diinginkan.



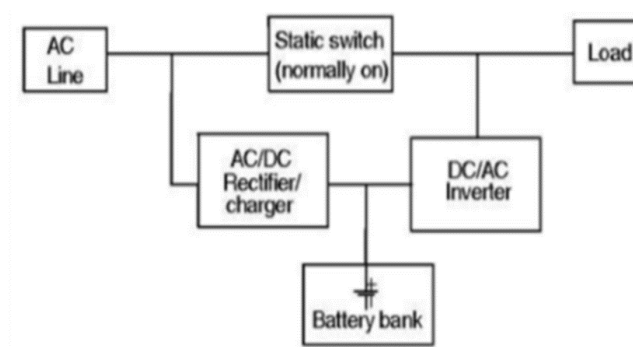
Gambar 2. 2 Topologi *Uninterruptible Power Supply* (Subianto, 2021)

2.3 Jenis-Jenis *Uninterruptible Power Supply*

UPS dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu UPS Rotary dan UPS Static. UPS Static merupakan jenis UPS yang paling umum digunakan karena efisiensi, keandalan dan distorsi harmonik total (THD) yang lebih unggul dari pada UPS Rotary. Pada UPS Static dibagi kembali menjadi tiga jenis yaitu *Standby UPS*, *Line Interactive UPS*, dan *Double Convension Online UPS*.

2.3.1 *Standby UPS*

Standby UPS merupakan jenis UPS yang paling sering atau umum digunakan berfungsi untuk membackup komputer atau desktop. Sistem UPS ini menggunakan sakelar perpindahan (*static switch*) diatur untuk memilih masukan AC yang telah difilter sebagai sumber daya utama. Saat sumber daya utama (PLN) menghadapi kegagalan atau padam, *static switch* secara otomatis beralih ke baterai atau inverter sebagai sumber daya cadangan.



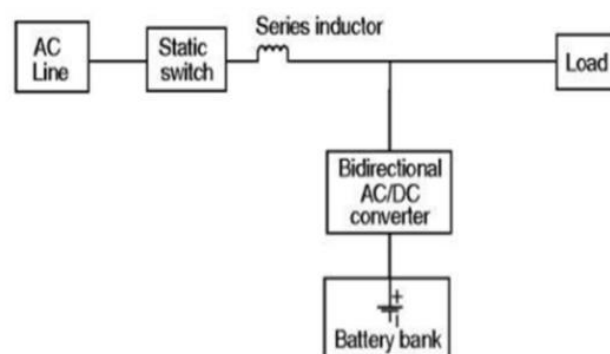
Gambar 2. 3 Blok diagram *Standby UPS* (Vieky K. Najosan, 2017)

2.3.2 *Line Interactive UPS*

UPS *Line-interactive* merupakan UPS multifungsi yang mana dapat beroperasi sebagai mode *on-line* UPS maupun mode *off-line* UPS. Dalam mode *off-*

line, UPS *Line-interactive* tidak memerlukan induktor seri. Namun, sebagian besar UPS *Line-interactive* beroperasi dalam mode konversi ganda untuk meningkatkan faktor daya beban atau mengatur tegangan keluaran beban.

Cara kerja *Line Interactive* UPS adalah saat sumber daya utama PLN terhubung, inverter mengisi baterai atau *charging*. Ketika sumber utama PLN padam, saklar statis terbuka, dan daya berasal dari baterai ke keluaran UPS. Dengan inverter yang tetap terhubung ke keluaran, jenis ini menyediakan filter tambahan untuk sisi masukan dan menghasilkan waktu transfer yang lebih cepat dibandingkan *Standby* UPS.

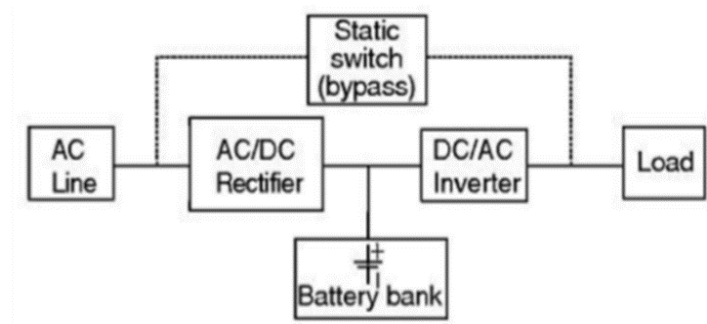


Gambar 2. 4 Blok diagram *Line Interactive* UPS (Vieky K. Najoran, 2017)

2.3.3 *Double Convension* UPS

Double Convension Online UPS terdiri dari empat komponen utama, yaitu *rectifier* atau penyearah, *battery bank*, inverter dan saklar *static (bypass)*. UPS *On-lisering* disebut UPS konversi ganda terlihat pada gambar 2.4 penyearah atau pengisi daya secara terus-menerus mensuplai *battery bank*, yang kemudian masuk ke inverter dan mensuplai beban.

Daya yang dibutuhkan untuk menjalankan beban sama dengan daya yang dibutuhkan untuk mengisi daya baterai. Saklar statis menyediakan jalur alternatif dari sumber jika sumber utama mengalami malfungsi atau beban berlebih.



Gambar 2. 5 Blok diagram *Double Convension Online* UPS (Vieky K. Najooan, 2017)

2.4 Komponen-Komponen *Uninterruptible Power Supply*

Secara umum UPS terdiri dari tiga komponen utama yaitu rectifier, battery dan inverter. Prinsip kerja UPS secara umum meliputi dua mode, yaitu mode normal dan mode standby. Dalam mode normal, penyearah memperbaiki tegangan AC menjadi tegangan DC, yang digunakan untuk mengisi baterai dan pertama tama memberi daya beban melalui inverter (Gillbert & Hidayat, 2022).

2.4.1 *Rectifier – Charger*

Rectifier merupakan rangkaian yang berfungsi untuk penyearah dan pengisian baterai. Rangkaian ini menyuplai daya yang dibutuhkan oleh inverter dan pada saat kondisi beban penuh makan *rectifier* dapat mempertahankan muatan di dalam baterai.

Dalam sebuah perancangan UPS yang memenuhi standar *National Electical Manufacturer Association* NEMA dianggap baik jika mampu memberikan 100% daya listrik penuh secara terus menerus dan 2 jam pada beban 125% daya penuh

tanpa mengalami kerusakan. Baterai masih dapat dianggap layak pakai jika masih mampu memberikan daya listrik penuh selama 1 jam setelah diisi selama 8 jam.

2.4.2 Baterai

Baterai (Akumulator) adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Baterai (Akumulator yang kemudian disebut aki) digunakan sebagai sumber daya untuk seluruh sistem kelistrikan pada suatu peralatan listrik, dan juga digunakan sebagai penyimpan energi listrik saat terjadi proses pengisian (Warjono, 2015). Karena PLTS sangat bergantung pada jumlah energi matahari yang diterima oleh panel surya, diperlukan penyimpanan energi sementara ketika panel tidak menerima cukup sinar matahari atau untuk penggunaan listrik di malam hari. Baterai harus ada dalam sistem PLTS untuk menyimpan energi yang diperoleh, sehingga terjadi proses *charge* dan *discharge* energi ke beban.

Baterai berfungsi sebagai sumber energi listrik cadangan, energi listrik tersebut dapat mengalir dalam bentuk arus searah (DC). Ketika merancang kapasitas baterai yang diperlukan, perlu memperhitungkan efisiensi baterai dan kapasitas efektif baterai yang tersedia. Untuk menentukan ukuran baterai yang akan dipakai, perlu perhitungan perkiraan beban (E_{est}) berdasarkan waktu penggunaan UPS tersebut dengan menggunakan persamaan (2.1)

$$E_{est} = E_d \times D_{aut} \quad (2.1)$$

Keterangan

E_{est} : Estimasi energi yang diperlukan (Wh)

E_d : Daya yang dibutuhkan beban (W)

D_{aut} : Durasi waktu kebutuhan energi (h)

