

Desain Pompa Air Tenaga Surya DC di Mata Air Aroen, Kabupaten Manatuto, Timor Leste

Budiman Kamil¹, Jaka Windarta¹, Oo Abdul Rosyid²

¹Magister Energi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro;

²Pusat Riset Konversi dan Konservasi Energi, Badan Riset dan Inovasi Nasional;

Email : budimankamil@students.undip.ac.id (B.K), jakawindarta@lecturer.undip.ac.id (J.W),
abdul65.rosyid@gmail.com (O.A.R);

Abstrak : Teknologi Pompa Air Tenaga Surya (PATS) saat ini dapat menjadi solusi penyediaan air untuk keperluan rumah tangga yang ramah lingkungan terutama di daerah terpencil yang belum tersedia listrik. Desain sistem yang tepat sangat tergantung pada kondisi geografis, penyinaran matahari yang tersedia, kebutuhan air domestik dan konfigurasi yang tepat dari sistem yang diusulkan. Oleh karena itu, tujuan dari studi ini adalah untuk membuat desain Pompa Air Tenaga Surya submersibel DC yang optimal yang mampu memasok sistem pompa surya untuk memenuhi kebutuhan air domestik dari desa terpencil yang terletak di kabupaten Manatuto, Timor Leste. Pendekatan rinci untuk desain PATS, disimulasikan berdasarkan data kebutuhan air penduduk dari hasil survei. Selain itu, studi desain PATS dilakukan dengan memperhatikan kondisi geografis. Berdasarkan kondisi tersebut dan letak pemukiman, maka desain sistem pemasokan air direncanakan menggunakan 2 metoda yaitu dengan sistem pemompaan dan sistem gravitasi. Dari hasil perhitungan jarak dan ketinggian antara sumber air dengan pemukiman penduduk yang membutuhkan pompa dengan total head statis yang besar tetapi debit kecil, maka jenis pompa yang cocok adalah pompa submersibel rotor heliks dengan arus DC. Hal ini karena listrik dari panel surya adalah listrik DC sehingga akan lebih efisien jika menggunakan pompa DC. Selain itu Pompa DC memiliki keunggulan lebih efisien karena memberikan output maksimum dengan panel surya yang lebih sedikit. Pompa surya AC membutuhkan lebih banyak panel surya karena listrik harus diubah menjadi AC untuk digunakan. Akibatnya, efisiensi sistem berkurang.

Kata Kunci : Desain PATS, pompa submersibel DC, rotor heliks

Abstract : The current Solar Water Pump (PATS) technology can be a solution for providing water for household purposes that is environmentally friendly, especially in remote areas where electricity is not yet available. Appropriate system design is highly dependent on geographic conditions, available solar radiation, domestic water requirements and the exact configuration of the proposed system.

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2022, Vol. 3, No. 3, pp 218 – 230

Received : 18 Agustus 2022 Accepted : 21 September 2022 Published : 31 Oktober 2022



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: [2809-5456](#) and e-ISSN: [2722-6719](#)) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

Therefore, the aim of this study is to design an optimal DC submersible Solar Water Pump capable of supplying a solar pump system to meet the domestic water needs of a remote village located in Manatuto district, Timor Leste. A detailed approach to the design of PATS, simulated based on the population's water demand data from the survey results. In addition, the PATS design study was carried out by taking into account the geographical conditions. Based on these conditions and the location of the settlement, the design of the water supply system is planned to use 2 methods, namely the pumping system and the gravity system. From the calculation of the distance and height between the water source and residential areas that require a pump with a large total static head but small discharge, the type of pump that is suitable is a helical rotor submersible pump with DC current. This is because the electricity from the solar panels is DC electricity, so it would be more efficient to use a DC pump. In addition, DC pumps have the advantage of being more efficient because they provide maximum output with fewer solar panels. AC solar pumps require more solar panels because electricity has to be converted into AC for use. As a result, the efficiency of the system is reduced.

Keywords : SWP Design, DC solar submersible pump, helical rotor

1. Pendahuluan

Salah satu kebutuhan dasar manusia adalah air, baik untuk keperluan hidup sehari-hari seperti untuk minum & masak, keperluan sanitasi, dan untuk kebutuhan yang menunjang agrobisnis dan proses produksi. Namun ketersediaan air yang memenuhi syarat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut di atas, sering menjadi masalah, terutama pada daerah yang sumber air permukaannya sangat terbatas, atau air bawah tanahnya sangat dalam.

Banyak desa di Timor Leste termasuk yang berada di kabupaten Manatuto terutama desa Hatuermera mengalami kesulitan air apalagi pada musim kemarau. Untuk mendapatkan air, masyarakat harus berjalan lebih dari 1 km menuju sumber air terdekat. Sementara jaringan listrik belum tersedia untuk menggunakan pompa air untuk mengalirkan air dari mata air ke desa desa tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif menggunakan energi lain sebagai penggerak pompa yaitu memanfaatkan energi surya yang berlimpah di lokasi tersebut.

