

# ANALISIS POTENSI TENAGA SURYA DAN PERANCANGAN PLTS FOTOVOLTAIK PADA PANTAI PARANGTRITIS BANTUL MENGUNAKAN SIMULATOR PVSYST

Purwoko Nurhadi<sup>1</sup>, Ramadoni Syahputra<sup>2</sup>, Faaris Mujaahid<sup>3</sup>

Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul (0274) 387656

e-mail: f.mujaahid@umy.ac.id

Abstrak - Tingginya kebutuhan energi listrik saat ini berakibat dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan konsumsi energi listrik Indonesia setiap tahunnya. Dengan melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan akan peningkatan konsumsi listrik di Indonesia saat ini. Perancangan PLTS saat ini dapat dilakukan menggunakan *software* simulator PVSYST. Lokasi dari Pantai Parangtritis sendiri memiliki potensi nilai iradiasi yang tinggi jika dibandingkan dengan pantai lain di Kabupaten Bantul. Dari hasil perhitungan total kebutuhan daya listrik dari lokasi dalam satu hari yaitu 2,9 MWh yang dilayani menggunakan PLTS Fotovoltaik dengan kapasitas 681 kWp. Perancangan menggunakan simulator PVSYST dengan konfigurasi 2064 panel surya dengan kapasitas masing-masing 330 Wp, 240 baterai 6 Volt berkapasitas 1156 Ah dan total luas wilayah 4256 M<sup>2</sup>. Total investasi PLTS Fotovoltaik adalah Rp. 22.909.465.468, dan pemeliharaan serta biaya operasional sebesar 234.080.000 per tahun.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, PLTS Fotovoltaik, *Off-grid*, PVSYST

## 1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya teknologi yang ada di dunia berimbas dengan meningkatnya pemakaian akan kebutuhan energi listrik pada setiap tahunnya. Apabila kita lihat kondisi di Indonesia saat ini, berdasarkan data yang diperoleh dari kementerian ESDM pada tahun 2017. Konsumsi listrik Indonesia meningkat hingga mencapai 1.012 Kilowatt per Hour (kWh)/kapita yang naik 5,9% dari tahun 2016 yang memperoleh nilai sebesar 956,36kWh/kapita. (Databooks Katadata Indonesia Tahun 2018)

Dengan kondisi tersebut maka, Indonesia membutuhkan pasokan energi

tambahan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi listrik yang setiap tahun mengalami kenaikan. Disisi lain, pembangkit listrik yang ada di Indonesia mayoritas masih memanfaatkan sumber daya yang bersumber dari fosil yang lama kelamaan akan semakin habis. Maka dengan memanfaatkan sumber energi dari matahari yang cadangannya sangat besar untuk digunakan sebagai pembangkit listrik dapat menjadi solusi permasalahan tersebut.

Pantai Parangtritis selain memiliki potensi tenaga surya yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, Pantai Parangtritis juga menjadi salah satu destinasi wisata di Yogyakarta yang

tentunya banyak fasilitas umum yang ada di sekitar pantai. Oleh karena itu apabila dibangun pembangkit listrik maka dapat digunakan untuk menyuplai fasilitas umum warung serta pertokoan dan rumah-rumah yang ada disekitar pantai. Selain itu dengan dibangunnya pembangkit listrik tenaga surya di Pantai Parangtritis maka dapat menjadi salah satu objek wisata pula bagi wisatawan yang berkunjung ke Pantai Parangtritis Bantul dan dapat juga menjadi pusat riset tentang pembangkit listrik tenaga surya selanjutnya.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Sistem PLTS Fotovoltaik

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan sistem pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu secara langsung menggunakan *photovoltaic* dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya yang bersumber dari matahari. *Photovoltaic* mengubah secara langsung energi cahaya yang bersumber dari matahari menjadi bentuk energi listrik yang memanfaatkan efek *Photoelectric* dari matahari. Untuk menghitung kapasitas PLTS Fotovoltaik dapat menggunakan rumus perhitungan berikut ini:

$$P = \frac{W}{t \times kef \times \text{eff.modul}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan,

- P = Kapasitas PLTS (kWp)
- W = Total Kebutuhan (kWh)
- Eff. Modul= Efisiensi modul
- t = Waktu efektif (h)
- kef = Nilai koefisien PLTS

### 2.2 Panel Surya (*Solar Panel*)

Penjelasan dari panel surya itu sendiri yaitu panel yang terdiri dari rangkaian dari beberapa *cell* surya yang terhubung dengan seri ataupun dirangkai secara paralel serta diposisikan sedemikian rupa sehingga dapat berbentuk persegi atau persegi panjang, lalu dilaminasi dan dilapisi menggunakan kaca yang khusus sehingga diberikan penguat pada rangka atau *frame* yang diposisikan pada keempat sisinya. Untuk menghitung jumlah panel surya yang digunakan pada sistem dapat menggunakan rumus perhitungan berikut ini :

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{\text{Kapasitas total PLTS}}{\text{Kapasitas panel surya}} \dots(2)$$

Keterangan,

- Kapasitas Total PLTS (kWp)
- Kapasitas Panel Surya (kWp)

### 2.3 *Solar Charge Controller*

*Solar charge controller* sendiri berfungsi sebagai pengendali atau pengatur dari daya serta tegangan yang masuk menuju ke baterai yang bersumber dari panel surya. Perangkat ini memastikan baterai yang digunakan tidak terisi secara berlebihan pada siang hari, serta daya tidak bergerak mundur menuju ke panel surya pada malam hari sehingga menyebabkan baterai menjadi terkuras. Untuk menghitung kebutuhan *Solar Charge Controller* dapat menggunakan rumus perhitungan berikut ini:

$$SCC = \frac{\text{Kapasitas Total PLTS}}{\text{Ouput SCC (kW)}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan,

- Kapasitas Total PLTS (kWp)
- Output *Solar Charge Controller* (kW)

## 2.4 Inverter

Perangkat *inverter* merupakan perangkat elektronik yang dapat digunakan serta berfungsi untuk mengubah listrik arus searah (DC) sehingga menjadi listrik arus bolak-balik (AC). Perangkat *inverter* sendiri mengkonversi listrik arus searah (DC) yang bersumber dari perangkat seperti baterai, ataupun panel surya yang menghasilkan listrik arus bolak-balik (AC). Umumnya pada sistem PLTS, perangkat *inverter* biasa digunakan untuk mengubah tegangan listrik DC yang tersimpan pada komponen baterai untuk selanjutnya dirubah menjadi tegangan listrik AC yang selanjutnya tegangan listrik yang sudah dirubah menjadi tegangan listrik AC terhubung menuju ke beban sehingga dapat digunakan langsung oleh pelanggan.

## 2.5 Baterai

Komponen baterai sendiri merupakan sebuah komponen elektro kimia yang memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang selanjutnya disimpan dalam bentuk kimia. Untuk komponen baterai sendiri digolongkan menjadi dua jenis yaitu baterai primer serta baterai sekunder. Untuk baterai yang digunakan pada sistem PLTS sendiri menggunakan baterai jenis sekunder. Pada jenis baterai sekunder yang lebih sering digunakan serta memiliki nilai kapasitas yang besar yaitu baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) dimana selain baterai VRLA juga terdapat baterai jenis yang lain yaitu SLA (*Sealed Lead Acid*) serta jenis Li-Ion (*Lithium-Ion*). Untuk menghitung kebutuhan baterai yang digunakan dapat

menggunakan rumus perhitungan berikut ini:

$$\text{Baterai} = \frac{\text{Otonomi} \times \text{Kebutuhan (MWh)}}{\text{Eff}} \dots (4)$$

Keterangan,

Otonomi = Cadangan Baterai 2 Hari

Eff = Efisiensi Baterai x Efisiensi Kabel  
Efisiensi Baterai = 0,85

Efisiensi Kabel = 0,98

Setelah diperoleh hasil dalam satuan MWh maka dikonversi ke satuan Ah menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Baterai} = \text{Baterai (MWh)} \frac{1000}{\text{Tegangan}} \dots (5)$$

Nilai hasil yang diperoleh lalu dikalkulasikan dengan menggunakan nilai *Depth of Discharge* 80%.

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{\text{Baterai (Ah)}}{\text{DOD}} \dots (6)$$

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari tinjauan pustaka serta dasar teori yang digunakan untuk mendukung dalam melakukan analisis dari penelitian yang dilakukan. Sumber yang diperoleh dapat berasal dari e-book, buku cetak ataupun penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan.

### 3.2 Survey Data Lokasi

Survey lokasi dilakukan dengan mendatangi lokasi dan melakukan observasi mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk dilakukan analisis. Data yang dibutuhkan diperoleh dari data kantor Desa Parangtritis dan dengan melakukan metode wawancara secara langsung.

### 3.3 Data Intensitas Surya

Untuk data dari intensitas iradiasi matahari lokasi diperoleh dari aplikasi PVSYST yang bersumber dari database NASA SSE. Selanjutnya data iradiasi tersebut digunakan untuk menentukan kapasitas PLTS yang dapat dihitung.

### 3.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus perhitungan untuk memperoleh konfigurasi sistem yang dibutuhkan oleh lokasi sehingga kebutuhan lokasi sesuai dengan kapasitas sistem PLTS.

### 3.5 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen dilakukan dengan menyesuaikan komponen untuk perancangan dari sistem setelah dilakukan perhitungan jumlah kapasitas dari PLTS yang dibutuhkan oleh lokasi.

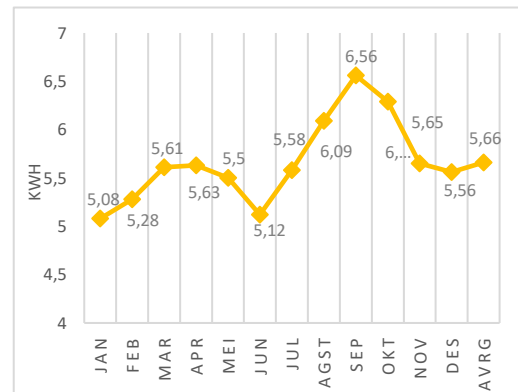
### 3.6 Analisis Sistem

Analisis dilakukan dengan membandingkan total lokasi yang digunakan dengan *rule of thumb* luas wilayah PLTS di Indonesia dan dengan membandingkan nilai rata-rata iradiasi lokasi Pantai Parangtritis dengan nilai iradiasi rata-rata Indonesia.

## 4. Hasil Penelitian

### 4.1 Nilai Iradiasi Lokasi

Nilai radiasi diperoleh menggunakan *software* PVSYST yang bersumber dari database NASA SSE dengan memasukkan koordinat titik lokasi dari Pantai Parangtritis. Berikut ini merupakan hasil nilai iradiasi dari Pantai Parangtritis dalam satuan kWh/m<sup>2</sup>/hari.



### 4.2 Suhu Lokasi

Suhu lokasi digunakan untuk mencari konfigurasi string sizing untuk setiap panel array. Suhu lokasi dari Pantai Parangtritis diperoleh dari *software* PVSYST yang bersumber dari database NASA SSE dengan memasukkan koordinat lokasi dari Pantai Parangtritis. Berikut ini merupakan data suhu dari lokasi Pantai Parangtritis.

No	Jenis Data	Nilai
1	Suhu Ekstrim Minimum	22° C
2	Suhu Rata-Rata	25° C
3	Suhu Ekstrim Maksimum	30° C

### 4.3 Total Kebutuhan Beban

Total kebutuhan dari lokasi diperoleh dengan melakukan survey secara langsung pada lokasi dan menggunakan sumber dari Pemerintah Desa Parangtritis.

No	Jenis	Total Beban	Jumlah Unit	Total (Wh)
1	Rumah Tangga	2680 Wh	631	1.691.080
2	Pertokoan & Warung	2292 Wh	71	162.732
Jumlah Total				1.853.812
Toleransi Cadangan Energi 30%				556.143
Rugi-rugi 20%				481.991
Jumlah total kebutuhan beban				2.891.946

#### 4.4 Kapasitas PLTS Fotovoltaik

Penentuan kapasitas PLTS Fotovoltaik ditentukan berdasarkan kebutuhan dari sistem yang akan digunakan. Rumus perhitungan dapat menggunakan rumus dibawah ini.

$$P = \frac{W}{t \times kef \times \text{eff. modul}}$$

Keterangan,

P = Kapasitas dari PLTS fotovoltaik (kWp)

W = Total kebutuhan beban (MWh)

Eff. Modul = Nilai efisiensi modul *photovoltaic*

T = Kelas iradiasi lama waktu efektif (h)

Kef = Nilai koefisien dari PLTS

Maka perhitungan dari kapastias PLTS Fotovoltaik yaitu,

$$P = \frac{2,9 \text{ MWh}}{6 \text{ jam} \times 0,8 \times 0,885} = 0,681 = 681 \text{ kWp}$$

#### 4.5 Kapasitas Baterai

Penentuan kapasitas baterai yang digunakan juga mempertimbangkan otonomi sistem yaitu cadangan baterai saat tidak adanya matahari yang menyinari lokasi. Berikut ini merupakan rumus perhitungan untuk mencari kapasitas baterai.

$$\text{Baterai} = \frac{\text{Otonomi} \times \text{Kebutuhan (MWh)}}{\text{Efisiensi}}$$

$$\text{Baterai} = \frac{2 \times 2,9 \text{ MWh}}{(0,85 \times 0,98)}$$

$$\text{Baterai} = 6,962 \text{ MWh}$$

Keterangan,

Otonomi = Cadangan baterai 2 hari

Efisiensi = Eff. Baterai x Eff. Penghantar

Eff. Baterai = 0,85

Eff. Penghantar = 0,98

Setelah diperoleh perhitungan dalam satuan MWh maka dikonversi menjadi satuan Ah menggunakan rumus perhitungan dibawah ini,

$$\text{Baterai} = \text{Baterai (MWh)} \frac{1000}{\text{Nominal tegangan baterai}}$$

$$\begin{aligned} \text{Baterai (Ah)} &= 6,962 \times \frac{1000}{48 \text{ V}} \\ &= 145.000 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Keterangan,

48V = tegangan nominal rangkaian baterai bank

Total kebutuhan sistem ditentukan dengan melakukan perhitungan mempertimbangkan dengan nilai *depth of discharge* menggunakan rumus perhitungan dibawah ini,

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{\text{Baterai (Ah)}}{\text{DOD}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Baterai} &= \frac{145.000}{0,8} \\ &= 181.250 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Maka untuk kapasitas total PLTS 681 kWp yang dibutuhkan lokasi yaitu menggunakan total baterai yang dibutuhkan yaitu 181.250 Ah

#### 4.6 Jumlah Solar Panel

Jumlah solar panel yang digunakan dilakukan berdasarkan kapasitas total PLTS yang dibutuhkan oleh lokasi menggunakan perhitungan dibawah ini,

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{\text{Kapasitas total PLTS}}{\text{Kapasitas panel surya}}$$

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{681 \text{ kWp}}{330 \text{ Wp}}$$

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{681.000 \text{ Wp}}{330 \text{ Wp}}$$

$$\text{Jumlah Panel} = 2.064 \text{ Panel}$$

Maka total panel surya yang dibutuhkan oleh sistem yaitu sejumlah 2.064 panel surya.

#### 4.7 Jumlah Solar Charge Controller

Total *solar charge controller* yang digunakan dapat diketahui dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus perhitungan dibawah ini,

$$SCC = \frac{\text{Kapasitas Total PLTS}}{\text{Output SCC (kW)}}$$

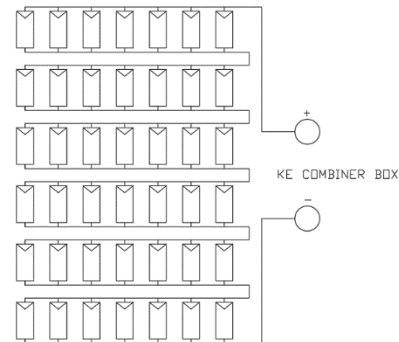
$$SCC = \frac{681 \text{ kWp}}{6 \text{ kW}}$$

$$SCC = 114 \text{ buah}$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh jumlah *solar charge controller* yaitu 114 buah untuk sistem.

#### 4.8 Kapasitas Inverter

Dengan kapasitas total PLTS Fotovoltaik yaitu 681 kWp maka untuk penentuan dari kebutuhan inverter yaitu dipilih kapasitas diatas dari kebutuhan sistem. Maka untuk penggunaan inverter yaitu menggunakan tipe central inverter dengan kapasitas inverter yaitu 720kW yang dapat menampung input sampai 808 kWp.



#### 4.10 Luas Wilayah PLTS

Luas wilayah PLTS dapat dihitung menggunakan aplikasi PVSYS dengan memasukkan kapasitas total PLTS yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil diperoleh luas PLTS yaitu 4256m<sup>2</sup>.

Grid system presiz	
Geographical Site	Pantai Parangtritis
Situation	Latitude -8.02° S
Time defined as	Legal Time Time zone
Collector Plane Orientation	Tilt 15°
PV-field installation main features	
Module type	Standard
Technology	Monocrystalline cells
Mounting method	Ground based
Back ventilation properties	Free standing
System characteristics and pre-sizing evaluation	
PV-field nominal power (STC)	Pnom 681 kWp
Collector area	Acoll 4256 m <sup>2</sup>
Annual energy yield	Eyear 992 MWh
Economic gross evaluation	Investment *03799 EUR

#### 4.9 Konfigurasi Array

Penentuan konfigurasi panel array juga mempertimbangkan penggunaan SCC yang digunakan oleh sistem, karena apabila sistem dari panel array terlampau tinggi output arus dan tegangannya, maka dapat menyebabkan kerusakan dari SCC. Sedangkan untuk konfigurasi panel array menggunakan konfigurasi 7 panel yang diparalel dalam satu string, dan terdapat 6 string yang dirangkai secara seri dalam satu array, konfigurasi dalam satu array dapat dilihat pada gambar berikut,

Grid system pre	
Geographical Site	Pantai Parangtritis
Situation	Latitude -8.02° : Legal Time Time z
Collector Plane Orientation	Tilt 15°
PV-field installation main features	
Module type	Standard
Technology	Monocrystalline cells
Mounting method	Ground based
Back ventilation properties	Free standing
System characteristics and pre-sizing evaluation	
PV-field nominal power (STC)	Pnom 681 kWp
Collector area	Acoll 4256 m <sup>2</sup>
Annual energy yield	Eyear 992 MWh
Economic gross evaluation	Investment *03799 EUR

#### 4.11 Perincian Biaya

Perhitungan biaya dilakukan dengan menghitung keseluruhan biaya yang dibutuhkan oleh sistem PLTS. Sehingga akan diperoleh nilai NPV dari lokasi dan biaya operasional dalam per tahun untuk PLTS Fotovoltaik.

##### A. Total Biaya Investasi

Jenis Komponen	Total Harga
Komponen Utama	Rp. 16.136.616.148
Komponen Tambahan	Rp. 6.772.849.320
Total Biaya	Rp. 22.909.465.468

Untuk komponen utama yang digunakan yaitu inverter, *solar charge controller*, panel surya, dan baterai.



## B. Biaya Operasional

Untuk biaya operasional dalam satu tahun diperoleh dari kurang lebih 1% dari total biaya investasi dari perancangan sistem. Berikut ini merupakan tabel biaya operasional dari perancangan sistem.

No.	Deskripsi	Total Harga
1	Gaji 4 Teknisi	Rp. 172.800.000
2	Perawatan Rutin	Rp. 40.000.000
Total Harga		Rp. 212.800.00
Pengeluaran Tak Terduga		Rp. 21.280.000
Total Keseluruhan		Rp. 234.080.000

Berdasarkan perhitungan biaya operasional yang dilakukan diperoleh total perhitungan untuk biaya operasional dari PLTS Fotovoltaik pada Pantai Parangtritis Kabupaten Bantul sebesar Rp. 234.080.000 dalam satu tahun.

## C. Inflow

Untuk arus penerimaan kas atau disebut dengan *inflow* pada perencanaan dilakukan berdasarkan total kebutuhan beban dari jumlah pelanggan dalam satu bulan.

Total Pelanggan	Total Beban Satu Bulan (kWh)	Penghasilan per Tahun
631	83,080	Rp. 575.481.163,18
71	71,020	Rp. 55.353.397,501
Total Penghasilan		Rp. 630.834.560,68

Maka untuk total penghasilan dalam satu tahun dari penjualan listrik ke pelanggan yang menjadi penerimaan kas PLTS dalam satu tahun diperoleh sebesar Rp. 630.834.560,68

## 5. Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan diperoleh kapasitas total PLTS

Fotovoltaik sebesar 681 kWp. Sedangkan untuk luas wilayah yang digunakan oleh PLTS Fotovoltaik yaitu 4256 m<sup>2</sup>. Jika dibandingkan dengan *rule of thumb* untuk wilayah di Indonesia dengan 7-8 M<sup>2</sup> per kWp (GIZ, 2018), maka wilayah Pantai Parangtritis memiliki luas per kWp yang lebih baik dengan nilai 6,25 m<sup>2</sup> per kWp.

2. Total panel surya yang digunakan yaitu 2.064 buah panel surya yang memiliki kapasitas masing-masing yaitu 330 Wp. Total *solar charge controller* yang digunakan yaitu 114 buah yang masing-masing dari *solar charge controller* memiliki output arus 100 A dan 1 buah *central inverter* yang berkapasitas 720kW.

3. Pada biaya investasi awal yang dibutuhkan untuk melakukan pembelian keseluruhan komponen PLTS Fotovoltaik berdasarkan perhitungan yaitu sebesar Rp. 22.909.465.468 sedangkan untuk biaya operasional setiap tahunnya yaitu Rp. 234.080.000.

4. Dalam satu tahun perhitungan nilai penjualan listrik yang mengacu dari permen ESDM nomor 50 tahun 2017 yang mengatur tentang harga pembelian listrik dari PLTS Fotovoltaik yaitu sebesar 85% dari BPP, diperoleh nilai sebesar Rp. 630.834.560,68 per tahun.

## Daftar Pustaka

Alfanz, Rocky., M.K, Fadjar., Haryanto, Heri (2015). Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal. SETRUM Vol.4 No.2.

- Ariani, W.D., Karnoto., Winardi, Bambang (2014). Analisis Kapasitas Dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara. *Transient* Vol.3 No.2.
- Bachtiar, I.K., Syafik, Mhd (2016). Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga Menggunakan *Software* HOMER Untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam. *Jurnal Sustainable* Vol.5 No.2.
- BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI. (2017). *Indonesia Energy Outlook 2017*. Jakarta: Pusat Teknologi Sumberdaya Energi dan Industri Kimia.
- DIREKTORAT JENDERAL EBTKE & Kementerian ESDM. (2018). Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi.
- DIREKTORAT JENDERAL ENERGI BARU, TERBARUKAN DAN KONSERVASI ENERGI. (2016). Statistik EBTKE 2016. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi.
- DIREKTORAT JENDERAL KETENAGALISTRIKAN. (2014). Penjelasan PUIL 2011 Edisi 2014. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Hasan, Hasnawiya (2012). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi. *Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan (JRTK)* Vol.10 No.2.
- Kossi, Vember Restu (2017). Perencanaan PLTS Terpusat (Off-Grid) Di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*.
- Kunaifi (2011). Desain Pembangkit Listrik Hybrid (PLTS/Diesel) Untuk Meningkatkan Pelayanan Kesehatan Di Puskesmas Kecamatan Gema Kabupaten Kampar. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri* Vol. 10 No.1.
- Mayfield, Ryan. 2010. *Photovoltaic Design & Installation FOR DUMMIES*. Hoboken: Wiley Publishing, Inc.
- Mehang, T.S., Santoso, Murtiyanto., Tanoto, Yusak (2017). Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Kecamatan Ngadu Ngala, Kabupaten Sumba Timur, NTT. *Jurnal Teknik Elektro* Vol.10 No.1.
- Messenger, Roger A., Ventre, Jerry. 2003. *Photovoltaic Systems Engineering Second Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm. *TELKOMNIKA*, 13(3). pp. 759-766.
- Syahputra, R., (2012), "Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- Syahputra, R., (2016), "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., (2015), "Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Wenham, Stuart.R et al. 2007. *Applied Photovoltaics Second Edition*. Cornwall: TJ International.