Untuk menentukan mengetahui penyimpanan energi yang aman (E_{safe}) dihitung dengan membagi estimasi penyimpanan energi dengan DOD (*Depth of Discharge*) menggunakan persamaan (2.2)

$$E_{safe} = \frac{E_{est}}{D_{disch}} \quad (2.2)$$

Keterangan

E_{safe} : Penyimpanan energi yang aman (Wh)

E_{est} : Estimasi energi yang diperlukan (Wh)

D_{disch} : DOD (*Dept of Discharge*)

Kemudian untuk mencari total kapasitas baterai dalam ampere-jam (Ah) (C_{tb}) diperoleh dengan membagi rata-rata penyimpanan energi dengan tegangan baterai yang digunakan (V_b) dapat menggunakan persamaan (2.3)

$$C_{tb} = \frac{E_{safe}}{V_b} \quad (2.3)$$

Keterangan

C_{tb} : Total kapasitas baterai (Ah)

E_{safe} : Penyimpanan energi yang aman (Wh)

V_b : Tegangan baterai (V)

Untuk menentukan jumlah total baterai (N_b) dapat diperoleh dengan membagi total kapasitas baterai dalam Ah dengan kapasitas salah satu baterai yang digunakan dalam Ah (C_b) menggunakan persamaan (2.4)

$$N_{tb} = \frac{C_{tb}}{C_b} \quad (2.4)$$

Keterangan

N_{tb} : Jumlah baterai yang dibutuhkan

C_{tb} : Total kapasitas baterai (Ah)

C_b : Kapasitas masing-masing baterai yang digunakan (Ah)

Pada jumlah baterai yang diserikan (N_{sb}) dapat ditentukan dengan membagi tegangan rata-rata DC dari baterai tersebut dengan menggunakan persamaan (2.5)

$$N_{sb} = \frac{V_{dc}}{V_b} \quad (2.5)$$

Keterangan

N_{sb} : Jumlah string baterai yang diperlukan

V_{dc} : Tegangan total sistem (V)

V_b : Tegangan dari masing-masing baterai (V)

Kemudian untuk menentukan jumlah baterai yang disusun secara paralel dapat dilakukan dengan membagi total baterai dengan jumlah baterai secara seri menggunakan persamaan (2.6)

$$N_{pb} = \frac{N_b}{N_{sb}} \quad (2.6)$$

Keterangan

N_{pb} : Jumlah baterai paralel yang diperlukan

N_b : Jumlah total baterai yang diperlukan

N_{sb} : Jumlah string baterai yang diperlukan

2.4.3 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronik yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Ada beberapa cara untuk membuat inverter

menghasilkan sinyal sinusoidal, salah satunya yaitu dengan mengatur sudut penyalan inverter. Inverter sederhana menghasilkan tegangan tinggi dengan kapasitas yang cukup besar. Kualitas inverter merupakan sebuah penentu dari kualitas daya yang akan dihasilkan oleh suatu sistem UPS. Inverter berfungsi sebagai pengubah tegangan DC dari rangkaian *rectifier-charger* menjadi tegangan AC yang berupa sinyal sinus setelah melewati pembentukan gelombang dan rangkaian filter. Tegangan output yang dihasilkan harus stabil baik amplitudo tegangan maupun frekuensinya, distorsi yang rendah, tidak terdapat tegangan transien (Hammam & Feriansah, 2020).

2.5 Energi Baru Terbarukan

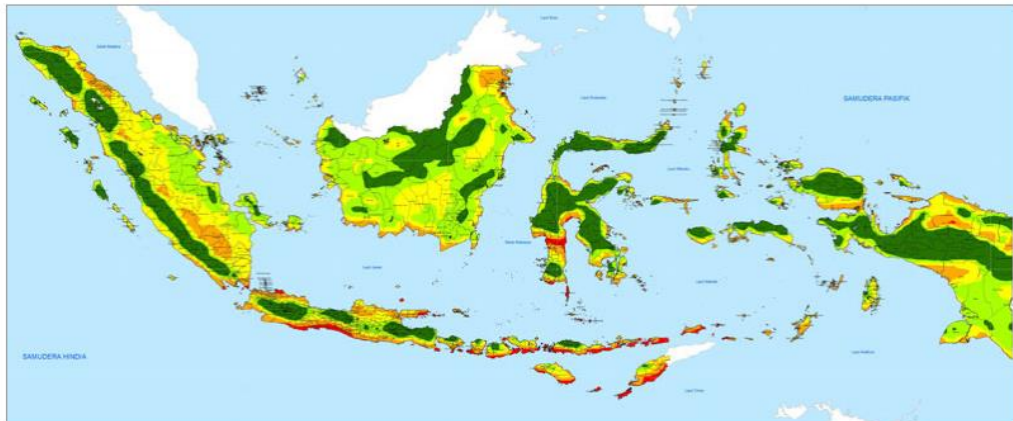
Potensi energi terbarukan seperti tenaga air, panas bumi, angin, surya, samudera, maupun biomassa jumlahnya cukup memadai namun tersebar. Berdasarkan data KESDM (2013), cadangan panas bumi Indonesia sebesar 16.484 MW dari potensi sekitar 28.617 MW, sementara itu potensi biomassa untuk kelistrikan mencapai 49.8 GWe, potensi tenaga surya mencapai 12.1 MWe. Potensi tenaga air yang dimiliki Indonesia sebesar 500 MWe (Caraka, 2017). Oleh karena itu, harus ada pemanfaatan serta pengembangan terkait sumber daya energi baru terbarukan sebaik-baiknya. Seperti dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik untuk menyuplai kebutuhan Masyarakat.

Pemanfaatan energi terbarukan diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yang kita kenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga

Surya (PLTS) (Syukri, 2010). Jika dimanfaatkan dengan benar energi surya diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan konsumsi energi global. Energi surya memiliki keuntungan diantaranya yaitu dapat digunakan secara gratis dari alam dan bebas CO₂, sehingga terbilang ramah lingkungan. Dengan kondisi iklim ntropis yang menerima sinar matahari sepanjang tahun, Indonesia juga memiliki potensi besar untuk menghasilkan energi surya yang signifikan.

2.6 Potensi Energi Matahari

Matahari merupakan sumber utama panas dan cahaya di bumi. Pada lapisan atmosfer terluar radiasi matahari rata-rata sebesar 1.373 watt/m². Sedangkan daya maksimum sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi sebesar 1.000 W/m² secara langsung. Angka ini merupakan jumlah energi aktual yang mencapai permukaan bumi. Di permukaan total radiasi global yang diterima oleh berbagai benda merupakan jumlah komponen difusi langsung yang disebut sebagai insolasi (Liun, 2011). Intensitas radiasi matahari yaitu jumlah energi yang diterima per unit area dan waktu. Pengukuran ini mencakup durasi penyinaran matahari dalam sehari. Selain itu, jumlah energi radiasi yang mencapai permukaan bumi dipengaruhi oleh lingkungan, ketebalan awan, topografi, dan waktu. Keberadaan awan di atmosfer dapat mempengaruhi penyerapan radiasi matahari di permukaan bumi, bervariasi dari 40% di daerah lembab dengan banyak awan hingga 80% di daerah gersang.



Gambar 2. 6 Potensi Energi Surya di Indonesia (KESDM, 2017)

Terlihat pada gambar 2.6 potensi energi surya di Indonesia mencapai 207,8 Gigawatt (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019) dengan penjabaran distribusi penyinaran untuk kawasan barat Indonesia sebesar $4.5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$, variasi bulanan sekitar 10%, kawasan timur Indonesia sebesar $5.1 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$, variasi bulanan sekitar 9%, sehingga rata-rata (*mean*) di Indonesia sebesar $4.8 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$, variasi bulanan sekitar 9%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa Indonesia disinari oleh radiasi surya hampir merata di sepanjang tahunnya dan kawasan timur Indonesia memiliki potensi penyinaran lebih baik dari pada kawasan barat Indonesia.

Intensitas radiasi matahari adalah jumlah energi yang diterima dari permukaan per area dan waktu. Dengan adanya satuan waktu yang berarti dalam pengukuran ini juga termasuk waktu penyinaran atau lama waktu penyinaran matahari dalam satu hari. Selain itu, jumlah energi radiasi di permukaan bumi bergantung pada lingkungan, ketebalan awan, topografi, dan waktu. Untuk mengetahui perkiraan tingkat suhu harian (T_{sh}) dapat dihitung dengan persamaan (2.7)

$$Tsh = \frac{G_h}{1000 \left[\frac{W}{m^2} \right] \times 365 \text{ hari}} \quad (2.7)$$

Keterangan

G_h : *Global Horizontal* $\left[\frac{W}{m^2} \right]$

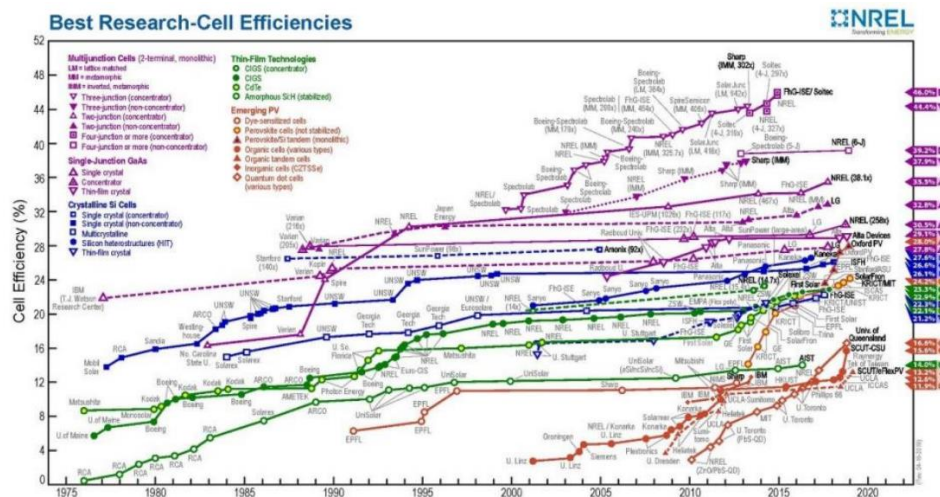
2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (fotovoltaik) untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, atau bahan semikonduktor lainnya, yang kemudian tersusun menjadi modul surya (Setiawan et al., 2014). Pembangkit Listrik Tenaga Surya menggunakan energi cahaya untuk menghasilkan listrik DC serta dapat diubah menjadi listrik AC jika diperlukan.

Sistem PLTS terbagi pada beberapa jenis yaitu sistem PLTS *off-grid* (tidak terhubung jaringan), sistem PLTS *on-grid* (terhubung jaringan), dan sistem PLTS Hybrid (penggabungan dengan pembangkit listrik jenis lain). Secara umum PLTS terdiri dari beberapa komponen utama yaitu PV generator atau sel surya yang merupakan kumpulan modul surya pada sistem penyangga, inverter yang berfungsi untuk mengubah arus listrik DC menjadi arus AC baik sistem satu fasa maupun tiga fasa untuk kapasitas besar, charger controller dan baterai untuk sistem penyimpanan energi listrik dari PLTS tersebut. Namun tergantung pada jenis PLTS yang dipakai

karena seperti sistem PLTS jenis PLTS *off-grid* dan *hybrid* memerlukan tambahan komponen seperti baterai dan *solar charge control*.

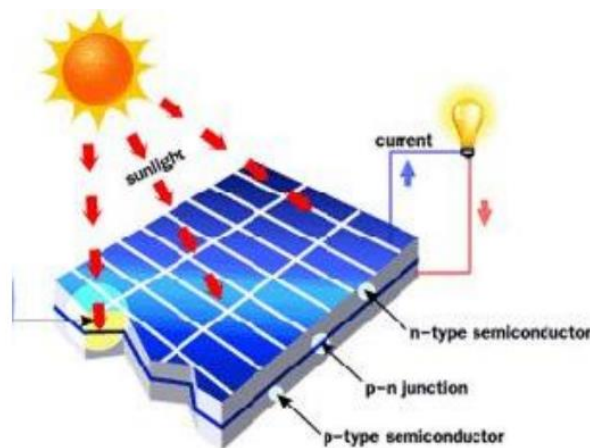
Pada saat ini perkembangan PV sangat meningkat karena segi efisiensinya, dan dilihat dari tingginya permintaan konsumen terhadap sistem tenaga surya. perkembangan studi PV (1975–2020) dari *National Renewable Energy Laboratory* (NREL). Evolusi PV sejak tahun 1975 telah mengalami kemajuan yang signifikan. Dimulai dengan PV tipe film tipis dengan efisiensi kurang dari 10%, kemudian berlanjut ke PV tipe Sel Kristal Si yang dimulai dengan efisiensi sekitar 15% (1977), dan kemudian Sel PV tipe multifungsi yang dimulai dengan efisiensi sekitar 16% (1983), PV yang sedang berkembang dimulai pada efisiensi 5% (1991). Kemudian pada tahun 2015, seluruh jenis PV mengalami peningkatan efisiensi. PV tipe sel multijunction khususnya (konsentrator tiga persimpangan) mencapai 46% (Hiron et al., 2021).



Gambar 2. 7 Perkembangan Efisiensi PV dari tahun 1975 sampai 2020 (Hiron et al., 2021).

2.8 Panel Surya

Panel surya merupakan kumpulan sel surya yang dirancang untuk menyerap sinar matahari secara efisien. Komponen sel surya bertanggung jawab untuk mengubah sinar matahari menjadi listrik. Sel surya sendiri terdiri dari berbagai komponen yang disebut fotovoltaiik, yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik. Komponen-komponen ini biasanya terdiri dari lapisan silikon semikonduktor, lapisan logam, lapisan anti-reflektif, dan strip konduktor logam. Sel surya atau sel *photovoltaic* yaitu perangkat yang mengkonversikan radiasi matahari menjadi energi listrik.



Gambar 2. 8 Prinsip Kerja Sel Surya (Julisman et al., 2017)

Pada ilustrasi gambar 2.8 menunjukkan prinsip kerja atau cara kerja panel surya dengan prinsip *p-n junction*. Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole*

tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor (Julisman et al., 2017).

Ilustrasi tersebut menggambarkan persimpangan antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Persimpangan ini disebut *junction* p-n. *Junction* p-n berfungsi untuk membentuk medan listrik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disatukan, maka kelebihan elektron pada semikonduktor tipe-n akan bergerak ke semikonduktor tipe-p. Perpindahan elektron ini akan membentuk medan listrik di sekitar *junction* p-n. Medan listrik ini akan menarik elektron dari semikonduktor tipe-n dan *hole* dari semikonduktor tipe-p. Elektron dan *hole* yang tertarik oleh medan listrik ini dapat diekstrak oleh material kontak. Ekstraksi elektron dan *hole* ini akan menghasilkan arus listrik. *Junction* p-n adalah komponen dasar dari berbagai perangkat elektronik, seperti dioda, transistor, dan sel surya.

Kebutuhan kapasitas PV dapat dihitung dengan menentukan kebutuhan energi total baterai dan T_{sh} pada wilayah yang akan menjadi objek penelitian dengan menggunakan persamaan (2.8)

$$C_{PV} = \frac{E_{tb}}{T_{sh} \times efficiency\ system} \quad (2.8)$$

Keterangan

C_{PV} : Capacity PV (kWp)

E_{tb} : Total Battery Energy (Wh)

T_{sh} : Total Sun Hour (h)

Eff_{modul} : *Efficiency System*

Setelah mengetahui kebutuhan kapasitas panel, maka dapat ditentukan jumlah panel yang akan digunakan dengan spesifikasi panel. Untuk mengetahui hal tersebut dapat menggunakan persamaan (2.9)

$$\eta_m = \frac{C_{PV}}{C_m} \quad (2.9)$$

Keterangan

η_m : Jumlah modul

C_{PV} : *Capacity PV (kWp)*

C_m : *Capcity Modul Spesification*

Kemudian dapat menentukan jumlah panel seri yang akan digunakan dengan cara membagi tegangan VDC pada sistem SCC dengan tegangan panel yang terdapat pada spesifikasi panel surya seperti dinyatakan pada persamaan (2.10)

$$\eta_{sm} = \frac{V_{dc}}{V_{mp}} \quad (2.10)$$

Keterangan

η_{sm} : Jumlah modul seri

V_{dc} : Tegangan total DC (V)