Melimpahnya tenaga surya yang merata dan dapat ditangkap di seluruh bagian Timor Leste hampir sepanjang tahun merupakan sumber energi listrik yang sangat potensial untuk dimanfaatkan. Sebagai Negara dengan posisi di sekitar garis khatulistiwa, Timor Leste memiliki potensi energi surya yang sangat baik yaitu rata-rata 4,80 kWh/m²/hari yang bersinar sepanjang tahun. Dengan berkembangnya teknologi konversi energi surya menjadi energi listrik dan menurunnya biaya komponen peralatan yang diperlukan, potensi energi surya menjadi hal yang layak untuk didorong pemanfaatannya di Timor Leste.

Pompa air tenaga surya (PATS) memiliki potensi untuk memberikan perubahan signifikan bagi masyarakat pedesaan, tidak hanya melalui penyediaan air secara langsung, tetapi juga melalui kemungkinan pengembangan sosiologis dan ekonomi. Dampak PATS dapat melampaui ketersediaan air, tetapi dapat memiliki konsekuensi positif dan negatif. Tanpa pengetahuan tentang konsekuensi ini, sulit untuk melihat bagaimana perancang, produsen, dan pelaksana proyek dapat berharap untuk memberikan solusi berkelanjutan untuk masalah penyediaan air. Oleh karena itulah dibutuhkan desain PATS yang tepat sesuai dengan kebutuhan masyarakat setempat.

2. Deskripsi Lokasi

Berdasarkan wilayah administrasinya, mata air Aroen berada di desa Hauermera yang termasuk dalam wilayah Kabupaten/Kota Manatuto. Kotamadya Manatuto memiliki luas wilayah 1.785,96 km² yang terdiri dari 31 Desa dan 103 Dusun dengan jumlah penerima manfaat proyek sistem pompa air tenaga surya (PATS) adalah 84 kepala keluarga yang terdiri dari 245 jiwa (UNDP 2021).

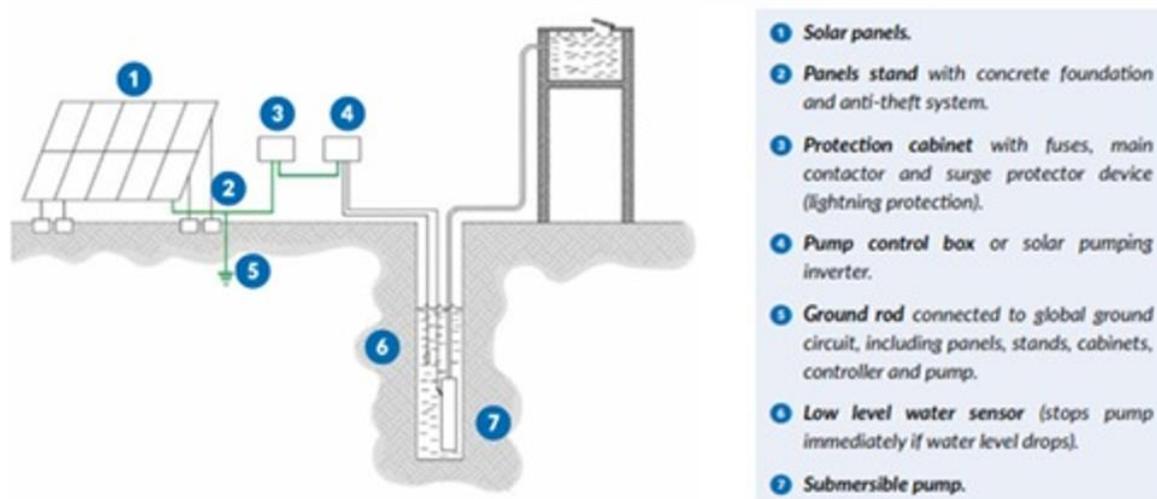


Gambar 1. Rencana Lokasi PATS Hatuermera (UNDP, 2021)

Informasi akses dan sumber listrik di wilayah Manatuto berdasarkan hasil sensus tahun 2015 yaitu sumber energi utama penerangan masyarakat di wilayah tersebut terdiri dari listrik, biogas, minyak tanah, baterai senter, kayu bakar, lilin, solar panel, dan lain-lain. Berdasarkan Dokumen Pra Studi Kelayakan 29 Lokasi Proyek Implementasi Sistem Pompa Air Tenaga Surya di Timor Leste yang dikeluarkan UNDP pada tahun 2019, sumber air Desa Hatuermera adalah mata air. Ada 2 (dua) mata air di desa Hatuermera, yaitu mata air Aroen dan mata air Aimeta. Namun, di daerah Hatuermera, masyarakat umumnya menggunakan mata air aroen. Jarak rata-rata dari masyarakat ke sumber air (mata air) adalah 600-800 meter dan waktu rata-rata untuk mengambil/menampung air adalah 30 menit dengan rata-rata konsumsi air setiap rumah tangga per hari yaitu 60 liter/KK/hari.

Berdasarkan informasi dari dokumen tersebut, kondisi saat ini kuantitas sumber air sangat mencukupi, karena sumber air tidak kering bahkan di musim kemarau. Namun, tidak ada sistem publik di kawasan ini karena lokasi sumber air berada di bawah gunung, sedangkan pemukiman masyarakat umumnya berada di atas gunung. Oleh karena itu, dengan adanya fasilitas pompa diharapkan dapat mempermudah/membantu masyarakat dalam menjangkau sumber air sehingga masyarakat dapat lebih dekat untuk mendapatkan air melalui kran umum. Pompa air tenaga surya memiliki potensi untuk memberikan perubahan signifikan bagi masyarakat pedesaan – tidak hanya melalui penyediaan air secara langsung, tetapi juga melalui kemungkinan pengembangan sosiologis dan ekonomi.

Dampak PATS dapat melampaui ketersediaan air, tetapi dapat memiliki konsekuensi positif dan negatif. Tanpa pengetahuan tentang konsekuensi ini, sulit untuk melihat bagaimana perancang, produsen, dan pelaksana proyek dapat berharap untuk memberikan solusi berkelanjutan untuk masalah penyediaan air.



Gambar 2. Komponen Utama dari Sistem PATS (Barlow, et all 1993)

3. Data Hasil Survei Lokasi

Mata air Aroen terletak pada Lintang 8,605687 dan Bujur 125,759013 dengan elevasi 899° dengan debit air 22,1184 m³/hari. Debit dari mata air ini cukup banyak, sehingga bila menggunakan standar WHO 30 liter per hari untuk setiap orang dengan jumlah penduduk sebanyak 245 jiwa, maka total kebutuhan air di desa Hatuermera bila menggunakan standar WHO yaitu 30 liter/orang setiap hari adalah 7,35 m³. Waktu yang dibutuhkan untuk mengambil air bervariasi, berdasarkan hasil kuisisioner yaitu 1 – 7 jam per hari dengan rata-rata konsumsi 60 liter/hari/KK. Namun, beberapa komunitas dapat menggunakan air hingga 125 – 180 liter/hari/KK dengan biaya penggunaan udara bulanan yang dikeluarkan oleh komunitas Hatuermera, yaitu \$0-\$1/bulan.

Berdasarkan hasil kuisisioner tidak ada pengolahan air, hanya 2 responden yang menyatakan sudah ada pengolahan air di wilayah Desa Hatuermera. Namun, semua responden menyatakan bahwa airnya berkualitas, bersih, dan tidak berbau. Di dekat mata air dibuat bak penampungan air dengan volume 15 m³, dilengkapi dengan penangkap air sedimen / saringan, saluran pembuangan dan pelimpah, kemudian dipompa ke tangki air (reservoir) di desa Hatuermera dengan volume 5 m³, dilengkapi dengan saluran pembuangan dan pelimpah dengan ketinggian 1.062 m. Setelah itu air didistribusikan ke kran – kran umum dengan gravitasi. Dengan demikian maka Head statis berdasarkan beda ketinggian adalah 163 m. Untuk perhitungan kapasitas fotovoltaik, diperlukan data radiasi. Untuk keperluan ini, data sekunder diambil dari data satelit Meteonorm 7.4. Untuk lokasi Hatuermera, diperoleh data radiasi global, difusi, suhu lingkungan, kecepatan angin bulanan, seperti terlihat pada Tabel 1.

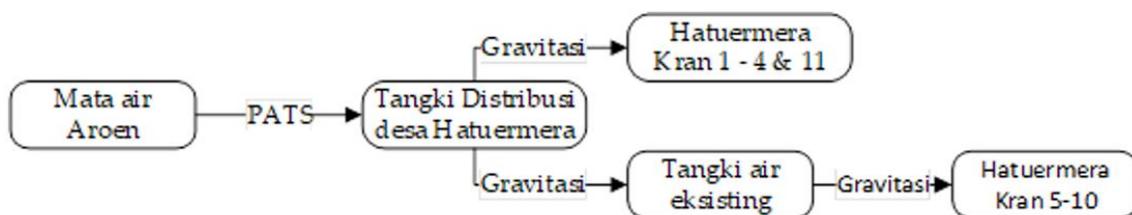
Tabel 1.
 Sumber Daya Surya di Desa Hatuermera

<i>Month</i>	<i>Hor. Global</i> (kWh/m ² month)	<i>Hor. Diffuse</i> (kWh/m ² month)	<i>Extraterrestrial</i> (kWh/m ² month)	<i>Clearness</i> <i>Index</i>	<i>Ambient</i> <i>Temperature</i> (°C)	<i>Wind</i> <i>Velocity</i> (m/s)
<i>January</i>	143,2	75,5	337,0	0,425	22,9	2,2
<i>February</i>	127,6	73,7	303,8	0,420	22,5	2,4
<i>March</i>	139,3	81,7	325,3	0,428	22,6	1,8
<i>April</i>	150,9	73,3	290,6	0,519	22,3	2,1
<i>May</i>	137,2	55,9	272,6	0,503	22,4	2,5
<i>June</i>	131,0	55,1	248,4	0,527	21,2	3,1
<i>July</i>	143,6	65,4	261,8	0,549	21,1	3,4
<i>August</i>	166,6	67,2	285,0	0,585	21,2	3,3
<i>September</i>	166,0	65,8	302,3	0,549	21,8	3,1
<i>October</i>	180,9	77,4	330,0	0,548	23,4	2,6
<i>November</i>	167,8	76,8	324,7	0,517	23,5	2,0
<i>December</i>	150,9	89,8	335,2	0,450	23,2	1,8
<i>Yearly</i>	1.805,0	859,4	3.616,7	0,499	22,3	2,5

4. Desain dan Simulasi Sistem Pompa Air Tenaga Surya (PATS)

Untuk menjamin kecukupan kebutuhan air per hari, maka pada mata air tersebut dibuat penampung air dengan kapasitas 2 kali total kebutuhan air per hari. Penampungan air ditempatkan pada ketinggian di bawah elevasi sumber air dengan ketinggian 899 m dan dialirkan menggunakan Pompa Air Tenaga Surya ke Tangki air di desa Hatuermera dengan ketinggian 1062 m sejauh 540 m. Debit pompa untuk kebutuhan air desa Hatuermera dengan asumsi pertumbuhan penduduk 10%, adalah sebesar 8,09 m³/hari. Apabila waktu kerja pompa adalah 4 jam, maka pompa harus mempunyai debit sebesar 2,0225 m³/jam.

Air dari tangki penampungan kemudian dialirkan secara gravitasi ke kran-kran umum di desa Hatuermera. Aliran air pada masing-masing kran disamakan dengan menggunakan *Flow Control Valve* sebesar 0,184 m³/jam/kran. Konfigurasi penyediaan air di Desa Hatuermera ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Konfigurasi penyediaan air di Desa Hatuermera

Perhitungan *Head* total pompa dan ukuran saluran pipa dari mata air Aroen ke *reservoir* di desa Hatuermera adalah sebagai berikut (Shrestha, et.all 2014) :

Jarak PATS ke tangki distribusi di desa Hatuermera (L) = 540 m
 Beda ketinggian (Δh) = 163 m
 Total debit yang harus dipompa (Q) = 2,0225 m³/jam = 0,0006 m³/detik

Dengan rumus Lea, ukuran ekonomis dari pipa adalah:

$$D = 1,22 \times \sqrt{Q} \quad (1)$$

$$D = 1,22 \times \sqrt{0,0006}$$

$$D = 0,2988 \text{ m} = 29,88 \text{ mm}$$

Dimana Q dalam m³/detik.

Jadi diameter dalam pipa bila menggunakan material HDPE (*High Density Poly Ethylene*) yang mendekati ukuran ini dan tersedia di pasaran adalah 40 mm (0,04 m).

Laju aliran dapat dihitung sebagai berikut:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (2)$$

$$v = \frac{4 \times 0,0006}{3,14 \times 0,04^2}$$

$$v = 0,4774 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kerugian (*Head Loss*) dapat dihitung menggunakan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut:

$$H_1 = \frac{f \times L}{D \times \frac{v^2}{2g}} \quad (3)$$

Dimana :

Koefisien gesekan, $f = 0,0507$

Maka kerugian total (*total head loss*) adalah :

$$H_1 = \frac{0,0507 \times 540}{0,04 \times \frac{0,5^2}{2 \times 9,81}}$$

$$H_1 = 6,97 \text{ m}$$

Head hisap (*suction head*) diambil level dinamis air untuk pompa submersible sebesar 1,2 m, sehingga *Total Dinamis Head* (TDH) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{TDH} = \Delta h + H_1 + h_s \quad (4)$$

$$\text{TDH} = 163 + 6,97 + 1,2$$

$$\text{TDH} = 171,17 \text{ m}$$

Apabila pompa ditutup tiba-tiba, dapat mengakibatkan tekanan palu air pada pipa distribusi, maka untuk mengatasi tekanan palu air (*water hammer*), P_h adalah (Shrestha, et.all 2014):

$$P_h = \frac{v}{\sqrt{\frac{g}{w} \times \left[\frac{1}{k} + \left(\frac{D}{t \times E} \times \left(1 - \frac{1}{2m} \right) \right) \right]}} \quad (4)$$

Dimana untuk pipa HDPE :

v = Laju alir dalam pipa	= 0,5 m ³ /detik
g = Percepatan gravitasi	= 9,81 m ² /detik
w = Berat jenis air	= 9.810 N/m ³
k = Bulk modulus air	= 2.060 N/m ²
d = Diameter dalam pipa	= 0,04 m
t = tebal pipa	= 0,0055 m
E = <i>Youngs modulus of elasticity</i> dari material pipa	= 10 ¹² N/m ²
m = Poisson ratio	= 0,4

Tekanan palu air (*water hammer*) dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_h = \frac{0,5}{\sqrt{9,810 \times \left[\frac{1}{2,060 \times 10^6} + \left(\frac{0,04}{0,0055 \times 10^{12}} \times \left(1 - \frac{1}{2 \times 0,4} \right) \right) \right]}}$$

$$P_h = 6,376 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimum yang harus ditahan oleh bahan pipa saluran dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{\max} = P_{hs} + P_h \quad (5)$$

$$P_{\max} = 16,3 + 6,376$$

$$P_{\max} = 22,676 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil perhitungan diketahui *total dynamic head* (TDH) adalah 171,17 m dan diameter pipa yang dipilih adalah 40 mm (1,5 inci) untuk mengurangi tekanan pada pipa. Sedangkan dari hasil perhitungan diketahui bahwa tekanan maksimum yang harus ditahan oleh material pipa adalah 22,676 kg/cm², sehingga direkomendasikan untuk menggunakan pipa HDPE PE-100 PN-25.

Sistem Pemompaan Air Tenaga Surya (PATS) di Hatuermera digunakan untuk memompa air dari Mata Air Aroen ke Tangki penampungan (*reservoir*). PATS untuk 245 orang dengan kebutuhan air pompa 8,09 m³/hari, *Total Dinamis Head* (TDH) 171,17 m, dan *peak-sun-hour* (PSH) terendah 4,42 jam pada bulan Mei.

Energi listrik harian yang akan dialirkan ke motor pompa dengan efisiensi pompa sebesar 0,6 dapat dihitung sebagai berikut:

$$E = \frac{2,725 \times \text{Kebutuhan Air} \times \text{TDH}}{\eta} \quad (6)$$

$$E = \frac{2,725 \times 8,09 \times 171,17}{0,6}$$

$$E = 6.289 \text{ Wh/hari} = 6,289 \text{ kWh/hari}$$

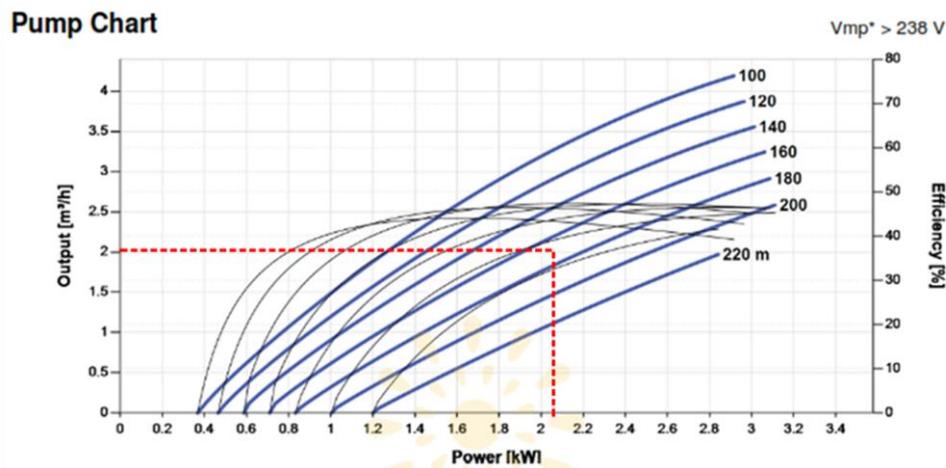
Daya pompa untuk kebutuhan listrik harian sebesar 6.289 Wh/hari atau 6,289 kWh/hari, dan penyinaran matahari harian 4,42 kWh/m² hari atau PSH (4,42 jam) di lokasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_m = \frac{E}{\text{PSH}} \quad (7)$$

$$P_m = \frac{6,289}{4,42}$$

$$P_m = 1,423 \text{ kW}$$

Daya pompa yang dibutuhkan juga dapat ditentukan dengan menggunakan kurva pompa (*sizing chart*) yang disediakan oleh pabrikan pompa dan hanya memerlukan dua variabel yaitu *total dinamis head* (TDH) dan *debit* (q). Misalnya, dengan menggunakan diagram pompa dari *Lorentz* (Gambar 4), daya pompa untuk TDH 171,17 m (antara 160 – 180 m), dan debit 2,0225 m³/jam, adalah sekitar 2,05 kW (2.050 watt).



Gambar 4. Kurva Pompa PS2-4000 dari Lorentz

Total daya puncak larik PV tanpa sistem pelacakan, dan dalam lingkungan bersih (efisiensi = 0,6) yang dibutuhkan untuk menjalankan motor-pompa sebesar 1.423 W dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{PV} = \frac{P_m}{\eta_{PV}} \quad (7)$$

$$P_{PV} = \frac{1.423}{0,6}$$

$$P_{PV} = 2.371,6 \text{ Wp}$$

PLTS di lokasi membutuhkan 5 sampai 6 buah modul PV dengan laju daya 400 Wp, jenis poli/mono kristalin). Penyangga modul PV bertujuan untuk memasang susunan modul surya untuk mengoptimalkannya dalam menerima sinar matahari. Idealnya untuk daerah tropis, pemasangan penyangga modul PV miring 10° ke utara. Untuk hasil yang optimal, penyangga modul surya dapat dibuat permanen atau bergerak mengikuti arah matahari, siang dan malam. Penyangga modul PV duduk di atas fondasi yang kokoh, sehingga tidak meluncur melawan hembusan angin atau gangguan lainnya. Penyangga ini dapat dibuat lebih tinggi, untuk tujuan bebas bayangan yang menghalangi susunan surya dari menerima sinar matahari. Jenis pengontrol yang digunakan dalam sistem Pompa Air Tenaga Surya tergantung pada jenis pompa yang dipilih untuk lokasi ini, berdasarkan inverter MPPT atau DC-AC. Misalnya, jika PATS dirancang untuk menggunakan pompa motor DC *brushless* tipe 4000 HR-S dari *Lorentz*, tersedia pengontrol PS2-4000 dengan spesifikasi teknis ditunjukkan pada Gambar 5.

Technical Data

Controller PS2-4000

- Controlling and monitoring
- Control inputs for dry running protection, remote control etc.
- Protected against reverse polarity, overload and overtemperature
- Integrated MPPT (Maximum Power Point Tracking)
- Integrated Sun Sensor

Power	max. 4,0 kW
Input voltage	max. 375 V
Optimum Vmp**	> 238 V
Motor current	max. 14 A
Efficiency	max. 98 %
Ambient temp.	-40...50 °C
Enclosure class	IP68

Motor ECDRIVE 4000-HRE

- Maintenance-free brushless DC motor
- Water filled
- Premium materials, stainless steel: AISI 304/316
- No electronics in the motor

Rated power	4,0 kW
Efficiency	max. 92 %
Motor speed	900...3.300 rpm
Insulation class	F
Enclosure class	IP68
Submersion	max. 150 m

Pump End PE HRE-05HHL**

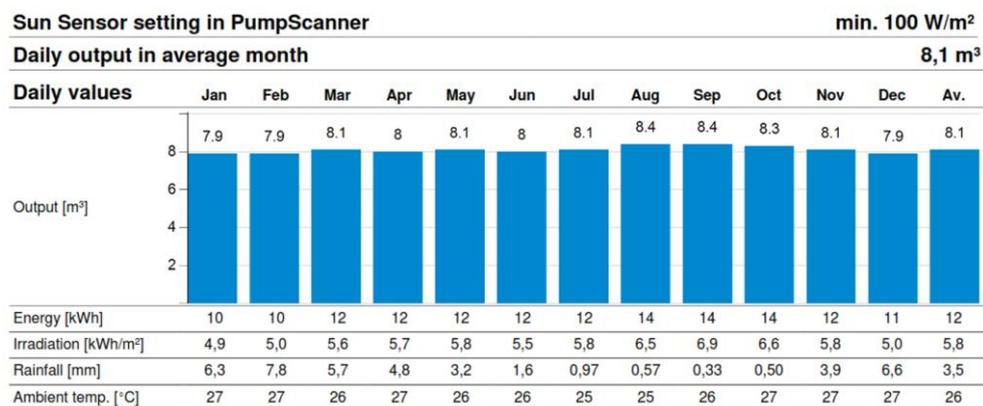
- Non-return valve
- Premium materials, stainless steel: AISI 304/316
- Helical rotor pump

Efficiency	max. 71 %
------------	-----------



Gambar 5. Spesifikasi Teknis Pengontrol Pompa PS2-4000 dari Lorentz

Kapasitas Pompa Air Tenaga Surya di mata air Aroen yang akan digunakan untuk memompa air ke *reservoir* utama Hatuermera dan kapasitas PV yang dibutuhkan dihitung dengan bantuan perangkat lunak yang mempertimbangkan aliran yang dibutuhkan, *head* (statis/dinamis), lokasi sistem Pompa Air Tenaga Surya (iradiasi dan curah hujan). Rata-rata keluaran air harian setiap bulan untuk sistem Pompa Air Tenaga Surya PATS di mata air Aroen untuk desa Hatuermera, dengan keluaran harian terendah pada bulan Januari sebesar 7,9 m³ dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Output Harian (Rata-rata Bulanan) Sistem PATS di Mata Air Aroen

Spesifikasi pompa dan motor untuk sistem Pompa Air Tenaga Surya di Mata Air Aroen yang diusulkan dapat dilihat pada Tabel 2, namun dapat diganti dengan pompa serupa dengan spesifikasi serupa terutama di:

- 1) Head dan laju aliran terukur pompa.
- 2) Tegangan dan rentang arus pengontrol pompa.
- 3) Tenaga motor pompa.
- 4) Jenis pompa (heliks).

Tabel 2.

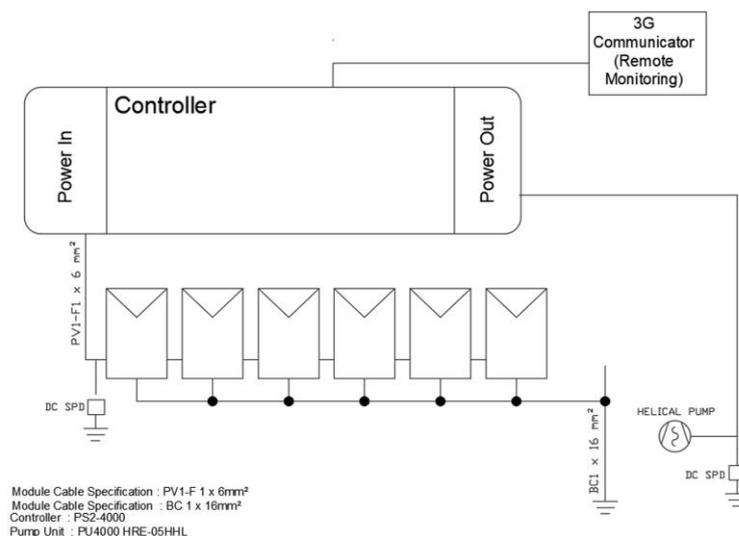
Spesifikasi Pompa yang Diusulkan untuk Sistem PATS di Mata Air Aroen

Parameter	Nilai
<i>Pump Type</i>	PS2-4000 HRE-05HHL
<i>Head</i>	<i>Maximum</i> 450 m
<i>Flow rate</i>	<i>Maximum</i> 0.92m ³ /h
<i>Motor Power</i>	4.000 W
<i>Motor Type</i>	<i>Brushless DC</i>
<i>Input voltage</i>	<i>Maximum</i> 375 V
<i>Optimum V_{mp}</i>	> 238 V
<i>Motor current</i>	<i>Maximum</i> 14 A
<i>Motor speed</i>	900 – 3.300 rpm
<i>Pump Type</i>	<i>Helical rotor</i>
<i>Pump Material</i>	<i>Stainless steel: AISI 304/316</i>
<i>Borehole Diameter</i>	<i>Minimum</i> 4,0 inch

Pompa Air Tenaga Surya dan pengontrolnya harus dilengkapi dengan fitur dan aksesoris yang diperlukan seperti:

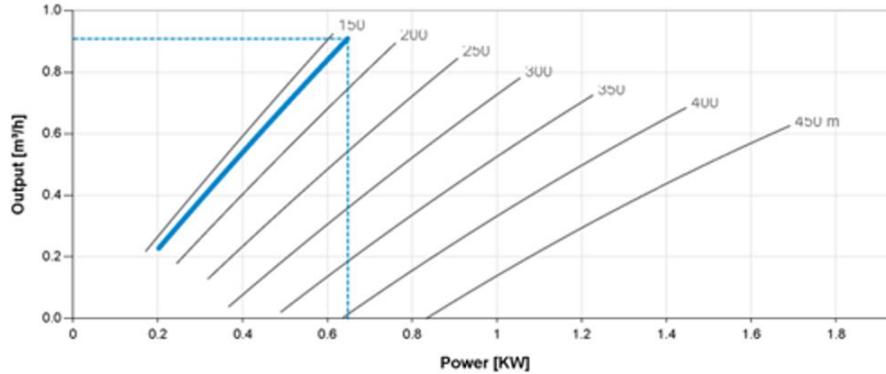
- 1) Well Probe sebagai input kontrol untuk perlindungan dry running.
- 2) Pemantauan dan kontrol jarak jauh (Komunikasi GSM) jika diperlukan.
- 3) Dilindungi dari polaritas terbalik, kelebihan beban, dan suhu berlebih.
- 4) MPPT (Pelacakan Titik Daya Maksimum) terintegrasi dalam pengontrol pompa.
- 5) Kotak sambungan PV dengan pemisah DC dan pelindung lonjakan arus (SPD).
- 6) Sensor Matahari Terintegrasi untuk meminimalkan frekuensi start & stop pompa.
- 7) Katup satu arah.

Daya pompa dipasang oleh 6 buah modul PV 400 Wp yang dihubungkan secara seri ke pengontrol pompa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Penopang dan rangka modul PV harus diarde ke sistem pentanahan dengan resistansi pentanahan < 5 Ω atau seperti yang disarankan oleh pabrikan modul PV.

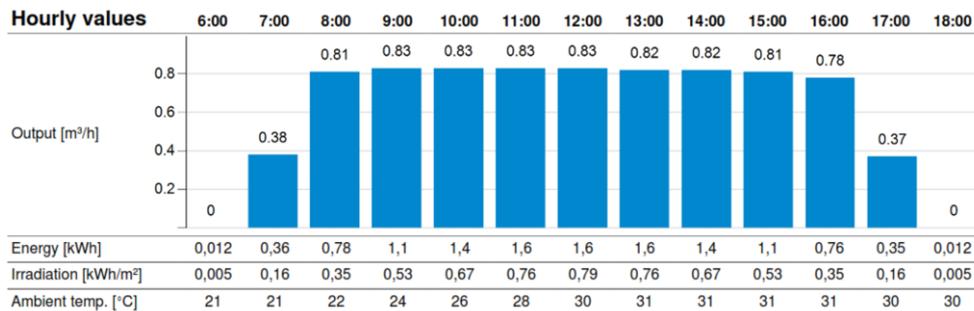


Gambar 7. Pengkabelan Modul PV ke Kontroler PATS

Dengan sistem PV 6×400 Wp yang terhubung ke pengontrol pompa, keluaran daya yang diharapkan pada hari yang cerah rata-rata adalah sekitar 1.200 W – 1.700 W, oleh karena itu keluaran pompa pada head statis 163 m dan panjang pipa 540 m akan menjadi sekitar $0,9 \text{ m}^3/\text{jam}$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Karakteristik Keluaran Sistem PATS



Gambar 9. Keluaran Per Jam dari Sistem PATS

5. Kesimpulan

Pompa air tenaga surya di mata air Aroen untuk memenuhi kebutuhan air 245 jiwa penduduk desa Hatuermera, Kabupaten Manatuto, Timor Leste dengan kapasitas $8,09 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan beda ketinggian 163 m dan berjarak 540 m membutuhkan total daya puncak larik PV sebesar 2.371,6 Wp yang dipasok dari 6 buah modul surya dengan laju daya 400 Wp yang terhubung secara seri. jenis pompa yang cocok adalah pompa submersibel rotor heliks dengan arus DC. Hal ini karena listrik dari panel surya adalah listrik DC sehingga akan lebih efisien jika menggunakan pompa DC. Selain itu Pompa DC memiliki keunggulan lebih efisien karena memberikan *output* maksimum dengan panel surya yang lebih sedikit. Walaupun pompa DC membutuhkan perawatan yang lebih sulit, namun karena pompa DC memiliki motor dengan kumparan tembaga di dalamnya menjadi lebih tahan lama, sehingga meningkatkan umur sistem pemompaan. Pompa surya AC, di sisi lain, memiliki kumparan motor surya yang terbuat dari aluminium, membuatnya rentan terhadap kerusakan. Akibatnya, membutuhkan perawatan lebih sering dibandingkan dengan pompa DC. Tipe rotor pompa diusulka tipe *helical* karena membutuhkan *head* tinggi namun debit air rendah.

Daftar Pustaka

- Arrohman, R. E., Sihana, S., & Setiawan, A. A. (2012). Perancangan Sistem Pengangkatan Air Tenaga Surya di Kecamatan Tepus Kabupaten Gunungkidul. *Teknofisika*, 1(1), 34–41.
- Barlow, R., McNelis, B., & Derrick, A. (1993). Solar Pumping. Solar Pumping. <https://doi.org/10.3362/9781780445984>
- Brahmi, A., Abounada, A., Chbirik, G., & Amrani, A. El. (2018). Design and optimal choice of a 1.5 kW photovoltaic pumping system for irrigation purposes. *AIP Conference Proceedings*, 2056(December). <https://doi.org/10.1063/1.5084977>
- Da, V. O. X., & Nci, V. I. (2019). FINAL REPORT - 2019 A Pre-Feasibility Study of 29 Project Sites To Implement Solar Water Pump Systems in Timor Leste.
- Gao, X., Liu, J., Zhang, J., Yan, J., Bao, S., Xu, H., & Qin, T. (2013). Feasibility evaluation of solar photovoltaic pumping irrigation system based on analysis of dynamic variation of groundwater table. *Applied Energy*, 105, 182–193. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.074>
- Hartono, B., Teknik, F., Teknik, J., Chaldun, U. I., Teknik, F., Teknik, J., & Jakarta, U. M. (n.d.). Perancangan Pompa Air Tenaga Surya. 9(1), 28–33.
- Iqtimal, Z., & Devi, I. (2018). Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air. *Kitekro*, 3(1), 1–8.
- Karassik, I. J., Krutzsch, W., Fraser, W. H., & Messina, J. P. (1976). *Pump Handbook*. (Issue (1976)).
- Kusuma, K. B., Partha, C. G. I., & Sukerayasa, I. W. (2020). Perancangan Sistem Pompa Air DC Dengan PLTS 20 kWp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(2), 46–56.
- Nath Shrestha, J., Kumar Jha, A., & Karki, R. (2014). Training Manual on Solar PV Pumping System.
- Noerbambang, S. (n.d.). Sumber air PDAM. 5–41.
- Note, G. (2021). Guidance Note Social and Environmental Screening Procedure. January, 1–33.
- Nyein, Y. M., & Ya, A. Z. (2019). Design of Solar Pumping System for Rural Area. April, 2–5.
- Primawan, A. B., & Iswanjono. (2019). Sistem Pompa Air Tenaga Surya : Pemanfaatan Energi Surya Untuk Penyediaan Air Bersih Dusun. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 38–43.
- Rozaq, A., Jauhari, M. F., & Hardinto, R. K. (2019). Implementasi Teknologi Pompa Air Tenaga Surya Di Desa Karyabaru Kecamatan Barambai Kabupaten Barito Kuala. *Jurnal IMPACT: Implementation and Action*, 1(2), 92. <https://doi.org/10.31961/impact.v1i2.664>
- Setiawan, C., Agus Setiawan, A., & Sihana. (2014). Study of Solar Water Pumping System in Plawan Cave, Giricahyo, Purowsari, Gunungkidul, DI Yogyakarta (in Indonesian).
- Sharma, R., Sharma, S., & Tiwari, S. (2020). Design optimization of solar PV water pumping system. *Materials Today: Proceedings*, 21, 1673–1679. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.322>
- SIDSDOCK, & WBG. (2019). Solar Water Pumping Systems System Design, Selection and Installation Guidelines.
- Simamora, Y. (2020). Perancangan Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya Untuk Sumber Air Bersih Desa Sukarame, Kec. Sajira, Banten. *Terang*, 3(1), 23–30. <https://doi.org/10.33322/terang.v3i1.1052>
- Solar, G., & Initiative, W. (2017). *Basic_Guidelines_-_Solar_Water_Pumping_-_Sudan-March_2017.Pdf*. March, 19.

- Susanto, D. A., Ayuningtyas, U., Febriansyah, H., & Ayundyahrini, M. (2018). Evaluasi Instalasi Pompa Air Tenaga Surya Di Indonesia Dengan Menggunakan Standar Iec 62253-2011. *Jurnal Standardisasi*, 20(2), 85. <https://doi.org/10.31153/js.v20i2.687>
- Verma, S., Mishra, S., Chowdhury, S., Gaur, A., Mohapatra, S., Soni, A., & Verma, P. (2020). Solar PV powered water pumping system - A review. *Materials Today: Proceedings*, 46, 5601–5606. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.434>
- World Bank. (2018). SOLAR PUMPING The Basics. International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank.