

DESAIN SISTEM POMPA AIR SOLAR PHOTOVOLTAIC (SPV) 125 WATT DI DESA RAMBAT, KECAMATAN GEYER, KABUPATEN GROBOGAN

Harmini¹⁾, Titik Nurhayati²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Semarang, Semarang Indonesia 50196

Jl. Soekarno Hatta Tlogosari, Semarang

Telp (024)6702757

e-mail: harmini@usm.ac.id¹⁾, tknur@usm.ac.id²⁾

Abstrak - Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan prototype sebuah sistem pompa air menggunakan solar photo-voltaic (SPV) yaitu merancang sebuah SPV sesuai dengan kebutuhan yaitu antara kebutuhan PV dengan kapasitas pompa air. Daya yang dihasilkan oleh sistem photovoltaic akan digunakan untuk menggerakkan pompa air. Salah satu daerah diwilayah Jawa Tengah yang belum mendapatkan sumber air meskipun sudah mendapatkan jaringan PLN adalah Dusun satreyan, Desa Rambat Kecamatan Geyer Kabupaten Grobogan. Sistem pompa air solar photovoltaic (SPV) dirancang dengan menggunakan panel SPV, Solar Charge Controller, Baterai dan Inverter untuk kebutuhan 1 kepala keluarga dengan kapasitas air per hari adalah 300 Liter. Kapasitas pompa air adalah 125 Watt, jumlah panel SPV sebesar 2 masing-masing dengan kapasitas 100 Wp, kapasitas baterai, solar charge controller dan inverter adalah 60 Ah, 10.42 Ampere dan 12 volt DC 220 VAC. Nilai efisiensi rata-rata dari sistem pompa air SPV secara keseluruhan adalah 61.18%.

Kata Kunci: *Solar Photovoltaic (SPV), Pompa Air*

Abstract — *In this research will be designing a prototype of a water pump system using solar photovoltaic (SPV) that is designing a SPV in accordance with the needs of PV with the capacity of water pump. The power generated by the photovoltaic system will be used to drive the water pump. One of the areas in Central Java region that have not received water source is Dusun satreyan, Rambat Village Geyer Sub-district Grobogan District. The solar photovoltaic (SPV) water pump system is de-signed using SPV panels, Solar Charge Controller, Battery and Inverter for the needs of 1 family head with water capacity per day is 300 Liter. The water pump capacity is 125 Watt, the number of SPV panels of 2 each with a capacity of 100 Wp, battery capacity, solar charge controller and inverter is 60 Ah, 10.42 Ampere and 12 volts DC 220 VAC. The average efficiency rating of the SPV water pump system as a whole is 61.18%*

Keywords: *MPPT, Solar Photovoltaic, Tracking.*

I. Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan sumber energi terbarukan yang sangat efektif dan ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi. Sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan sel surya atau *photovoltaic array (PV)*. Salah satu aplikasi PLTS adalah proses pengangkatan air atau pompa air yang biasa disebut dengan sistem pompa air *solar photovoltaic (SPV)*[1-3][6-8]. Pada penelitian ini dilakukan perancangan *prototype* sebuah sistem pompa air menggunakan *solar photovoltaic (SPV)* yaitu merancang sebuah SPV sesuai dengan kebutuhan yaitu antara kebutuhan PV dengan kapasitas pompa air. Daya yang dihasilkan oleh sistem *photovoltaic* akan digunakan untuk menggerakkan pompa air.

Penelitian ini perlu dilakukan karena masih banyak daerah di wilayah Jawa Tengah yang belum mendapatkan

sumber air yang layak dan jauh dari jangkauan jaringan listrik. Daerah-daerah tersebut terletak pada daerah pegunungan atau daerah terpencil. Salah satu daerah diwilayah Jawa Tengah yang belum mendapatkan sumber air meskipun sudah mendapatkan jaringan PLN adalah Dusun satreyan, Desa Rambat Kecamatan Geyer Kabupaten Grobogan. Desa Rambat merupakan daerah perbukitan yang berada disekitar waduk Kedung Ombo Kabupaten Grobogan. Sumber air atau sungai berada dibawah rumah tempat tinggal warga sehingga untuk mendapatkan air keperluan sehari-hari, warga harus memompa air tersebut keatas. Kondisi saat ini sudah terdapat sumur didaerah dekat sungai dengan kedalaman sumur 3 sampai dengan 4 meter, kemudian dipompa untuk dialirkan ke rumah-rumah warga. Sumber tenaga untuk menggerakkan pompa berasal dari jaringan PLN dengan daya yang terbatas dan konstruksi instalasi listrik yang tidak teratur. Penggunaan PV akan membantu masyarakat agar mereka tidak membayar listrik ke PLN, warga bisa mendapatkan air dengan sumber energy PV. Berdasarkan kondisi daerah tersebut maka pompa air *solar photovoltaic* sangat diperlukan bagi warga dusun Satreyan desa Rambat untuk mendapatkan air.