V_{mp} : *Voltage at Maximum Power (V)*

Selanjutnya dapat menentukan jumlah panel paralel yang akan digunakan dengan cara membagi jumlah modul yang akan digunakan dan jumlah panel yang diserikan dengan menggunakan persamaan (2.11)

$$\eta_{pm} = \frac{\eta_m}{\eta_{sm}} \quad (2.11)$$

Keterangan

η_{pm} : Jumlah modul paralel

η_m : Jumlah modul

η_{sm} : Jumlah modul seri

Pada perancangan sistem PLTS, tegangan total ditentukan berdasarkan konfigurasi sambungan panel surya. Pada sambungan seri, tegangan total merupakan hasil penjumlahan tegangan maksimum daya (V_{mp}) dari setiap panel dalam rangkaian dengan menggunakan persamaan (2.12)

$$V_{maks} = V_{mp} \times \eta_{sm} \quad (2.12)$$

Keterangan

V_{maks} : Tegangan total sistem (V)

V_{mp} : *Voltage at Maximum Power* (V)

η_{sm} : Jumlah modul seri

Dalam konfigurasi paralel, arus total adalah hasil penjumlahan arus dari setiap rangkaian seri. Berdasarkan spesifikasi panel, arus maksimum daya (I_{mp}) satu panel dengan menggunakan persamaan (2.13)

$$I_{maks} = I_{mp} \times \eta_{pm} \quad (2.13)$$

Keterangan

I_{maks} : Arus total sistem (A)

I_{mp} : *Current at Maximum Power* (A)

η_{pm} : Jumlah modul paralel

Daya total (P_{maks}) dari sistem PLTS dihitung berdasarkan tegangan total dan arus total yang dihasilkan oleh konfigurasi panel surya dengan menggunakan persamaan (2.14)

$$P_{maks} = V_{maks} \times I_{maks} \quad (2.14)$$

Keterangan

P_{maks} : Daya total sistem

V_{maks} : Tegangan total sistem

I_{maks} : Arus total sistem

2.9 *Solar Charger Control*

Solar Charging Control (SCC) merupakan alat yang berfungsi sebagai pengatur besarnya arus listrik yang dihasilkan oleh modul panel surya agar penyimpanan ke baterai sesuai dengan kapasitas yang dirancang. Tegangan yang dihasilkan panel surya biasanya berbeda atau bervariasi bagaimana sistem yang telah dirancang, tetapi umumnya tegangan panel surya itu 12 volt ke atas. Alat kontroler ini berfungsi sebagai alat pengatur tegangan baterai/aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya (Sulistiyanto et al., 2021).

2.10 Penelitian Terkait

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

Identifikasi Penelitian	Judul	Permasalahan	Hasil
Try Edo Saputra, Yosi Apriani, Muhammad Huraiah Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang	UPS <i>Uninterruptible Power Supply</i>) 1000 Watt Berbasis Panel Surya	Mengantisipasi pemadaman listrik bergilir oleh daya cadangan untuk menjaga pasokan energi listrik menjadi stabil dengan menggunakan sistem UPS (<i>Uninterruptible Power Supply</i>).	Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukan sumber PLN didapatkan nilai tegangan <220V mengakibatkan nilai tegangan tidak stabil dikarenakan padatnya penduduk, banyaknya pemakaian listrik di lingkungan penduduk dan jauhnya lokasi pengujian dari trafo distribusi. Dari ketiga hal tersebut bisa mengakibatkan tegangan dari PLN kurang baik sehingga didapatkan nilai tegangan yang tidak stabil.
N. Sivaskar Sarjana Peneliti Asisten Institut Teknologi dan Sains Hondustan Chennai India	<i>Integration of Solar Power System with Existing UPS Battery Pair: A Case Study in an Educational Institution</i>	Penelitian ini mengeksplorasi pembangkit listrik tenaga surya – <i>off grid online</i> ke ruang server Pusat Komputer – I disebut Lembaga Pendidikan.	Panel PV Surya bersama dengan kotak penggabung pengontrol muatan MPPT telah diintegrasikan dengan pemasangan UPS – Baterai yang ada. 10 KVA dari UPS – Baterai dan Panel PV menghasilkan 9 KW.
Subianto Jurusan Teknik Elektro Universitas Palembang	Analisis Penggunaan <i>Uninterruptible Power Supply</i> (UPS) Terhadap Pembebanan Daya Stasiun Relay	Untuk mengantisipasi mati listrik menggunakan <i>Uninterruptible Power Supply</i> (UPS) yang dapat membuat server-server dan transmitter	Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa UPS load di Stasiun Relay Rajawali Televisi Palembang sebesar 35,9% (terpakai 25,128 kVA dari 70 kVA), hal ini berarti masih dapat dilakukan penambahan beban/server yang lebih banyak lagi.

Identifikasi Penelitian	Judul	Permasalahan	Hasil
	Rajawali Televisi Palembang	di Stasiun Relay Rajawali Televisi Palembang untuk tetap hidup selama beberapa waktu saat terjadi listrik mati sampai akhirnya listrik di- <i>supply</i> oleh generator set (genset) atau sampai akhirnya listrik hidup normal kembali (atau di- <i>supply</i> oleh PG&T)	UPS rating di Stasiun Relay Rajawali Televisi Palembang memiliki daya yang lebih besar dari UPS rating ideal (oversizing UPS). Ini dilakukan untuk mendapatkan runtime yang lebih lama dan jika ada penambahan server.
Mukhamad Khumaidi Usman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tegal	Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya	Membahas tentang simulasi sel surya dengan menggunakan Solar Emulator, sel surya jenis <i>polycrystalline</i> dengan daya keluaran maksimal 10 WP dan penelitian ini juga memiliki tujuan untuk mendapatkan pengaruh intensitas cahaya terhadap hasil energi listrik.	Hasil pengujian panel surya 10 Wp terhadap intensitas cahaya matahari menunjukkan bahwa pada intensitas cahaya 6900 lux menghasilkan tegangan sebesar 17,7 volt dan arus sebesar 0,02 ampere, pada intensitas cahaya 121.100 lux menghasilkan tegangan sebesar 20,2 volt dan arus sebesar 0,53 ampere. Artinya bahwa semakin besar intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya maka semakin besar pula arus dan tegangan yang dihasilkan.
M Hammam, Arid Feriansah Jurusan Teknik Elektronika Universitas Muhammadiyah	Rancang Bangun <i>Uninterruptible Power Supply</i> (UPS) Berkapasitas Daya 1500 Watt Dengan Sistem <i>Soft Start</i> Studi Kasus: Laboratorium	Tegangan tidak stabil atau sering naik turun dalam jangka waktu panjang dan sering terjadi maka akan fatal akibatnya. Dengan permasalahan tersebut maka diperlukan suatu alat yang	Hasil penelitian dengan adanya UPS dengan daya 1500watt ini dapat membackup lebih lama. Salah satunya laboratorium sistem kelistrikan di PT SMSI yang bergerak di Perusahaan yang bergerak di bidang Kontraktor Listrik, Mekanikal, Kelistrikan dan Pengadaan Barang. UPS berkapasitas daya 1500 watt dengan sistem soft

Identifikasi Penelitian	Judul	Permasalahan	Hasil
Pekajangan Pekalongan	Sistem Kelistrikan SMSI	dapat menyimpan energi listrik sekaligus sebagai penstabil arus tegangan alat tersebut adalah UPS (<i>Uninterruptible Power Supply</i>).	start, menggunakan inverter 1500 watt juga menggunakan, akumulator atau aki sebagai baterainya, charger aki, relay, dan charger controller sebagai penunjang bekerjanya UPS ini.