

# Analisis Pemanfaatan PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Vogie Prames Wara Laksono Putra<sup>1</sup>, Cornelius Sarri<sup>2</sup>, Toyib<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75121

[vogieprameswaral.p18642005@gmail.com](mailto:vogieprameswaral.p18642005@gmail.com)

**Abstrak**-Energi terbarukan merupakan energi alternatif yang ketersediaannya melimpah di alam dengan proses yang berkelanjutan dan dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Salah satu pemanfaatan yang paling sering digunakan adalah energi panas matahari atau surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan bentuk realisasi pemanfaatan energi surya itu sendiri. Pemanfaatan energi surya juga dapat digunakan dalam sektor pertanian untuk membantu masyarakat desa dalam bertani khususnya dalam penanaman padi. Sebagai contoh, yaitu memodernisasi alat pertanian, seperti penerapan *solar sel* pada alat penanam padi. Penelitian ini dilakukan untuk merencanakan, merancang serta mengetahui kemampuan panel surya untuk mensuplai beban motor DC pada mesin penanam padi. Hasil dari perencanaan ini menggunakan 2 buah panel surya berjenis *monocrystalline* dengan kapasitas sebesar 120 Wp yang dihubungkan seri, 2 buah baterai dengan kapasitas sebesar 12V 30Ah yang dihubungkan seri, *solar charge controller* dengan kapasitas sebesar 12/24V 20A dengan beban motor DC sebesar 250W. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh efisiensi konversi energi surya terbesar yaitu 35,2% sedangkan efisiensi terkecil yaitu 11,51%. Dengan rata-rata efisiensi konversi energi panel surya antara 16,14% sampai dengan 24,35%. Dan efisiensi motor DC sebagai penggerak lengan penanam yang disuplai oleh sistem yaitu sebesar 91,02%. Pada penelitian ini masih memiliki kekurangan yaitu motor DC mudah panas saat bekerja sebagai penggerak lengan penanam padi, hal tersebut dikarenakan pengontrolan kecepatan putar motor yang mengakibatkan tegangan yang disuplai tidak sesuai dengan spesifikasi motor DC.

**Kata kunci** : pembangkit listrik tenaga surya, mesin penanam padi, panel surya, *solar charge controller*, baterai, motor DC, radiasi matahari, efisiensi.

## I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan merupakan energi alternatif yang ketersediaannya melimpah di alam. Energi terbarukan tidak akan pernah habis dan dapat dimanfaatkan secara terus-menerus dalam penggunaannya. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dapat digunakan dalam kebutuhan sehari-hari seperti rumah tangga dan industri. Salah satu pemanfaatan yang paling sering digunakan adalah energi panas matahari atau surya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan bentuk realisasi pemanfaatan energi surya itu sendiri. PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan penggunaan energi listrik yang ramah lingkungan. Kebutuhan energi listrik yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari seperti rumah tangga dan industri yang sangat besar bagi masyarakat, selama ini disuplai dari listrik PLN yang menggunakan bahan energi fosil yang tidak dapat diperbarui.

Memanfaatkan PLTS merupakan salah satu cara mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi berbahan

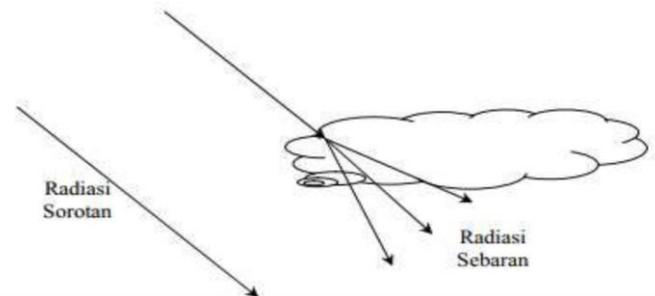
fosil. Pemanfaatan energi surya juga dapat digunakan dalam sektor pertanian untuk membantu masyarakat desa dalam bertani. Sebagai contoh, yaitu memodernisasi alat pertanian, seperti penerapan *solar sel* pada alat penanam padi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis akan melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan PLTS pada suatu mesin penanam padi yang sumber energi utamanya menggunakan energi surya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Radiasi Matahari

Posisi matahari dan kedudukan suatu wilayah di permukaan bumi memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap potensi radiasi matahari pada suatu wilayah. Potensi radiasi matahari itu sendiri dapat berubah tiap waktu, tergantung dari kondisi atmosfer, posisi (garis lintang), serta waktu (jumlah hari dalam tahun dan lama penyinaran matahari dalam satu hari) [1]. Radiasi matahari atau surya ini sendiri memiliki 2 jenis pancaran radiasinya yaitu, radiasi secara langsung (*direct radiation*) yang radiasi matahari langsung dipancarkan ke arah bumi dan radiasi sebaran (*diffuse radiation*) yang radiasinya tidak langsung mengarah ke bumi dikarenakan terhalang oleh molekul gas, debu dan uap air di atmosfer (awan) [2]. Radiasi langsung dan radiasi sebaran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Radiasi langsung dan radiasi sebaran pada permukaan horizontal

Radiasi matahari merupakan sinar yang dipancarkan matahari ke permukaan bumi, yang disebabkan adanya emisi bumi dan gas pijar panas matahari selama periode waktu. Radiasi dan sinar matahari dipengaruhi oleh berbagai hal sehingga pancarannya yang sampai dipermukaan bumi sangat bervariasi [3]. Adapun data intensitas radiasi matahari yang tercatat oleh Badan Pusat Statistik (BPS) kota Samarinda pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1  
INTENSITAS RADIASI MATAHARI KOTA SAMARINDA TAHUN 2018

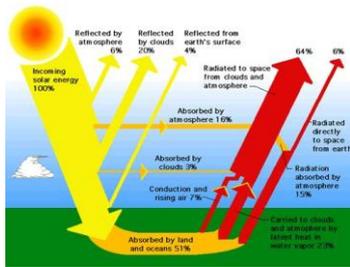
Bulan	Intensitas radiasi matahari Kota Samarinda (kWh/m <sup>2</sup> )
Januari	4.66
Februari	4.88

Maret	4.99
April	4.98
Mei	4.89
Juni	4.76
Juli	4.76
Agustus	4.87
September	4.92
Oktober	5.04
November	4.8
Desember	4.42
<b>Rata-Rata</b>	<b>4.83</b>

**B. Energi Surya**

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya bentuk lain (energi listrik). Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit listrik selain air, uap, batu bara, minyak bumi dan biogas [4].

Energi surya merupakan energi yang telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama, energi surya secara langsung dapat digunakan untuk memproduksi listrik melalui sel surya [5]. Pancaran energi surya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pancaran energi surya

**C. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang dimana sistem tersebut menggunakan energi matahari dan kemudian diubah menjadi energi listrik dengan memanfaatkan teknologi *photovoltaic* [6]. Sistem PLTS membutuhkan cahaya atau sinar matahari dalam penggunaannya untuk menghasilkan energi listrik berupa listrik DC dan dapat dikonversi menjadi listrik AC apabila diperlukan. Oleh karena itu, meskipun saat cuaca mendung selama masih terdapat cahaya matahari maka, PLTS tetap bisa menghasilkan energi listrik [7]. Sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat dilihat pada Gambar 3.

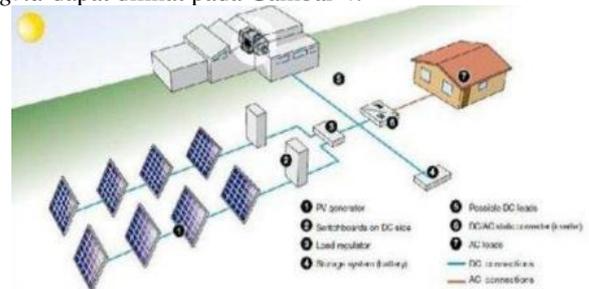


Gambar 3. Sistem pembangkit listrik tenaga surya

Sistem PLTS dibagi menjadi tiga jenis, yaitu PLTS *off-grid*, PLTS *on-grid* dan PLTS *Hybrid* [8]. Dan berikut merupakan penjelasan dari jenis – jenis pembangkit listrik tenaga surya:

**1) PLTS Off-Grid**

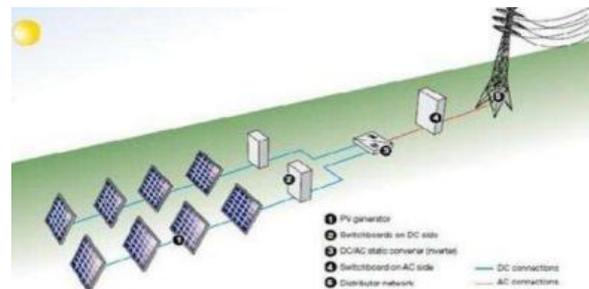
PLTS *off-grid* adalah sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan. Suatu PLTS *off-grid* biasanya dikelola secara komunal atau yang sering disebut sistem PLTS berdiri sendiri (*stand-alone*), beroperasi secara independen dan tanpa terhubung dengan jaringan apapun termasuk PLN. Untuk sistem ini biasanya dilengkapi dengan penyimpanan berupa baterai (*storage*) untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan di siang hari untuk memenuhi kebutuhan listrik pada cuaca mendung ataupun pada saat malam hari [9]. Sistem PLTS *off-grid* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem PLTS *off-grid*

**2) PLTS On-Grid**

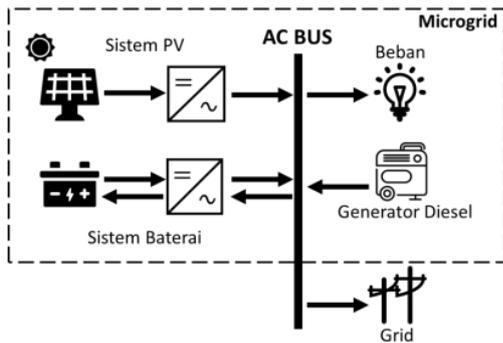
PLTS *on-grid* atau *Grid-Connected PV Plant* adalah sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan. Berdasarkan pola operasi penyaluran tenaga listrik, sistem PLTS *on-grid* dibedakan menjadi dua yaitu, sistem PLTS dengan menggunakan penyimpanan berupa baterai (*storage*) *Grid-Connected PV with a battery back up* dan sistem PLTS tanpa baterai *Grid-Connected PV without a battery back up*. Fungsi dari penyimpanan pada sistem PLTS *Grid-Connected PV with a battery back up* ini adalah sebagai penyuplai tenaga listrik ke beban apabila jaringan atau *grid* mengalami kegagalan untuk periode tertentu dan sebagai suplai tenaga listrik ke jaringan listrik PLN [2]. Sistem PLTS *on-grid* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sistem PLTS *on-grid*

**3) PLTS Hybrid**

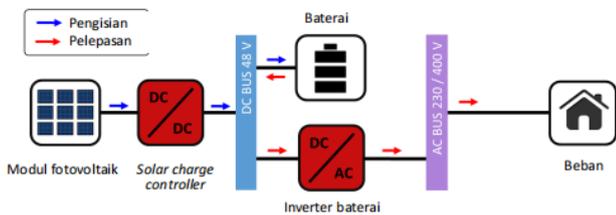
PLTS *Hybrid* adalah sistem PLTS yang dalam pengoperasiannya digabungkan dengan jenis pembangkit listrik lain, dengan sumber energi yang berbeda (dua atau lebih). Hal ini dilakukan guna mendapatkan kehandalan sistem yang lebih baik [2]. Sistem PLTS *hybrid* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sistem PLTS hybrid

D. Komponen PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Sistem pembangkitan energi listrik dengan menggunakan energi surya atau biasa disebut PLTS, tidak hanya sekedar membutuhkan modul panel surya saja, akan tetapi dibutuhkan komponen-komponen utama lainnya seperti *Solar Charge Controller (SCC)*, *Inverter* dan *Baterai* [10]. Sama halnya dengan mesin penanam padi ini, komponen yang dibutuhkan kurang lebih sama seperti yang dijelaskan diatas. Hanya saja, pada mesin ini tidak menggunakan *Inverter* sebagai penyearah arus. Dikarenakan beban yang digunakan adalah beban DC yang tidak perlu pengkonversian dalam penggunaannya. Pada mesin penanam padi ini, menggunakan sistem *DC-Coupling* pada penerapannya. *DC-Coupling* ini sendiri merupakan sistem penyambungan rangkaian modul *Photovoltaic* ke sisi DC sistem PLTS melalui *solar charge controller*. Konfigurasi sistem *DC-coupling* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Konfigurasi sistem *DC-coupling*

Dan berikut merupakan komponen-komponen utama pada mesin penanam padi berbasis PLTS:

1) Panel Surya

Komponen utama dari Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada mesin penanam padi adalah modul surya atau panel surya. Panel surya adalah sebuah komponen yang terdiri dari beberapa sel surya dan berfungsi sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik berupa arus listrik searah (DC). Panel ini sendiri terdiri dari beberapa sel surya yang tersusun baik secara seri maupun paralel. Umumnya, sebuah panel ataupun modul surya terdiri dari 32-40 sel surya [11]. Panel surya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Panel Surya

Sel surya pada modul surya tersebut pada dasarnya berjenis diode yang tersusun atas P-N *junction*. Sel surya terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik arus searah (DC). Seperti yang dijelaskan diatas, dalam penggunaannya sel-sel surya dihubungkan satu sama lain. Hal tersebut dilakukan agar dapat menghasilkan daya dengan kombinasi tegangan dan arus yang dikehendaki [12].

Menentukan banyaknya jumlah panel surya yang akan digunakan dalam mesin penanam padi sangatlah penting, dan berikut adalah cara untuk menentukan jumlah panel surya ditunjukkan pada Persamaan 1 [13]:

$$Jumlah\ Modul\ Surya = \frac{P_{Watt\ peak}}{P_{MPP}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- P<sub>MPP</sub> = Daya maksimum panel surya yang digunakan (W)
- P<sub>Wattpeak</sub> = Daya yang dibangkitkan (W<sub>p</sub>)

2) Baterai

Baterai adalah komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan dapat dipergunakan sewaktu-waktu pada malam hari ataupun saat cuaca mendung [10]. Baterai memenuhi dua tujuan penting dalam sistem *photovoltaic*, yaitu untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh panel surya dan untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel surya setiap kali daya itu melebihi suatu beban [12]. Baterai dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Baterai

Baterai yang biasa digunakan dalam pengaplikasian PLTS adalah baterai yang bebas pemeliharaan bertimbal asam (*maintenance-free lead acid batteries*), yaitu baterai *recombinant* atau VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) [12]. Sebenarnya tidak hanya jenis *Lead Acid* saja yang dapat dipakai sebagai penyimpanan PLTS seperti *lithium ion*, *Zinc air*, *Nickel cadium* dan lain-lainnya. Keunggulan baterai jenis *Lead Acid* ini dibandingkan baterai jenis lain adalah karena andal dalam waktu lama, lebih aman, mudah digunakan dan biaya yang relatif lebih rendah per siklusnya [9]. Kapasitas baterai umumnya dinyatakan dalam Ampere hour (Ah). Nilai Ah dalam baterai menunjukkan nilai arus yang dapat dilepaskan dan dikalikan dengan nilai waktu untuk pelepasan tersebut [11].

Adapun cara menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan ditunjukkan pada persamaan 2 sebagai berikut [14]:

$$C = \frac{W \times AD}{(DOD \times Vs)} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- C = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)
- DOD (*Deep of Discharge*) = Kedalaman kapasitas yang diambil dari baterai
- AD = *Autonom Days* (Hari Otonom)
- Vs = Tegangan Sistem

Lama pengisian baterai dapat dilihat dari besarnya Ampere hour dari kapasitas baterai, adapun lama pengisian baterai menggunakan persamaan 3 sebagai berikut [15]:

$$T = \frac{C}{I} (1 + 20\%) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- T = Lama waktu pengisian (*Hours*)
- C = Kapasitas (Ampere hour)
- I = Arus pengisian (Ampere)
- 20% = (% De-efisiensi)

3) *Solar Charge Controller (SCC)*

*Solar charge controller (SCC)* atau biasa dikenal dengan sebutan *battery charge regulator (BCR)* adalah komponen yang digunakan untuk mengatur arus searah (DC) yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* berfungsi mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya [13]. SCC juga memiliki dua jenis yang berbeda yaitu *Pulse Wide Modulation (PWM)* dan *Maximum Power Point Tracker (MPPT)*.

SCC tipe PWM menggunakan lebar *pulse* dari *on* dan *off* elektrik, sehingga tercipta *sinewave electrical form*. *Pulse Wide Modulation PWM* ini mampu melakukan penyesuaian dengan tegangan pada baterai sehingga jika tegangan dari panel surya dibawah tegangan kerja pada baterai maka akan secara otomatis tidak bisa melakukan pengisian ke baterai [3]. SCC tipe PWM dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. SCC tipe PWM

SCC tipe MPPT memiliki kemampuan dengan pengisian yang lebih besar, dikarenakan MPPT ini sendiri mempunyai kemampuan mendeteksi sekecil apapun daya yang dihasilkan oleh panel surya. MPPT adalah jenis SCC yang sering digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya. Hal tersebut dikarenakan kualitas pada pengisian beban yang lebih unggul dari jenis PWM, karena kemampuan mendeteksi daya yang dihasilkan oleh panel surya sekecil apapun dan hal itulah yang membuat MPPT jauh lebih efisien dibandingkan SCC jenis PWM [3]. SCC tipe MPPT dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. SCC tipe MPPT

Kapasitas dari SCC dapat dicari dengan rumus dalam persamaan 4 sebagai berikut [16]:

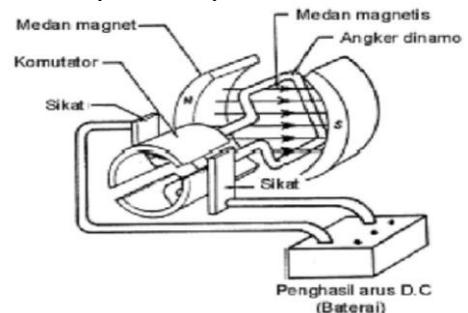
$$\text{Kapasitas SCC} = \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

- Safety Factor* (Faktor Keamanan) = 125% atau 1.25
- System Voltage* (Tegangan Sistem) = Tegangan yang dibangkitkan *array*

4) *Motor DC*

*Motor DC (Direct Current)* merupakan peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang ditemukan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu. Motor DC dikenalkan dengan menentukan arah dan kecepatan putarnya. Dan kecepatan putar motor DC diatur oleh besarnya arus yang diberikan. Arah putaran motor DC searah dengan arah jarum jam (*Clock Wise/CW*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock Wise/CCW*). Arah putaran motor DC tersebut bergantung dari hubungan kutub yang diberikan pada motor DC itu sendiri [17]. Motor DC dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Motor DC

III. METODE PENELITIAN

A. *Parameter Operasi Dalam Penelitian*

Untuk dapat membantu dan sebagai acuan petunjuk dalam mengukur suatu variabel operasional digunakanlah parameter operasi untuk mempermudahnya. Dan berikut adalah parameter operasi yang digunakan:

1) *Tegangan*

Nilai tegangan yang dihasilkan oleh sebuah panel surya berupa tegangan DC, yang memiliki batas tegangan pada daya maksimum atau *Voltage at Pmax (Vmp)* sebesar 18,2 V dan tegangan *open circuit (Voc)* sebesar 21,51 V. Parameter yang dipakai adalah tegangan Voc dengan melakukan pengukuran menggunakan *Solar Charge Controller (SCC)* dengan type *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* merk Epever XTRA 2210N/XDS2 dan Voltmeter Digital.

2) Arus

Nilai arus yang dihasilkan oleh sebuah panel surya berupa arus DC, yang memiliki daya maksimum atau *Current at Pmax* (Imp) sebesar 6,67 A dan arus *short circuit* (Isc) sebesar 7,19 A. Parameter yang dipakai adalah arus *short circuit* (Isc) dengan melakukan pengukuran menggunakan *Solar Charge Controller* (SCC) dengan type *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) merk Epever XTRA 2210N/XDS2, *Clampmeter* Digital dan Amperemeter Digital.

3) Suhu

Sebuah panel surya biasanya memiliki temperatur atau suhu normal saat beroperasi. Dalam penelitian ini, panel surya dapat beroperasi normal jika temperature selnya berada pada suhu 33°C. Maka untuk mengetahuinya, digunakan alat ukur thermometer inframerah yang dipancarkan melalui permukaan kaca panel surya. Pada penelitian ini, digunakan *Thermometer Infrared* Digital model GM320.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) kota Samarinda pada tahun 2018 suhu udara dan kelembapan udara kota Samarinda dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2  
SUHU UDARA DAN KELEMBAPAN UDARA KOTA SAMARINDA  
TAHUN 2018

Bulan/Month	Suhu Udara / Temperature (°C)			Kelembapan Udara / Humidity (%)		
	Min / Min	Maks / Max	Rata-rata / Average	Min / Min	Maks / Max	Rata-rata / Average
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Januari / January	24,3	32,8	27,6	60	91	81
Februari / February	24,5	32,5	27,6	62	93	82
Maret / March	24,7	32,7	27,9	59	92	80
April / April	25,1	32,9	27,8	60	94	82
Mei / May	25,1	33,0	27,8	63	94	84
Juni / June	23,5	32,9	27,8	62	93	83
Juli / July	21,7	31,9	27,9	62	91	81
Agustus / August	23,2	32,8	28,0	60	90	78
September / September	24,8	33,6	28,1	55	90	77
Oktober / October	24,8	32,9	27,8	61	93	81
November / November	24,9	32,8	27,9	63	92	82
Desember / December	24,1	33,4	28,2	60	91	80
Rata-rata	24,2	32,9	27,9	61	92	81

4) Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari merupakan sebuah besaran energi yang diterima dalam per satuan luas dan dan per satuan waktu. Dengan satuan waktu, yang menunjukkan lamanya matahari bersinar dalam satu hari. Besarnya intensitas radiasi matahari dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, musim, topografi wilayah, ketebalan awan dan posisi lintang lokasi. Dan pengaruh awan di atmosfer juga mempengaruhi jumlah penerimaan radiasi matahari di permukaan bumi.

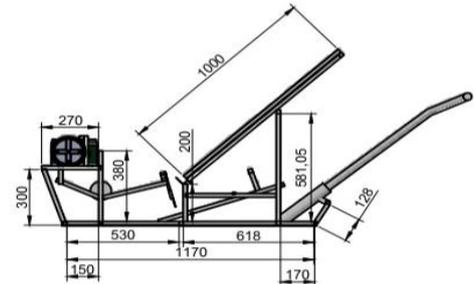
Untuk mengukur nilai dari suatu intensitas radiasi matahari ke permukaan bumi dan akan diterima oleh panel surya digunakan alat ukur *Solar Power Meter*. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan *Solar Power Meter* tipe SM206-Solar.

B. Desain PLTS Pada Mesin Penanam Padi

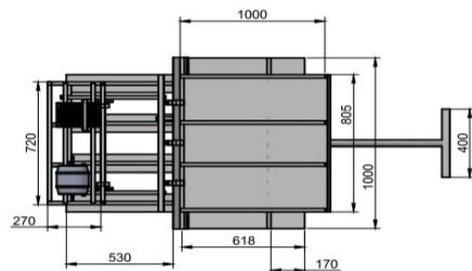
Desain dibuat sebagai perencanaan awal untuk mengetahui panjang, lebar, tinggi dan lain-lain pada mesin penanam padi. Desain yang akan dibuat ada 2 jenis, desain perencanaan ukuran rangka mesin penanam padi dan desain perencanaan PLTS pada mesin penanam padi. Berikut adalah desain PLTS pada mesin penanam padi.

1) Desain Rangka Mesin Penanam Padi

Desain rangka mesin penanam padi dan rangka penyangga panel surya dibuat menggunakan beberapa bahan dari besi hollow dan desain tersebut menunjukkan ukuran rangka mesin penanam padi dari tampak samping dan atas. Desain rangka mesin penanam padi dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



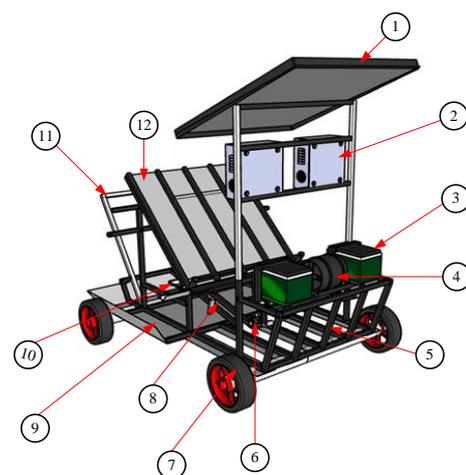
Gambar 13. Rangka mesin penanam padi tampak samping



Gambar 14. Rangka mesin penanam padi tampak atas

2) Desain PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Desain PLTS pada mesin penanam padi merupakan gambaran keseluruhan dari mesin penanam padi yang akan dibuat. Berikut adalah desain PLTS pada mesin penanam padi. Desain PLTS pada mesin penanam padi dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Desain keseluruhan PLTS pada mesin penanam padi  
Keterangan:

1. Panel surya
2. Box panel control

3. Baterai
4. Motor DC
5. Rangka mesin
6. As penggerak lengan penanam
7. Ban mesin penanam padi
8. Lengan penanam padi
9. Pelampung mesin penanam padi
10. Lengan penggerak penampang padi
11. Pegangan mesin penanam padi
12. Penampang padi

4. Beban Motor DC
 

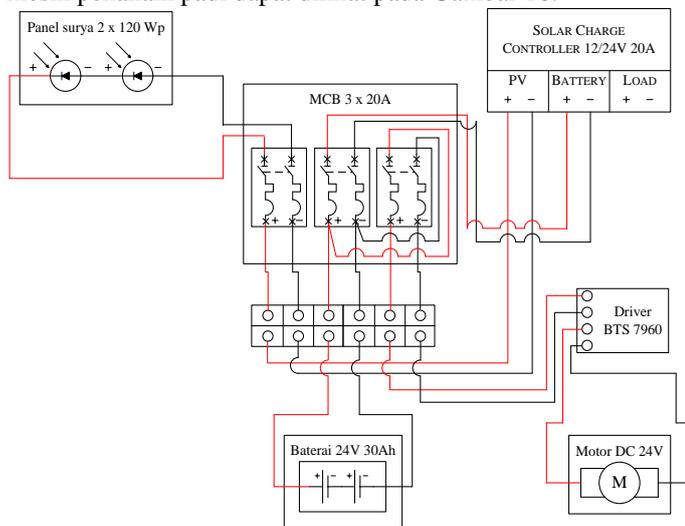
Beban yang digunakan pada penelitian ini adalah beban motor DC 24Volt dengan daya sebesar 250 Watt dan memiliki arus nominal (In) sebesar 3A serta memiliki kecepatan putar sebesar 4.200 rpm. Motor DC memiliki type *brushed* atau menggunakan sikat.
5. *Mini Circuit Breaker* (MCB) DC
 

MCB pada penelitian ini berfungsi sebagai pengaman dari panel surya ke SCC, dari SCC ke baterai dan dari baterai ke beban. Kapasitas MCB yang digunakan adalah sebesar 20A.
6. *Driver* BTS 7960
 

Driver BTS 7960 digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC agar kecepatan lengan tanam sesuai dengan perencanaan.

**C. Diagram Satu Garis PLTS Pada Mesin Penanam Padi**

Diagram satu garis atau *single-line* diagram dibuat dengan tujuan untuk acuan dan gambaran awal (*wiring*) dalam pembuatan PLTS pada mesin penanam padi. Diagram satu garis PLTS pada mesin penanam padi. Diagram satu garis PLTS pada mesin penanam padi dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. *Single-line* diagram PLTS pada mesin penanam padi

Keterangan diagram satu garis sistem PLTS pada mesin penanam padi:

1. Panel surya
 

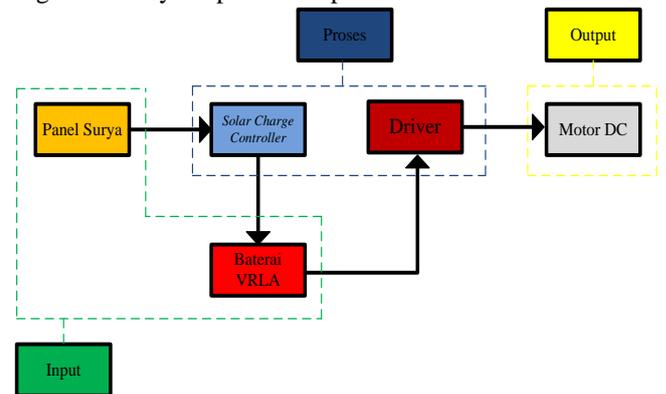
Kapasitas panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah 120 Wp dengan jenis *monocrystalline*. Penelitian ini menggunakan 2 buah panel surya yang dihubungkan seri untuk memenuhi suplai tegangan ke beban dan penstabilan tegangan saat pengisian baterai.
2. *Solar Charge Controller* (SCC)
 

Kapasitas SCC yang digunakan pada penelitian ini adalah 20A dengan *rating battery nominal voltage* 12/24V *Auto*, dan jenis SCC yang digunakan berjenis *maximum power point tracker* (MPPT). SCC memiliki tampilan untuk mengetahui tegangan yang dikeluarkan oleh panel surya, besar arus pengisian baterai dan daya yang dihasilkan oleh panel surya.
3. Baterai/Aki
 

Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah 12Volt 30Ah, yang disusun secara seri untuk meningkatkan tegangan sebesar 24Volt untuk mensuplai beban motor DC yang telah ditentukan.

**D. Blok Diagram**

Blok diagram merupakan gambaran umum penelitian yang berguna untuk mengetahui proses kerja sistem sehingga memudahkan dalam proses penelitian dan perancangan alat. Dan berikut adalah blok diagram untuk sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada mesin penanam padi. Diagram bloknya dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Diagram blok sistem PLTS pada mesin penanam padi

Adapun penjelasan dari blok diagram ataupun gambaran umum system PLTS pada mesin penanam padi.

1. Panel surya dengan jenis *monocrystalline* sebagai inputan menerima energi matahari yang akan dirubah menjadi energi listrik arus searah (DC) yang berfungsi sebagai *power supply* atau sumber utama dari mesin penanam padi ini.
2. Yang kemudian dikelola oleh *solar charge controller* dan dapat langsung digunakan sebagai suplai beban DC yang dimana pada blok diagram tersebut mensuplai motor DC. Selain dapat mensuplai langsung ke beban, *solar charge controller* juga mengisi daya pada baterai.
3. Baterai tersebut juga dapat dikatakan sebagai *inputan* energi listrik, dan dapat digunakan pada saat cuaca tidak mendukung (mendung) ataupun malam hari. Jenis baterai yang digunakan pada mesin penanam padi adalah *lead acid* atau VRLA.
4. Dan beban yang digunakan pada mesin penanam padi ini adalah Motor DC dengan daya 250 W.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penghitungan Sistem PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Perencanaan komponen PLTS yang akan digunakan pada mesin penanam padi terlebih dahulu di penghitungkan terlebih dahulu agar komponen yang digunakan tepat dengan beban yang terpasang. Perencanaan beban pada mesin penanam padi dan penghitungan komponen PLTS adalah sebagai berikut:

1) Menghitung Total Beban

Besar daya pada yang dihasilkan pada perancangan ini adalah 250 Watt, dengan asumsi yang akan direncanakan mesin penanam akan bekerja selama 3 jam maka, penghitungan total pemakaian energi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian Energi} &= (\text{Jumlah beban} \times \text{Daya beban}) \times \\ &\quad \text{Lama pemakaian beban} \\ \text{Pemakaian Energi} &= (1 \text{ Buah Motor DC} \times 250 \text{ Watt}) \times \\ &\quad 3 \text{ jam} \\ \text{Pemakaian Energi} &= 250 \text{ Watt} \times 3 \text{ jam} \\ \text{Pemakaian Energi} &= 750 \text{ Wh} / 0,750 \text{ kWh} \end{aligned}$$

2) Menentukan Kapasitas Dan Jumlah Panel

Perencanaan selanjutnya adalah untuk menentukan kapasitas dan jumlah panel surya yang akan digunakan. Setelah mengetahui jumlah daya perhari dari mesin penanam padi lalu kita tentukan waktu penyinaran terbaik matahari perharinya. Waktu penyinaran matahari terbaik pada 1 harinya yaitu, berlangsung sekitar 5 jam yang dimulai dari jam 10 sampai jam 15:00. Maka, untuk mengetahui kapasitas panel surya yang digunakan dapat menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas panel surya} &= \frac{\text{Jumlah daya perhari}}{\text{lama waktu penyinaran matahari terbaik}} \\ &= \frac{750 \text{ wh}}{5 \text{ h}} \\ &= 150 \text{ Wp} \end{aligned}$$

Maka, kapasitas panel surya yang digunakan adalah 150 Wp, dikarenakan keterbatasan oleh penulis panel surya yang digunakan adalah kapasitas 120 Wp. Setelah mengetahui kapasitas panel surya kemudian kita menghitung area array (PV area).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) kota Samarinda yang terdapat pada Gambar.14, di tahun 2018 suhu tertinggi di daerah Samarinda terjadi pada bulan September yang mencapai 33.6°C, sedangkan suhu minimum terjadi pada bulan Juli yaitu mencapai 21.7°C. Panel surya dengan kapasitas 120 Wp memiliki efisiensi sebesar 20%. Maka, besar daya yang berkurang pada saat suhu di sekitar panel surya mengalami kenaikan 8.6°C dari suhu normal 25°C dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} P \text{ saat naik } ^\circ\text{C} &= 0.5 \% \text{ per } ^\circ\text{C} \times P_{\text{mpp}} \times \Delta t \\ P \text{ saat naik } 8.6^\circ\text{C} &= 0.5 \% \text{ per } ^\circ\text{C} \times 120\text{W} \times 8.6^\circ\text{C} \\ &= 5.16 \text{ W} \end{aligned}$$

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat naik menjadi 33.6°C dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} P_{\text{MPP}} \text{ saat naik menjadi } t \text{ } ^\circ\text{C} &= P_{\text{MPP}} - P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C} \\ P_{\text{MPP}} \text{ saat } t = 33.6^\circ\text{C} &= 120 \text{ W} - 5.16 \text{ W} \\ &= 114.84 \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluar maksimum modul surya pada saat suhu naik menjadi 33.6°C, maka nilai TCF dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{TCF} = \frac{P_{\text{mpp}} \text{ saat naik menjadi } t \text{ } ^\circ\text{C}}{P_{\text{mpp}}}$$

$$\text{TCF} = \frac{114.84 \text{ W}}{120 \text{ W}}$$

$$\text{TCF} = 0.957 \approx 0.96$$

Besar nilai efisiensi output ( $\eta_{\text{out}}$ ) dari nilai efisiensi solar charge controller dan efisiensi baterai maka, besar nilai output adalah 93.3%. Maka untuk dapat memperoleh nilai luas area PV digunakan rumus:

$$PV_{\text{area}} = \frac{W}{G_{\text{av}} \times \eta_{\text{pv}} \times \text{TCF} \times \eta_{\text{out}}}$$

$$PV_{\text{area}} = \frac{4.83 \text{ kWh/m}^2 \times 0.20 \times 0.96 \times 0.933}{0.75}$$

$$PV_{\text{area}} = 0.866 \approx 0.87 \text{ m}^2$$

Setelah mengetahui luas area array maka, selanjutnya kita dapat mengetahui daya yang dibangkitkan oleh PLTS (Wattpeak). Dengan nilai area array 0.87m<sup>2</sup>, Peak Sun Insulation sebesar 1.000 W/m<sup>2</sup> dan efisiensi panel surya sebesar 20% maka, dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P_{\text{wattpeak}} = \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{pv}}$$

$$P_{\text{wattpeak}} = 0.87 \times 1.000 \text{ W/m}^2 \times 0.20$$

$$= 174 \text{ Wattpeak}$$

Panel surya yang digunakan pada perencanaan mesin penanam padi ini memiliki kapasitas P<sub>MPP</sub> sebesar 120 Wp per panel surya. berdasarkan nilai P<sub>MPP</sub> dan hasil penghitungan P<sub>wattpeak</sub> maka, jumlah panel surya yang digunakan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{\text{wattpeak}}}{P_{\text{MPP}}}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{174 \text{ Wattpeak}}{120 \text{ Wattpeak}}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = 1.45 \approx 2 \text{ Panel Surya}$$

Setelah mengetahui jumlah panel surya yang akan digunakan. Selanjutnya, kita mencari tahu besaran dari nilai V<sub>mp array</sub> dan I<sub>mp array</sub> pada panel surya. Sistem panel surya yang digunakan pada perencanaan ini disusun secara seri untuk mendapatkan nilai tegangan sistem 24 Volt dan nilainya dapat disesuaikan dengan rating SCC yang digunakan adalah sebesar 12/24 VDC. Sehingga dari perencanaan tersebut, panel surya dapat menghasilkan tegangan dan arus dengan nilai yang dihitung dengan rumus:

$$V_{\text{mp array}} = V_{\text{mp}} \times 2$$

$$= 18,2 \times 2$$

$$= 36,4 \text{ VDC}$$

$$I_{\text{mp array}} = I_{\text{mp}} \times 1$$

$$= 6,67 \times 1$$

$$= 6,67 \text{ ADC}$$

3) Menentukan Kapasitas Solar Charge Controller

Menentukan kapasitas solar charge controller terlebih dahulu menghitung daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh array panel surya, yaitu dengan rumus:

$$P_{\text{mpparray}} = V_{\text{mpparray}} \times I_{\text{mpparray}}$$

$$= 36,4 \text{ V} \times 6,67 \text{ A}$$

$$= 242,788 \text{ Watt}$$

Setelah mengetahui nilai daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh array panel surya, dengan parameter safety factor yaitu, sebesar 1.25. Maka kapasitas solar charge controller dapat dihitung dengan Persamaan 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas SCC} &= \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \\ &= \frac{242,788 \text{ Watt} \times 1,25}{36,4 \text{ Volt}} \\ &= 8,3375 \text{ Ampere} \approx 10 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan penghitungan yang telah dilakukan, kapasitas solar charge controller yang digunakan pada perencanaan ini sebanyak 1 buah dengan minimum spesifikasi sebesar 10 Ampere atau lebih. Karena tidak ada spesifikasi SCC yang diinginkan yaitu sebesar 10 Ampere jadi penulis menggunakan solar charge controller dengan kapasitas sebesar 20 Ampere.

4) Menentukan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai ditentukan berdasarkan energi listrik yang dibutuhkan pada motor dc selama 3 jam yaitu, 0,750 kWh. Dengan memperhatikan beberapa faktor maka kapasitas baterai dapat ditentukan. Beberapa faktor tersebut seperti, temperatur atau penempatan baterai, DoD (*Deep of Discharge*) yang biasa dimiliki baterai sebesar 80%, dan *Autonoms Days* yaitu keadaan pada saat tidak ada radiasi (pancaran) sinar matahari atau keadaan dimana radiasi matahari tidak maksimal biasanya selama 3 hari.

Menentukan kapasitas atau kemampuan sebuah baterai dalam menyimpan energi listrik yang berasal dari panel surya, yang akan digunakan sebagai penyedia daya listrik ke beban secara efisien. Maka, besar kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Baterai} &= \frac{W \times AD}{(DoD \times Vs)} \\ &= \frac{750 \text{ Watt} \times 3 \text{ hari}}{(0,8 \times 24 \text{ Volt})} \\ &= \frac{2.250}{19,2} \\ &= 117,19 \text{ Ah} \approx 150 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Karena keterbatasan yang dialami penulis dalam melakukan perencanaan sistem PLTS ini, maka baterai yang digunakan hanya memiliki kapasitas 30 Ah. Kapasitas baterai yang akan digunakan, ditentukan berdasarkan energi listrik yang dibutuhkan motor DC selama 3 jam yaitu 750 Watt.

B. Pengujian Sistem PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Pengujian sistem PLTS sebagai sumber utama pada mesin penanam padi yang dilakukan adalah pengujian sistem PLTS pada mesin penanam padi. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui efektifitas kinerja sistem PLTS pada mesin penanam padi. Parameter – parameter operasi yang diambil pada pengujian ini yaitu tegangan dan arus pada baterai yang disuplai langsung oleh PLTS serta tegangan dan arus pada beban motor DC. Berikut merupakan data pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 3:

TABEL 3  
PENGUJIAN SISTEM PLTS PADA MESIN PENANAM PADI

Menit	Pengukuran Baterai (DC)			Pengukuran Beban Motor (DC)		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	23.70	0.8	18.96	19.32	0.8	15.46

5	23.66	0.8	18.93	18.82	0.8	15.1
10	23.60	0.8	18.88	18.39	0.9	16.55
15	23.55	0.7	16.48	18.25	0.9	16.43
20	23.46	0.7	16.42	18.05	1	18.05
<b>Rata-Rata</b>	23.60	0.76	17.93	18.57	0.88	16.32

Berdasarkan pengukuran motor DC pada mesin penanam padi yang telah dilakukan, selanjutnya menghitung efisiensi pada motor DC. Penghitungan dapat dilakukan berdasarkan data rata-rata daya output baterai yang terhubung dengan sistem PLTS dan daya output dari motor DC yang terdapat pada Tabel 4.15. Penghitungan efisiensi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{16.32}{17.93} \times 100\% \\ \eta &= 91,02\% \end{aligned}$$

Maka, dari penghitungan di atas nilai efisiensi yang di dapat dari motor DC adalah sebesar 91,02%. Dari hasil pengukuran pada Tabel 1, pengujian sistem PLTS dengan beban motor DC yang dilakukan selama 20 menit dengan jeda pengukuran per 5 menit, terjadi penurunan tegangan kerja dari motor DC setiap menitnya saat pengambilan data. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya pengontrolan kecepatan putar (PWM) sehingga tegangan kerja pada motor DC tidak sesuai dengan spesifikasi yang seharusnya digunakan. Hal ini juga mempengaruhi kinerja motor DC yang mengakibatkan motor DC lebih cepat panas.

V. SIMPULAN

Dari hasil perancangan, perhitungan, pengujian dan pembahasan yang telah dilaksanakan dari perencanaan pemanfaatan PLTS pada mesin penanam padi, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas PLTS yang digunakan pada mesin penanam padi menggunakan panel surya dengan kapasitas 2 x 120 Wp, solar charge controller berkapasitas 12/24 V 20 A dan baterai 24 Volt 30 Ah.
2. Kinerja suatu panel surya sangat bergantung kepada tingkat radiasi cahaya matahari tiap harinya. Semakin besar radiasi atau penyinaran matahari, maka akan semakin besar pula arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.
3. Efisiensi pada motor DC pada mesin penanam padi sudah sangat baik yaitu sebesar 91,02% tetapi, motor DC mudah panas hal ini disebabkan oleh pengontrolan kecepatan yang digunakan sehingga tegangan yang disuplai tidak sesuai dengan spesifikasi motor DC.

LAMPIRAN



## REFERENSI

- [15] A. Julisman, I. D. Sara dan R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola," *Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 35-42, 2017.
- [16] V. R. Kossi, "Perencanaan PLTS terpusat (off-grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah," *J3EIT Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, vol. 6 no.1 , 2018.
- [17] Q. Hidayati, "Pengaturan kecepatan motor DC dengan menggunakan mikrokontroler Atmega 8535," *Jurnal Sains Terapan*, vol. 4 no. 1, pp. 1-5, 2012.
- [1] L. D. Rifai, S. H. Tongkukut dan S. S. Raharjo, "Analisis intensitas radiasi matahari di Manado dan Maros," *Jurnal MIPA Unsrat Online*, vol. 3, no. 1, pp. 49-52, 2014.
- [2] Y. Rahmawati and Sujito , *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Malang: Universitas Negeri Malang, 2019.
- [3] S. Sukmajati dan M. Hafidz, "Perancangan dan analisis pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 10 MW on grid di Yogyakarta," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 7, no. 1, pp. 49-63, 2015.
- [4] V. R. Yandri, "Prospek pengembangan energi surya untuk kebutuhan listrik di indonesia," *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, vol. 4, no. 1, pp. 14-19, 2012.
- [5] N. Safitri, T. Rihayat dan S. Riskina, *Buku Teknologi Photovoltaic*, Banda Aceh: Yayasan Puga Aceh Riset, 2019.
- [6] S.G. Ramadhan dan C. Rangkuti, "Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya di atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti," *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*, pp. 22.1-22.11, 2016.
- [7] I. B. K. Sugirianta, I. G. N. A. D. Saputra dan I. G. A. M. Sunaya, *Draft Buku Ajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Bali: Politeknik Negeri Bali, 2019.
- [8] B. Kencana, P. Budi, dkk. , *Paduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat*, Jakarta: Tetra Tech ES, Inc., 2018.
- [9] B. Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Tenaga Surya Dos & Don'ts*, Jakarta: Deutsche Gesellschaft fur International Zusammenarbeit, 2018.
- [10] L. Halim and C. F. Naa, "Desain sistem pendayaan energi listrik pada rumah kaca pintar dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya," *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOMputeR)*, vol. 2, no. 1, pp. 43-50, 2019.
- [11] T. Engelbertus, "Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya untuk catu daya tambahan pada Hotel Kini Kota Pontianak," *J3EIT Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Tecnology*, vol. 4 no. 2, 2016.
- [12] J. Heri, "Pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya solar cell kapasitas 50WP," *Engineering: Jurnal Bidang Teknik*, vol. 3 no. 1 pp. 47-55, 2012.
- [13] Z. Syamsudin, S. Hidayat dan M. N. Effendi, "Perencanaan penggunaan plts di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 70-83, 2017.
- [14] I. Hajar, *Studi Perencanaan Penambahan Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Salemo*, Jakarta: Teknik Elektro STT-PLN, 2015.