II. Pompa Air Solar Photovoltaic

Komponen yang paling penting pada sistem pompa air *solar photovoltaic* adalah desain pompa air yang digunakan. Pompa air *solar photovoltaic* didesain menggunakan sumber energi dari matahari yang sangat efisien[6]. Pompa air konvensional memerlukan sumber tegangan AC yang stabil baik dari jaringan PLN maupun dari generator. Pompa air *solar photovoltaic* ada dua macam yaitu ada pompa air DC dan pompa air AC. Masing-masing pompa memiliki sistem kontrol tersendiri. Fungsi utama kontroler pompa air DC di dalam sebuah baterai sistem pemompaan adalah untuk menaikkan tegangan baterai agar sesuai dengan tegangan masukan pompa[6].

A. Perhitungan Pompa

Diameter pipa dan kecepatan aliran merupakan dua parameter yang selalu ada dalam sistem pemompaan. Persamaan 1 digunakan untuk menghitung parameter diameter pipa dan kecepatan aliran[7].

$$Di = 3.9 \times Q_F^{0.45} \rho^{0.13} \quad (1)$$

Dimana, Di adalah diameter dalam pipa mm atau inch, Q adalah kapasitas / Debit aliran dalam m³/jam atau liter/menit dan ρ adalah jenis fluida dalam kg/m³

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (3)$$

Dimana V adalah kecepatan aliran fluida m/dt , Q adalah debit aliran atau kapasitas air m^3/jam atau liter/menit dan A adalah Luas permukaan m^2 .

Friction Loss pipa dan fitting disebabkan gesekan antara air didalam permukaan pipa dan *fitting*, sehingga menimbulkan gaya gesek, inilah yang menyebabkan hambatan pada tekanan pompa, besarnya *friction loss* tergantung dari jenis material yang digunakan, diameter pipa dan panjang pipa. Pendekatan metode Hazen William digunakan untuk menentukan besarnya *friction loss* seperti ditunjukkan pada (4)[7].

$$H_F = H_L \times L_{pipa} \quad (4)$$

$$H_L = \left(\frac{3.35 \times 10^6 \times Q}{d^{2.63} \times C} \right)^{1.852} \quad (5)$$

Dimana H_{Fpipa} adalah *Friction Loss* pipa dalam meter, L_{pipa} adalah panjang pipa dalam meter, H_L adalah *Head Loss* pipa dalam $m/100m$, Q adalah debit pompa dalam liter/detik, d adalah diameter pipa dalam mm atau inch dan C adalah konstanta Hazen William[7]

Daya yang dibutuhkan pompa ditunjukkan pada (6) dan (7).

$$P = \frac{Q H \rho}{367 \times \eta} \quad (6)$$

$$P = \frac{Q H r}{270 \times h} \quad (7)$$

Dimana P adalah daya dalam satuan W atau HP , Q adalah debit air atau kapasitas aliran m^3/jam , H adalah Total Head katalog pompa dalam meter, ρ adalah berat jenis fluida kg/m^3 dan η adalah efisiensi dalam persen.

B. Perhitungan Kapasitas Panel Solar Photovoltaic[8]

Perhitungan kapasitas sistem pembangkit listrik tenaga matahari dengan kapasitas daya kurang dari 1000 Watt harus ditambahkan dengan faktor pembebanan dan rugi-rugi sistem sebesar 20% [6][7]. Beban yang sudah ditentukan dikalikan dengan faktor 1.2 seperti (8)[8].

$$E_T = E_B \times \text{Rugi dan safety factor} \quad (8)$$

$$E_T = E_B \times 1.2$$

Dimana E_B adalah Energi beban (Watt Jam perhari) dan E_T adalah Energi total beban (Watt Jam perhari)

Faktor penyesuaian untuk instalasi sistem pembangkit listrik energi surya adalah 1.1 [5], sehingga kapasitas daya modul panel solar *photovoltaic* yang dihasilkan ditunjukkan pada (9).

$$C_{\text{Panel surya}} = \frac{E_T}{I_M} \times \text{FP} \quad (9)$$

Dimana I_M adalah Insolasi matahari (Kwh/m^2) dan FP adalah Faktor Penyesuaian

Nilai energi nominal ditentukan dari keluaran harian minimum modul panel solar *photovoltaic* (T_{nominal}) dan daya nominal modul panel *photovoltaic*, seperti ditunjukkan pada (10) dan (11).

$$T_{\text{nominal}} = \frac{JSG}{MSG 1000} \quad (10)$$

$$E_{\text{modul}} = P_{\text{nominal}} \times T_{\text{nominal}} \quad (11)$$

Dimana T_{nominal} adalah lamanya modul mendapatkan sinar matahari (jam), JSG adalah jumlah sinar matahari (Wh/m^2) dan MSG adalah maksimum sinar matahari ($Watt/m^2/hari$), E_{modul} adalah energi yang dihasilkan modul *photovoltaic* ($Wh/hari$), P_{nominal} adalah daya nominal modul (Watt).

Jumlah minimum modul panel *photovoltaic* ditentukan dengan menggunakan keluaran harian minimum modul panel dan DOD (*Deep of Discharge*) baterai yang umumnya dipakai 80% untuk jenis baterai Lead acid[4]. Jumlah minimum modul panel *photovoltaic* yang diperlukan ditunjukkan pada (12).

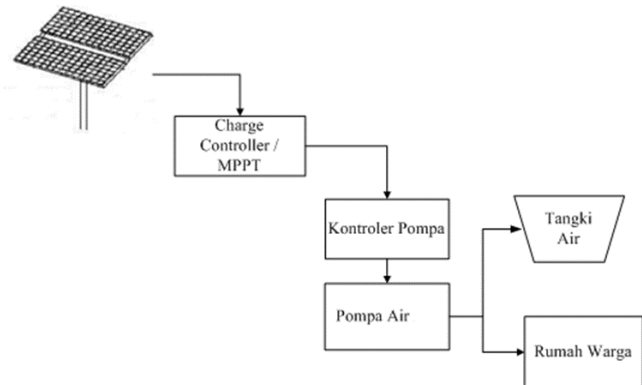
$$\sum \text{modul panel PV} = \frac{E_T \times 100\%}{\frac{E_{\text{modul}}}{80\%}} \quad (12)$$

III. Metode Penelitian

A. Model Penelitian

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembuatan sebuah prototype system pompa air *Solar Photovoltaic*. Proses pembuatan berdasarkan pada blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 1. Pada penelitian ini menitik beratkan pada perancangan pompa air yang digerakkan oleh *Solar Photovoltaic* agar sesuai antara kebutuhan daya PV dan Pompa Air. Blok diagram perencanaan sistem pompa air menggunakan *solar photovoltaic* terdiri dari panel PV, pengontrol pompa air dan pompa air sebagai beban. Komponen yang digunakan dalam perancangan antara lain: Panel Surya atau *Solar Photovoltaic*, Pompa Air, Tangki atau bak tando air, Pipa Transmisi, Kabel Power dan Kabel Transmisi

Variabel yang ukur berupa nilai Tegangan, Arus dan Daya keluaran system *Photovoltaic* dan efisiensi pompa air



Gambar 1. Blok Diagram Sistem pompa air solar photovoltaic

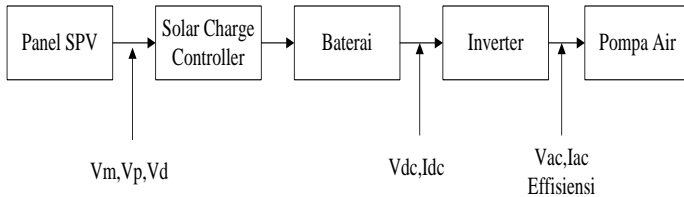
IV. Hasil dan Pembahasan

A. Analisa kondisi masyarakat sekitar

Dusun Satreyan RT 05 RW 01, Desa Rambat Kecamatan Geyer Kabupaten Grobogan merupakan daerah yang terletak pada perbukitan Kedung Ombo. Koordinat kabupaten Grobogan terletak pada $110^{\circ}32' - 111^{\circ}15'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}55' - 7^{\circ}16'$ Lintang Selatan. Daerah ini terletak diatas aliran sungai uter yang merupakan salah satu sungai terpanjang pemasok air bendungan Kedung Ombo. Limpahan air dari bendungan Kedung Ombo juga dialirkan di sungai uter. Perencanaan sistem pompa air ini menggunakan solar *photovoltaic* karena pada daerah tersebut mendapatkan radiasi matahari yang cukup tinggi yaitu $800 W/m^2$ sd $2500 W/m^2$ secara menerus mulai jam 9.00 sd jam 14.00 [data online BMKG].

