

# JUS TEKNO

## Jurnal Sains & Teknologi

### EFISIENSI BIAYA LISTRIK RUMAH TANGGA TANPA MENGUNAKAN PLN DENGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Muhammad Soni Sultoni<sup>1</sup>, Bonanza<sup>2</sup> Mochammad Mulia<sup>3</sup>, Ari Kuswantori<sup>4</sup>

*Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa*

*Jalan Werkudoro RT/RW 004/005 Kelurahan Slerok Kecamatan Tegal Timur Kota Tegal Jawa Tengah*

*msonisultoni@gmail.com*

**Abstrack-** Penelitian dilatar belakangi oleh masih banyaknya daerah di Indonesia yang belum terjangkau PLN, serta semakin krisisnya energi alam tidak dapat diperbaharui. Dalam penelitian ini telah dibuat alat pembangkit listrik tenaga surya, dengan sistem *auto transfer switch* untuk *backup* saat listrik padam dan *low voltage disconnected* untuk keamanan baterai, serta dapat dimonitor dari *handphone* menggunakan *sonoff* dan *software e-Welink* untuk mempermudah mengetahui jumlah energi yang dihasilkan pembangkit tersebut.

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan dengan pembangkit tenaga surya 100 Wp, baterai 37,5 Ah dapat memenuhi target 12 jam menyala dengan beban lampu 30 watt, serta dapat menghemat biaya listrik Rp. 8.000 per bulan. rata-rata dapat menghasilkan tegangan selama 1,8 jam perhari. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, *Low Voltage Disconnected (LVDC)* 100 % dapat mencegah baterai drop. Total eror waktu efektif penyinaran adalah 0,64 %. Total eror perhitungan penghematan adalah 0,63 %. Terdapat perbedaan daya beban aktual hasil pengukuran dengan daya beban tertulis.

**Key word :** energi baru terbarukan, panel surya, *auto transfer switch*, *low voltage disconnected*, *monitoring sonoff* dengan *e-Welink*.

#### I. PENDAHULUAN

Energi Listrik merupakan salah satu energi yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup manusia di seluruh dunia. Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT.PLN (Persero) tahun 2010-2019 menyebutkan kebutuhan listrik pertahunnya adalah 55.000 MW. Jadi, rata-rata peningkatan kebutuhan listrik pertahunnya adalah 5.500 MW. Dari total daya tersebut sebanyak 32.000 MW (57%) dibangun sendiri oleh PLN, sedangkan sisanya (43%) dibangun oleh pengembang listrik swasta (Rachmawati,2011). Kenaikan tarif listrik PLN saat ini terus terjadi, sedangkan perekonomian di Indonesia saat ini semakin memprihatinkan dan perlu perhatian khusus oleh pemerintah agar rakyat Indonesia

tetap bisa menjalani aktifitas seperti biasanya dan dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat tersebut.

Pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia, banyak digunakan untuk listrik daerah yang sulit dan belum terjangkau oleh pemerintah dan sistem seperti ini disebut *SHS (Solar Home System)*. *SHS* adalah sistem pembangkit tenaga surya berskala kecil, dengan menggunakan modul surya antara 50-100 *Watt peak (WP)* dan menghasilkan listrik berkisar 150-300 Wh per hari. Karena skalanya yang kecil, *system dc (direct current)* lebih disukai, untueqk menghindari *losses* dan *self consumption* akibat digunakannya inverter. Karena sistemnya yang kecil dan dipasang secara *desentralisasi* (satu rumah satu pembangkit, sehingga tidak memerlukan jaringan distribusi) *SHS* ideal digunakan untuk listrik di pedesaan dimana jarak rumah satu dengan lainnya berjauhan, dan keperluan listriknya relatif kecil, yakni hanya untuk memenuhi kebutuhan dasar (lampu).

#### II. DASAR TEORI

## 2.1 DC ( Direct Current )

Arus listrik searah (*direct current*) adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya tinggi ke titik lain yang energi potensialnya lebih rendah. Arus searah dahulu dianggap sebagai arus positif yang mengalir dari ujung positif sumber arus listrik ke ujung negatifnya. Pengamatan-pengamatan yang lebih baru menemukan bahwa sebenarnya arus searah merupakan arus negatif (elektron) yang mengalir dari kutub negatif ke kutub positif. Aliran elektron ini menyebabkan terjadinya lubang-lubang bermuatan positif, yang “tampak” mengalir dari kutub positif ke kutub negatif.

## 2.2 AC ( Alternating Current )

AC atau arus bolak-balik adalah listrik yang besarnya (besar, arah, dan polaritasnya) berubah-ubah menurut waktu secara periodik. Arus bolak-balik (*AC/alternating current*) adalah arus listrik di mana besarnya dan arahnya arus berubah-ubah secara bolak-balik. Berbeda dengan arus searah di mana arah arus yang mengalir tidak berubah-ubah dengan waktu.

## 2.3 Komponen utama sebagai pembentuk sistem *inverter*

*Inverter* adalah peralatan pengkonversi energi dari sistem *dc* menjadi sistem *ac*. *Inverter* terdiri dari 5 komponen : sumber *dc*, penyimpan energi *dc* sementara, saklar semikonduktor, filter dan beban, dan sistem kendali dan analisis.

## 2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Dalam beberapa tahun terakhir, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mengambil peranan penting dalam meningkatkan rasio elektrifikasi di daerah pedesaan di Indonesia. Direktorat jenderal energi baru terbarukan dan konservasi energi (EBTKE) dan sejumlah institusi lain termasuk sektor swasta, telah berusaha meningkatkan kualitas dan keandalan instalasi sistem PLTS yang dibangun dengan dana APBN maupun dana alokasi khusus (DAK).

Desain yang bagus dan kualitas yang baik merupakan kunci penting dalam keandalan dan berkelanjutan sistem PLTS. Sistem fotovoltaik atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Pembangkit listrik berbasis energi terbarukan ini merupakan salah satu solusi yang direkomendasikan untuk listrik di daerah pedesaan terpencil di mana sinar

mataharinya melimpah dan bahan bakar sulit didapat dan relatif mahal. Alasan utama menggunakan teknologi *fotovoltaik* ini adalah sebagai berikut:

- a. Sumber energi yang melimpah
- b. Sumber energi tersedia di tempat dan tidak perlu diangkut
- c. Biaya pengoperasian dan pemeliharaan sistem PLTS yang relatif kecil
- d. Tidak perlu pemeliharaan yang sering dan dapat dilakukan oleh operator setempat yang terlatih
- e. Ramah lingkungan, tidak ada emisi gas dan limbah cair atau padat yang berbahaya

Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan dalam PLTS :

### a. Panel surya

Panel surya adalah sebuah peralatan yang terdiri dari sel surya yang mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi. Pada umumnya, *solar cell* merupakan sebuah hampan semi konduktor yang dapat menyerap proton dari sinar matahari menjadi listrik. Sel surya tersebut tersusun dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya tersebut.

Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan (*function*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing - masing diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (*positif*) dan semikonduktor jenis “N” (*Negatif*). Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai *junction*.

Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif. Di bagian bawah P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

### b. Semikonduktor dan Sel Surya

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik di antara sebuah konduktor dan isolator. (Albert Paul Malvino, 2003: 35). Sel surya adalah suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip *photovoltaic*, adanya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan

mengeksitasi 4 sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) pada 1894. Efek ini dapat timbul terutama pada semikonduktor listrik yang memiliki konduktivitas menengah dikarenakan sifat elektron di dalam material yang terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi.

Kedua pita energi tersebut berturut-turut dari yang berenergi lebih rendah adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa elektron disebut dengan celah pita.



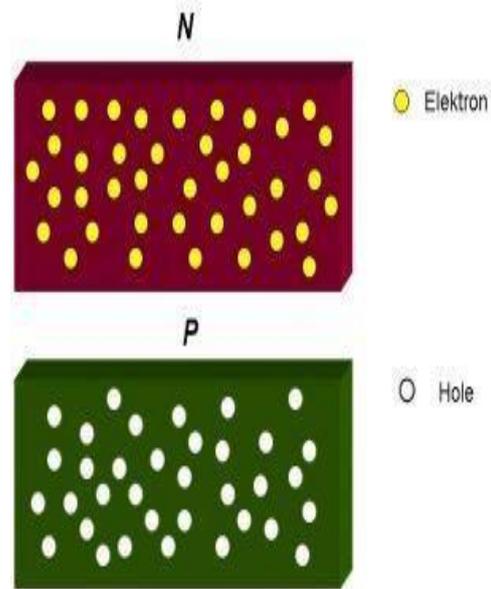
**Gambar 2.1** : Panel surya

c. Proses Konversi *Solar Cell*

Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik ini karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan *negatif*. Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga kelebihan muatan *positif*.

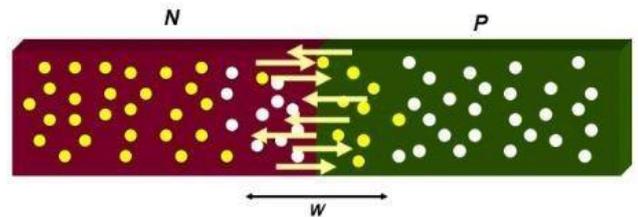
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktivitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami ini, elektron maupun *hole* memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau *hole* dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n. Istilah lainnya adalah dikenal dengan sambungan

metalurgi (*metallurgical junction*) yang dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 2.2** : Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung

Setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan *hole* dari semikonduktor p menuju semikonduktor n.



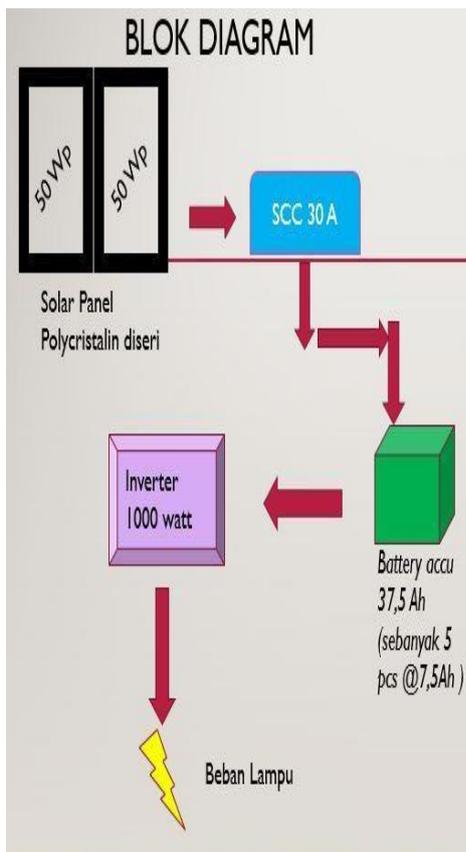
**Gambar 2.3** : Perpindahan elektron dan hole pada semikonduktor

Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan *hole* pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah *hole* pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama, *hole* dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron pada semikonduktor n berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.

### III. GAMBARAN PERANCANGAN

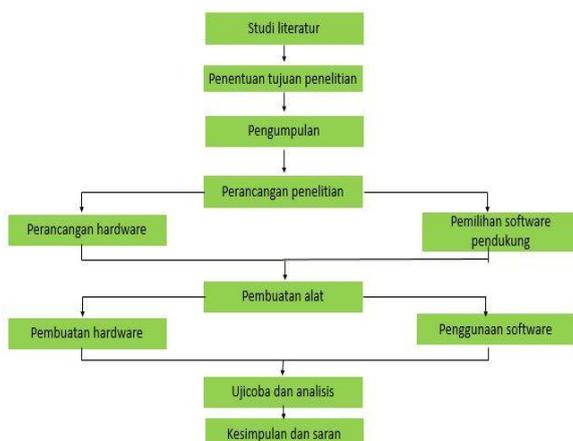
#### 3.1 Blok diagram alat

Sebuah perancangan suatu peralatan pertama kali yang akan dilakukan adalah membuat rangkaian diagram yang mana ini menggambarkan hubungan koneksi antara rangkaian satu dan yang lainnya dalam satu sistem yang terdapat keterkaitan, dalam membuat sebuah perancangan penulis juga harus mengetahui komponen-komponen yang akan digunakan.



Gambar 3.1 : Blok diagram alat

Berikut metode penelitian yang penulis lakukan :



### IV. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian penulis, berikut perhitungan rumus dan aktual :

Jika dari spesifikasi panel surya yang digunakan maka dapat dihitung hasil maksimal yang akan didapat per harinya yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Hasil energi} &= \text{kapasitas panel surya} \times \text{total waktu efektif penyinaran matahari} \\ &= 100 \text{ wp} \times 5 \text{ jam} \\ &= 500 \text{ Wh per hari} \end{aligned}$$

Kemudian berikut Tabel hasil daya aktual yang dapat dihasilkan oleh panel surya 100 Wp :

Tabel 1

AKTUAL HASIL ENERGI PANEL SURYA

No	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Total	Rata-rata
1.	145 Wh	196 Wh	178 Wh	203 Wh	194 Wh	191 Wh	185 Wh	1929 Wh	184,5 Wh

Dari hasil rata-rata produksi panel surya harian di atas maka dapat disimpulkan untuk waktu efektif penyinaran adalah sebagai berikut :

Waktu efektif penyinaran matahari harian sebagai berikut :

$$\text{Waktu efektif matahari} = \frac{\text{Rata-rata hasil harian}}{\text{kapasitas panel surya}}$$

$$= \frac{184,5 \text{ Wh}}{100}$$

$$= 1,8 \text{ jam}$$

$$\text{Selisih waktu efektif penyinaran} = \text{Perhitungan} - \text{Aktual}$$

$$= 5 \text{ jam} - 1,8 \text{ jam}$$

$$= 3,2 \text{ jam}$$

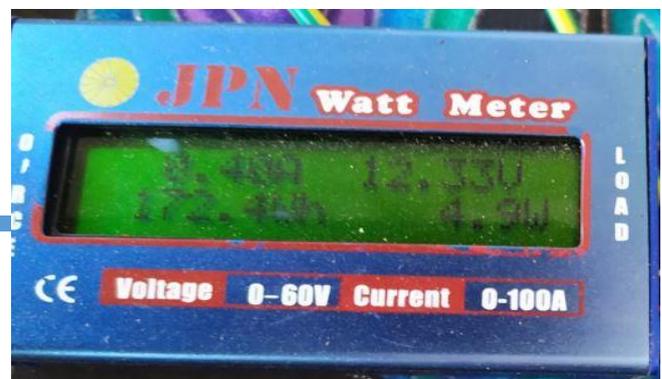
Total eror waktu efektif penyinaran sebagai berikut :

$$\text{Total eror} = \left( \frac{\text{Selisih waktu penyinaran efektif}}{\text{waktu penyinaran efektif perhitungan}} \right) \times 100 \%$$

$$= \left( \frac{3,2 \text{ jam}}{5 \text{ jam}} \right) \times 100 \%$$

$$= 0,64 \%$$

Berikut gambar pengukuran hasil energi panel surya harian :



**Gambar 4.1** : hasil energi harian panel surya

Kemudian menghitung penghematan secara rumus adalah sebagai berikut :

Untuk penghematan listrik dari alat ini ada berdasarkan tarif golongan non subsidi (tariff adjustment) maka :

$$1300 \text{ VA} = \text{Rp}1.467,28 \text{ per kWh.}$$

Dari perhitungan setiap hari dapat menghasilkan 360 Watt maka dalam sebulan :

Jadi Penghematannya adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Penghematan} &= \text{Hasil energi maksimal} \times \text{waktu 1 bulan} \\ &= 500 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari} = 15.000 \text{ Wh} = 15 \text{ Kwh} \\ &= 15 \text{ Kwh} \times \text{Rp. } 1.467,28/\text{kWh} \\ &= \text{Rp. } 22.009 \text{ atau sebesar Rp } 22.000/\text{bulan} \end{aligned}$$

Aktual penghematan sebagai berikut :

Untuk penghematan listrik dari alat ini ada berdasarkan tarif golongan non subsidi (tariff adjustment) maka :

$$1300 \text{ VA} = \text{Rp}1.467,28 \text{ per kWh.}$$

Dari perhitungan setiap hari dapat menghasilkan 360 Watt maka dalam sebulan = 185,4 Wh x 30 hari = 5.562 Wh = 5,562 Kwh

Jadi Penghematan sebesar = 5,562 Kwh x Rp. 1.467,28/kWh = Rp. 8.161  
Rp 8.000/bulan

Total eror perhitungan penghematan sebagai berikut :

$$\text{Eror} = (\text{Penghematan aktual} : \text{Penghematan perhitungan})$$

$$\times 100 \%$$

$$= (14.000 : 22.000) \times 100 \%$$

$$= 0,63 \%$$

Pengujian keamanan baterai (LVDC)

Pengujian ini dilakukan dengan setting batas atas dan batas bawah dari solar charger controller (SCC). Ketika proses pengisian baterai sudah sampai settingan atas maka proses pengisian ke baterai akan stop otomatis, begitu juga saat baterai sudah sampai settingan bawah maka otomatis akan memutus ke beban yang dapat digunakan untuk LVDC.

Tabel II

HASIL UJI COBA LVDC

No	Pengujian ke	Keterangan	Total persentase
	-		ok

1	1	Ok	100 % ok
2	2	Ok	
3	3	Ok	
4	4	Ok	
5	5	Ok	

Jadi dapat disimpulkan uji coba LVDC berhasil dan dapat mencegah baterai drop. Berikut gambar uji coba LVDC :



**Gambar 4.2** : LVDC bekerja (load SCC auto cutoff)

Pengujian daya beban

Dari proses uji coba yang telah dilakukan bahwa daya beban tertulis dengan daya beban terukur memiliki selisih. Berikut tabel perbedaan daya beban tertulis dengan daya aktual hasil pengukuran :

TABEL III

SELISIH DAYA BEBAN TERTULIS DAN AKTUAL

No	Daya beban tertulis	Daya beban aktual
1	5 Watt	3,38 Watt
2	10 Watt	3,65 Watt
3	15 watt	5,40 Watt

Terdapat perbedaan daya beban aktual dengan daya beban tertulis. Berikut gambar perbedaan hasil daya tertulis dan daya aktual :



**Gambar 4.3** : Perbedaan daya tertulis dan daya aktual

V. PENUTUP

Penulis dapat menyimpulkan perancangan alat pembangkit listrik tenaga surya ini sebagai berikut:

- a. Dari hasil pengujian panel surya rata-rata dapat menghasilkan tegangan selama 1,8 jam perhari.
- b. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, *Low Voltage Disconnected (LVDC)* 100 % dapat mencegah baterai drop .
- c. Penghematan listrik bisa dirasakan oleh pemakai pembangkit listrik ini sebesar Rp. 8.000/ bulan.
- d. Total eror waktu efektif penyinaran adalah 0,64 %.
- e. Total eror perhitungan penghematan adalah 0,63 %.
- f. Terdapat perbedaan daya beban aktual hasil pengukuran dengan daya beban tertulis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini baik berupa moril maupun spiritual. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan mendalam kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan panjang umur sehingga bisa menjalankan proses kuliah dengan lancar.
2. Bapak Dedi Wirasasmita, S.T, M.M, M.Kom. selaku ketua Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa
3. Bapak Ir. Sudirman, M.Kom. selaku ketua jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.
4. Bapak Ir. Mochammad Mulia, M.T. selaku pembimbing I Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.
5. Bapak Bonanza Yoma Pratama, S.ST, M.T. selaku pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen beserta staff pegawai jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.

7. Bapak dan Ibu, serta keluarga besar serta orang-orang yang penulis cintai dan sayangi yang terus memberikan dukungan serta doa bagi penulis sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.

8. Teman-teman angkatan 2016 khususnya jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.

9. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

#### REFERENSI

- [1] Ashari mohammad, 2017, *desain konverter elektronika daya*, Bandung, Informatika Bandung.
- [2] Ramadhani ing. Bagus M.Sc, 2018, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts i*, Jakarta, , *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (EnDev)*.
- [3] [https://id.wikipedia.org/wiki/Arus\\_bolak-balik](https://id.wikipedia.org/wiki/Arus_bolak-balik)
- [4] [https://id.wikipedia.org/wiki/Arus\\_searah](https://id.wikipedia.org/wiki/Arus_searah)
- [5] [https://id.wikipedia.org/wiki/Power\\_inverter](https://id.wikipedia.org/wiki/Power_inverter)
- [6] Jansen, T. J., & Arismunandar, W. (1995). *Teknologi rekayasa surya. Terjemahan Wiranto Arismunandar. 1995. Jakarta; Pratnya Paramita*