B. Pengujian Panel Solar Photovoltaic

Pengujian panel solar *photovoltaic* dilakukan dengan menggunakan beban pompa air, pengujian dimulai pada pukul 09.00 sampai dengan 14.00 dengan asumsi pada jam tersebut adalah kondisi maksimal penyinaran matahari. Panel solar *photovoltaic* diarahkan dengan sudut kemiringan 6 derajat kearah selatan. Sudut ini sesuai dengan lintang selatan wilayah kabupaten Grobogan. Blok diagram pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil pengukuran panel SPV ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Blok diagram pengukuran

Tabel 1. Hasil Pengukuran panel SPV

Jam	Vm (Volt)	Vp (Volt)	Ip (Ampere)	P (Watt)	Vd (%)
9:00	13,56	12,93	1,8	23,27	4,87
10:00	13,61	12,96	2,23	28,90	5,02
11:00	13,65	12,96	2,27	29,42	5,32
12:00	13,76	12,95	2,27	29,40	6,25
13:00	13,46	12,9	1,75	22,58	4,34
14:00	13,51	12,85	1,7	21,85	5,14

Vm adalah tegangan maksimum panel SPV ketika tidak dibebani, Vp dan Ip adalah tegangan – arus setelah panel SPV dibebani pompa air, Vd adalah jatuh tegangan antara tegangan maksimum tanpa beban dengan tegangan setelah dibebani. Vd didapatkan dari persamaan 13.

$$V_d = \frac{V_m - V_p}{V_p} \times 100\% \quad (13)$$

$$V_d = \frac{13.56 - 12.93}{12.93} \times 100\% = 4.87\%$$

Tabel 1 menunjukkan bahwa tegangan rata-rata maksimum yang dihasilkan oleh panel SPV adalah 13.59 Volt, tegangan dan arus rata-rata setelah terbebani sebesar 12.92 Volt dan 2 A. Rata-rata jatuh tegangan adalah 5.15%

Data primer intensitas cahaya matahari didapatkan dari data online BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) melalui website http://dataonline.bmkg.go.id/ketersediaan_data yang diakses pada tanggal 27 Juli 2017. Data yang diambil adalah data perjam dari jam 09.00 sampai dengan 17.00. Rata-rata intensitas cahaya matahari pada wilayah Grobogan adalah 2435 W/m². Data primer intensitas cahaya matahari wilayah kabupaten Grobogan ditunjukkan pada Tabel 2.

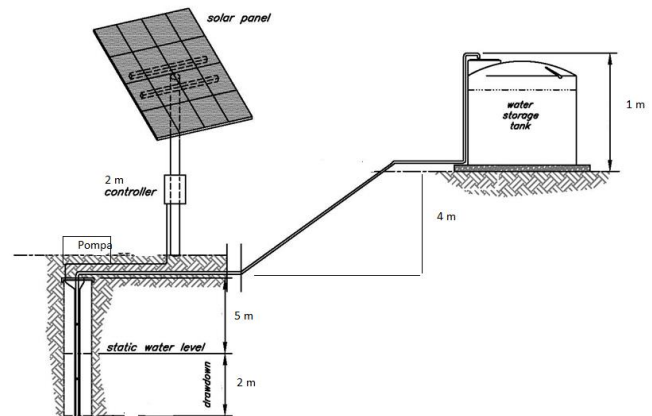
Tabel 2. Data Primer Intensitas Cahaya Matahari

Jam	Intensitas Matahari (W/m ²)
7:00	2310
8:00	2460
9:00	2480
10:00	2588
11:00	2595
12:00	2598
13:00	2570
14:00	2410
15:00	2320
16:00	2290
17:00	2170

C. Perancangan pompa air menggunakan Solar Photovoltaic

Masyarakat Dusun Satreyan diasumsikan sebagai masyarakat dengan kebutuhan air untuk rumah tangga kelas menengah kebawah. Setiap rumah tangga atau 1 KK terdiri dari 4 orang yaitu suami istri dengan 2 orang anak. Diasumsikan kebutuhan air per orang per hari adalah 60 Liter/Orang/hari. Perencanaan untuk 1 KK yaitu dengan kebutuhan air 240 Liter/hari. Kapasitas Roof tank yang digunakan adalah 250 sampai dengan 300 liter.

Analisa kebutuhan pompa air meliputi desain flow rate atau kapasitas air sesuai kondisi penyinaran matahari, total dynamic head (TDH) dan friction loss. Kondisi penyinaran matahari diasumsikan adalah 5 jam (300 menit) dari pukul 09.00 sampai dengan jam 14.00, karena pada jam tersebut intensitas matahari tinggi sehingga panel SPV bisa menghasilkan daya maksimal. Kapasitas penyimpanan air dipilih 300 L maka dengan kondisi penyinaran 300 menit, maka nilai flow rate pompa yang direncanakan adalah 300L/300Menit = 1 Lpm. Total dynamic head (TDH) pompa direncanakan berdasarkan layout pemasangan pompa air seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Layout sistem Pompa air

Pressure head dan friction head dianggap nol karena tidak ada tekanan yang masuk ke tempat penyimpanan air, sehingga TDH sama dengan 12 meter. Jika diketahui flowrate 1 Lpm,

TDH 12 meter = 39.6 ft maka dapat digunakan pompa sentrifugal dengan kapasitas sekitar 80 Watt. Pada perancangan penelitian ini dipilih pompa dengan kapasitas 125 Watt, tegangan 220 Volt dan arus 1.3 Ampere.

Kebutuhan panel solar *photovoltaic* ditentukan berdasarkan kapasitas pompa air yang akan digunakan. Kapasitas pompa adalah 125 Watt yang akan dioperasikan selama 2 jam sehingga energi beban adalah 2 jam x 125 watt = 250 Wh. Energi total beban ditentukan berdasarkan energi beban dikalikan dengan safety factor yaitu 1.2, sehingga besarnya energy total beban adalah 250 Wh x 1.2 = 300 Wh.

$$C_{Panel\ surya} = \frac{E_T}{I_M} \times FFP$$

$$C_{Panel\ surya} = \frac{300\ Wh}{2.435\ Kwh} \times 1.1$$

$$C_{Panel\ surya} = 135.52\ WP$$

Panel SPV yang di gunakan adalah modul panel dengan kapasitas 100 Wp dengan radiasi maksimum matahari adalah 1000 Wh/m². Rata-rata jumlah radiasi matahari wilayah grobogan adalah 2.435 Wh/m²/hari, sehingga lamanya modul panel mendapatkan penyinaran matahari adalah:

$$T_{nominal} = \frac{JSG}{MSG\ 1000}$$

$$T_{nominal} = \frac{2435\ \frac{wh}{m^2}/hari}{1000\ \frac{wh}{m^2}/hari}$$

$$T_{nominal} = 2,435\ jam = 2.5\ jam$$

$$E_{modul} = P_{nominal} \times T_{nominal}$$

$$E_{modul} = 100\ Wp \times 2,435\ jam$$

$$E_{modul} = 243,5\ wh/jam$$

Jumlah minimum panel SPV yang diperlukan ditentukan berdasarkan jumlah energi yang dihasilkan dan jenis baterai yang akan digunakan. Pada penelitian ini direncanakan menggunakan baterai lead acid 12 Volt dan DOD (Deep of Discharge) sebesar 80%. Jumlah minimum panel SPV yang diperlukan adalah:

$$\sum modul\ panel\ PV = \frac{E_T \times 100\%}{\frac{E_{modul}}{80\%}}$$

$$\sum modul\ panel\ PV = \frac{300\ wh \times 100\%}{\frac{243,5}{80\%}}$$

$$\sum modul\ panel\ PV = 1.54\ \text{atau}\ 2\ panel$$

Pemilihan baterai berkaitan dengan kapasitas penyimpanan, jika diasumsikan kapasitas penyimpanan selama 2 hari dan tegangan baterai 12 volt maka kapasitas baterai yang digunakan adalah:

$$C_{baterai} = 300\ \frac{wh}{hari} \times 2\ hari : 12\ volt$$

$$C_{baterai} = 50\ Ah$$

Jadi kapasitas baterai yang digunakan adalah 50 Ah. Pada perancangan ini digunakan 60 Ah karena kapasitas 50 Ah sulit didapatkan.

Kapasitas arus yang mengalir pada charge controller dapat ditentukan dengan mengetahui beban maksimal yang terpasang, kapasitas arus yang mengalir pada charge controller adalah:

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{V_s}$$

$$I_{max} = \frac{125\ Watt}{12\ Volt}$$

$$I_{max} = 10.42\ Ampere$$

Pemilihan inverter harus disesuaikan dengan charge controller yang digunakan. Berdasarkan tegangan sistem dan perhitungan charge controller, maka tegangan input inverter adalah 12 volt DC dan tegangan keluaran adalah 220 Volt AC sesuai tegangan yang diperlukan oleh pompa air.

D. Pengujian sistem pompa air Solar Photovoltaic

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh baterai dan inverter, sehingga akan dapat diketahui nilai efisiensi dari sistem secara keseluruhan setelah dibebani dengan pompa air. Pengukuran dilakukan dengan selang waktu 5 menit. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

10 menit ke	V _{dc} (volt)	I _{dc} (Am-pere)	V _{ac} (Volt)	I _{ac} (Am-pere)	P _{dc} (watt)	P _{ac} (Watt)	Effisiensi (%)
1	12,7	30,2	223	1,09	383,54	243,07	63,38
2	12,62	28,3	220	0,96	357,146	211,2	59,14
3	12,31	26,4	218	0,98	324,984	213,64	65,74
4	12,12	27,5	220	0,94	333,3	206,8	62,05
5	12,2	27,6	220	0,93	336,72	204,6	60,76
6	11,8	25,3	220	0,76	298,54	167,2	56,01
7	11,8	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan pada Tabel 3 terlihat bahwa energi yang tersimpan pada baterai setelah di isi oleh panel SPV hanya mampu mensuplay pompa dalam waktu 1 jam, sehingga setelah satu jam maka secara otomatis baterai akan terisi lagi oleh panel SPV. Ketika tegangan baterai mencapai 11,8 volt maka kerja inverter dan pompa air akan berhenti. Inverter dan pompa akan menyala lagi apabila baterai sudah terisi penuh. Nilai efisiensi rata-rata adalah 61.18%, hal ini dipengaruhi oleh adanya rugi-rugi yang terdapat pada lilitan didalam trafo inverter

V. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pompa air solar photovoltaic (SPV) dirancang dengan menggunakan panel SPV, Solar Charge Controller, Baterai dan Inverter untuk kebutuhan 1 kepala keluarga dengan kapasitas air per hari adalah 300 Liter.
2. Kapasitas pompa air adalah 125 Watt, jumlah panel SPV sebesar 2 masing-masing dengan kapasitas 100 Wp,

kapasitas baterai, solar charge controller dan inverter adalah 60 Ah, 10.42 Ampere dan 12 volt DC 220 VAC.

3. Nilai efisiensi rata-rata dari sistem pompa air SPV secara keseluruhan adalah 61.18%

DAFTAR PUSTAKA

- A, Daoud dan A, Midoun, 2010, "*Maximum power point tracking techniques for solar water pumping system*" Revue des Energies Renouvelables Vol.13 No 3 pp.497-507.
- Akhiro Oi, 2002, "*Design and simulation of photovoltaic water pumping system*," presented to the Faculty of California Polytechnic State University.
- B.Eker (2005), *Solar Powered Water a Pumping System*. Trakia Journal of Sciences, Vol.3, No.7, pp 7-11, 2005.
- Dunlop, J., 1997, "Batteries and Charge Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems: Fundamentals and Application," Contract Report, Florida Solar Energy Center, Cocoa, FL
- Hankin, M., (1991) Small Solar Electric Systema for Afrika, Motif Creative Arts, Ltd. Kenya
- M.Abu-Aligah (2011), "*Design of Photovoltaic Water Pumping System and Compare it with Diesel Powered pump*". Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Volume 5, Number 3 June 2011, ISSN 1995-6665, pages 273-280.
- P.Andrada and J.Castro 2012, "*Solar photovoltaic water pumping system using a new linear actuator*", GAECE, Grup d'Accionaments Electrics amb Commutacio Electronica.
- Thomas Jenkins (2013) *Designing Solar Water Pumping Systems for Livestock*". College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences.