

## Simulasi dan Pengukuran Unjuk Kerja Sistem Pompa Air-Energi Surya Untuk Kota Banda Aceh

**Ahmad Syuhada, Razali Thaib, Hamdani**

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jln. Syech Abdul Rauf No. 7 Banda Aceh 23111, Indonesia  
email: hamdani\_umar@yahoo.com*

### Abstract

The use of electrical energy to supply either clean water or water for agricultural purpose persistently to increase in line with the population growth. The primary objective of this study is to conduct a feasibility study of the utilization of solar energy for driving pumps in Aceh Province, to perform computer simulations for designing solar energy water pump system, and to measure the performance of the small scale solar energy water pump system. The analysis result shows that the potential of solar energy in Aceh Prvince can be used to drive the pump for irrigation and clean water for the needs of the community. The performance measurement result shows that the 50 Wp PV panel is capable of driving the pump with 60 Watts of power for 4-5 hours, on a cloudy day, and 8-10 hours on a sunny day.

**Keywords:** The performance, Solar Energy, Driving Pump, Simulation, Measurement

### 1. Pendahuluan

Pompa merupakan salah satu infrastruktur yang paling penting di hampir segala bidang kegiatan manusia. Pompa digunakan untuk memindahkan air dari sumber air ke lokasi yang membutuhkannya. Disisi lain air merupakan sumber daya alam dan kebutuhan dasar bagi manusia dan hewan.

Menurut UNESCO [1], pada tahun 2003 hampir 20% dari total kebutuhan energi listrik dunia digunakan untuk menggerakkan pompa, dimana pada saat itu harga energi masih murah. Dengan meningkatnya harga energi saat ini, telah mendorong pelaksanaan kegiatan penghematan energi dalam segala bidang. Hal ini juga terjadi pada kegiatan investasi dalam bidang penyediaan air bersih untuk kebutuhan masyarakat, melalui penggunaan sistem yang hemat energi dan murah. Salah satu usaha yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan sebagai sumber energi penggerak pompa.

Menurut Abdel-Karim [2] sejak tahun 1977 banyak negara telah mulai memanfaatkan panel surya untuk menghasilkan energi listrik penggerak pompa. Panel surya dengan menggunakan teknologi photovoltaic berfungsi mengubah sinar matahari menjadi listrik. Listrik yang dihasilkan adalah listrik arus DC. Daya dan arus listrik yang dihasilkan modul surya berubah-ubah tergantung pada besar intensitas radiasi surya yang diterima. Daya keluaran modul surya juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, bayangan, sudut kemiringan instalasi, dan kebersihan permukaan modul.

Telah banyak kajian dilakukan dalam usaha mengevaluasi kelayakan penggunaan sistem pompa air-tenaga surya. Roni, [3] melakukan perancangan

sistem pengangkatan air tenaga surya di Kecamatan Tepus Kabupaten Gunung Kidul. Dari hasil perancangan diperoleh, pompa air-tenaga surya dengan daya panel 2800 Wp dan kapasitas air 0,9 liter/detik, secara ekonomis menguntungkan digunakan untuk memompakan air dengan head 136,03 m.

Sedangkan Odel [4] melakukan kajian pengaruh ukuran panel surya terhadap unjuk kerja sistem pompa air-tenaga surya, dari hasil pengujian pada head konstan dan putaran pompa bervariasi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap banyaknya panel surya yang disusun atau ukuran dari panel surya.

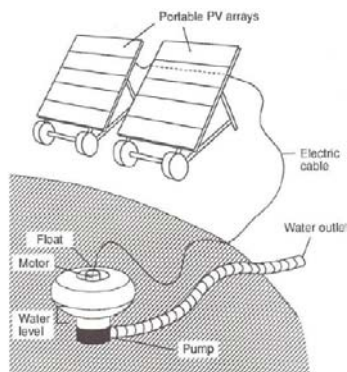
Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi unjuk kerja sistem pompa air-tenaga surya untuk penggunaan di kawasan Kota Banda Aceh, dan melakukan validasi dengan melakukan pengukuran secara langsung menggunakan sistem pompa air-tenaga surya.

### 2. Metode Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam dua tahap kegiatan. Tahap pertama simulasi pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi penggerak pompa air. Simulasi dilakukan dengan studi kasus penggunaan pompa untuk memompakan air sebanyak 0,063 liter/detik dengan head maksimum pompa 2,6 meter, pipa instalasi berdiameter 19 mm, dengan panjang total 20 meter. Simulasi dilakukan menggunakan software PVSYST V5.60 Evaluation Mode. Gambar 1, memperlihatkan ilustrasi studi kasus simulasi unjuk kerja pompa air-tenaga surya.

Pengukuran unjuk kerja sistem pompa air-tenaga surya dilaksanakan di daerah perkebunan bantaran

sungai Lamnyong yang terletak di seputaran areal kampus Universitas Syiah Kuala Darussalam Banda Aceh.



Gambar 1. Ilustrasi sistem pompa air-tenaga surya [5]

Peralatan yang digunakan:

- 1 Panel surya dengan spesifikasi, Daya puncak : 50 Wp, Tegangan maksimum : 19,5 V dan Arus maksimum: 2,9 Ampere.
- 2 Baterai dengan spesifikasi, kapasitas: 85 Ah, tegangan 12 V.
- 3 Inverter dengan spesifikasi: Kapasitas: max. 300 W, 11,8-13 VDC → 200-230 VAC
- 4 Pompa air dengan spesifikasi: Ssubmersible, Daya: 60 W, tegangan 220 V, Head maksimum: 2.6 m, dan debit: 2400 liter/jam.

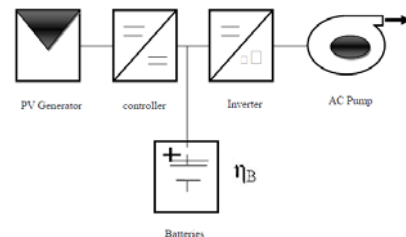
Gambar 2. memperlihatkan peralatan yang digunakan untuk pengukuran unjuk kerja sistem pompa air-tenaga surya. Sedangkan alat ukur yang digunakan adalah Environment Meter yang berfungsi sebagai alat pengukur intensitas matahari, stop watch digunakan untuk pengukuran debita air keluar pompa dan termometer digital digunakan untuk mengukur temperatur udara disekitar lokasi pengujian.



Gambar 2. Peralatan pengukuran unjuk kerja pompa air-tenaga surya

Prinsip kerja perangkat pengujian ini dimulai dengan pengumpulan energi surya oleh kolektor, kemudian dikonversikan menjadi energi listrik DC oleh sel-sel photovoltaik yang terdapat pada kolektor surya. Energi listrik keluar panel surya masuk alat pengatur yang berfungsi mengatur arus dan tegangan listrik masuk baterai. Arus listrik DC

dari baterai kemudian dirubah menjadi arus listrik AC oleh inverter, yang kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan pompa. Gambar 3. Memperlihatkan diagram alir rangkaian pemasangan sistem pompa air-tenaga surya yang dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 3. Rangkaian pemasangan sistem pompa air-tenaga surya

Untuk memperoleh informasi lengkap tentang unjuk kerja sistem pompa air-tenaga surya, pengukuran dilakukan pada dua kondisi cuaca, yaitu cuaca cerah dan cuaca mendung. Pengujian dilakukan mulai jam 9:00 pagi hari sampai kondisi tegangan baterai mencapai 11,2 volt. Pada saat tersebut inverter tidak mampu lagi menghasilkan arus AC sesuai dengan kebutuhan pompa.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

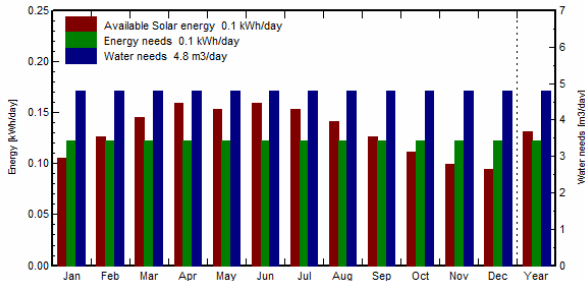
Langkah simulasi dimulai dengan menentukan koordinat lokasi pengukuran unjuk kerja sistem pompa air-tenaga surya. Pada studi kasus ini koordinat lokasi adalah 5°1' Garis Lintang Utara dan 95° 1'Garis Bujur Timur. Berdasarkan koordinat lokasi tersebut, dari NASA *Surface meteorology and Solar Energy* [6], diperoleh data sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel. 1.

Tabel 1. Data suhu udara, radiasi dan kecepatan angin untuk lokasi pengujian

Bulan	Suhu udara (oC)	Radiasi matahari (kWh/m <sup>2</sup> /hari)	Kecepatan angin (m/s)
Januari	26,2	5,39	4,2
Februari	26,2	5,75	3,5
Maret	26,3	5,79	2,8
April	26,6	5,64	2,5
Mei	27,1	5,01	3,1
Juni	27,2	4,99	4,0
Juli	27,0	4,90	3,9
Agustus	26,8	4,81	4,2
September	26,4	4,74	3,6
Oktober	26,1	4,67	3,2
November	25,9	4,66	3,2
Desember	26,1	4,88	4,2
<b>Rata-Rata</b>	<b>26,5</b>	<b>5,10</b>	<b>3,5</b>

Berdasarkan data radiasi matahari dan kebutuhan air sebesar 4,8 m<sup>3</sup>/hari, dari hasil

simulasi diperoleh, sistem pompa air-tenaga surya membutuhkan energi 0,1 kWh/hari dan energi surya minim yang tersedia adalah 0,1 kWh/hari, ditunjukkan dalam Gambar 4.



Keterangan : Kolom biru mengindikasikan kebutuhan debit air per hari, merah energi surya yang tersedia per hari dan hijau energi surya yang diperlukan per hari

Gambar 4. Hasil simulasi kebutuhan energi dan air bulanan.

Tabel 2. memperlihatkan daya pompa yang dibutuhkan untuk memompakan air dengan debit 4,8 m<sup>3</sup>/hari adalah 26 watt, dan daya panel surya sebesar 33 Wp. Jika sistem menggunakan tangki dengan volume 24 m<sup>3</sup>, maka dibutuhkan waktu 5 hari untuk mengisi air penuh kedalam tangki.

Tabel 2. Konfigurasi sistem hasil simulasi

PV/SYST V5.60		21/08/12	
Pumping system presizing			
Geographical Site		Banda Aceh	Country Indonesia
Situation	Latitude 5.1°N	Longitude 95.1°E	
Time defined as	Solar Time	Altitude 172 m	
Collector Plane Orientation	Tilt 30°	Azimuth 180°	
System pre-sizing evaluation			
Average use of water	Daily 4.8 m <sup>3</sup> /day	Yearly 1757 m <sup>3</sup>	
Required autonomy	5 days	Tank volume 24 m <sup>3</sup>	
Loss-of-Load	Time fraction 5.0 %	Missing Water 88 m <sup>3</sup>	
Pumping head	Average 3 meterW	Maximum 3 meterW	
Pumping system configuration	Regulation MPPPT-DC converter	Layout DeepWell	
PV array	PV Nominal power 33 Wp	Pump Power 26 W	
Economic gross evaluation	Investment 648 EUR	Energy price 0.05 EUR/m <sup>3</sup>	

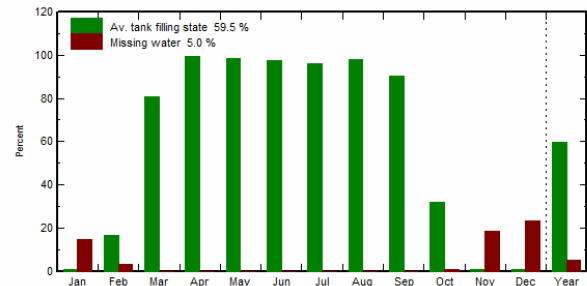
Dari hasil simulasi juga diperoleh bahwa dalam satu tahun rata-rata ada 5 % kapasitas air yang tidak mampu dipompakan karena tidak tersedianya sinar surya.

Tabel 3. Karakteristik sistem dan kebutuhan bahan bakar

	Incid.	PV avail.	PV needs	PV Excess	Pumped W.	Missing W.	Missing %	Fuel
	kWh/m <sup>2</sup> /day	kWh/day	kWh/day	kWh/day	m <sup>3</sup> /day	m <sup>3</sup> /day	%	liter
Jan.	3.6	0.1	0.1	0.0	4.1	0.7	14.5	0.4
Feb.	4.3	0.1	0.1	0.0	4.9	0.1	2.9	0.1
Mar.	4.9	0.1	0.1	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0
Apr.	5.4	0.2	0.1	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0
May	5.2	0.2	0.1	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0
June	5.4	0.2	0.1	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0
July	5.2	0.2	0.1	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0
Aug.	4.8	0.1	0.1	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0
Sep.	4.3	0.1	0.1	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0
Oct.	3.8	0.1	0.1	0.0	4.4	0.0	0.6	0.0
Nov.	3.3	0.1	0.1	0.0	3.9	0.9	18.5	0.5
Dec.	3.2	0.1	0.1	0.0	3.7	1.1	23.1	0.6
Year	4.4	0.1	0.1	0.0	4.6	0.2	5.0	1.5

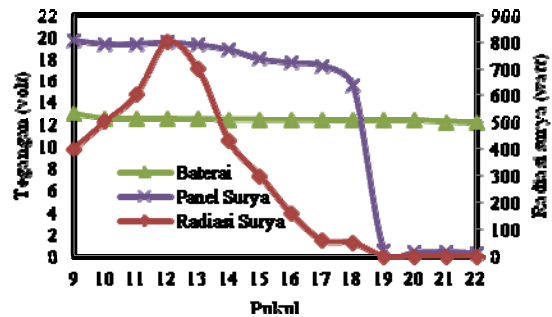
Tabel 3, dan Gambar 5, memperlihatkan pada bulan Januari pompa tidak mampu memompakan air sebesar 14,5% dari debit per bulannya, pada bulan Februari sebesar 2,9%, bulan Oktober sebesar 0,6 % , dan bulan Desember sebesar 23,1%. Jika pada bulan-bulan tersebut pompa digerakkan oleh generator listrik

dengan bahan bakar solar, maka dibutuhkan minyak kira-kira sebesar 1,5 liter.



Gambar 5. Persentase air yang tidak mampu dipompakan per bulan.

Pengukuran unjuk kerja sistem dilakukan pada beberapa hari dengan mempertimbangkan kondisi cuaca, hasil pengukuran yang dilakukan pada tanggal 4 Oktober 2012, diberikan dalam Gambar 6.

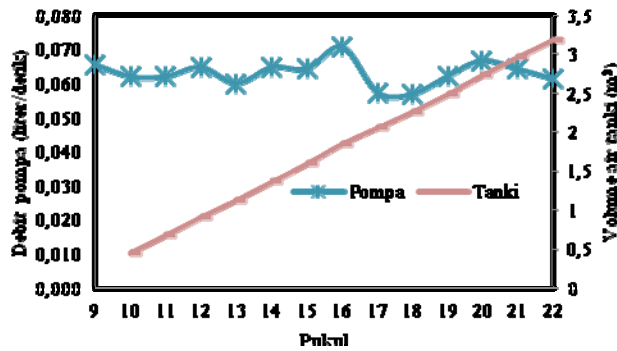


Gambar 6. Hasil pengukuran voltase kelaura panel surya terhadap perubahan radiasi surya.

Batrei yang digunakan dalam pengujian ini telah diisi sampai tegangan maksimum yaitu 12 Volt. Pengukuran dilakukan mulai pukul 9:00 pagi sampai 22:00 malam. Radiasi matahari maksimum pada hari tersebut mencapai 800 Watt/m<sup>2</sup> yang terjadi pada pukul 12:00 sampai 13:00.

Dari gambar terlihat panel surya mampu beroperasi dengan baik dimana tegangan maksimum yang dikeluarkan sampai dengan 19,2 volt. Tegangan listrik DC keluar panel surya menurun seiring dengan menurunnya radiasi, dan mencapai nilai minimum pada saat radiasi sudah tidak ada, saat matahari telah terbenam. Sedangkan tegangan baterai berada konstan pada kisaran 12,3 – 12,8 volt.

Pada pengukuran ini pompa dijalankan mulai pukul 9:00 sampai pukul 22:00. Debit air keluar pompa hasil pengukuran diperlihatkan dalam Gambar 7. Dari gambar terlihat debit air keluar pompa tidak konstan, hal ini disebabkan tegangan listrik AC keluar inverter tidak konstan. Inverter yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk merubah arus DC pada rentang 11,8-13 Volt menjadi AC pada rentang 200-220 volt.

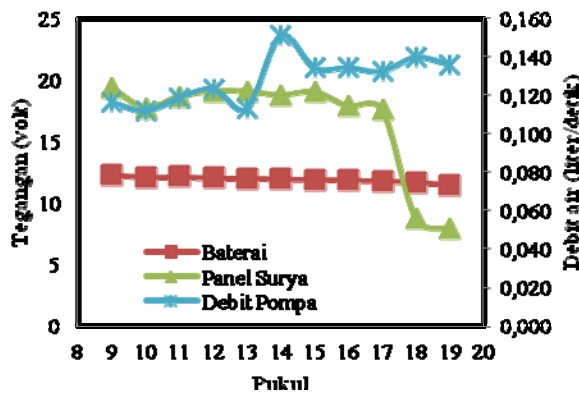


Gambar 7. Hasil pengukuran debit air keluar pompa dan volume air yang dapat ditampung.

Debit air rata-rata keluar pompa selama pengujian adalah 227 liter/jam. Kondisi ini masih jauh dibawah spesifikasi pompa yang memiliki debit air maksimum 2400 liter/jam. Hal ini juga menunjukkan bahwa inverter belum mampu menjaga arus AC keluar tetap konstan.

Berdasarkan debit keluar pompa dapat ditentukan volume air yang dapat dipompakan selama 14 Jam adalah 3,18 m<sup>3</sup>. Dengan kata lain pompa yang digunakan pada pengujian ini mampu menghasilkan air 3,18 m<sup>3</sup> per hari. Volume air hasil pengukuran tidak jauh berbeda dengan nilai rancangan simulasi yaitu 4,8 m<sup>3</sup> per hari. Maka akhirnya dapat disimpulkan bahwa pompa air-tenaga surya layak digunakan di daerah Kota Banda Aceh.

Pengujian unjuk kerja sistem pada kondisi cuaca mendung diberikan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Hasil pengukuran debit air keluar pompa pada cuaca mendung.

Dari gambar terlihat bahwa tegangan yang dapat dikeluarkan baterai mulai pukul 13:00 sampai dengan pukul 19:00 adalah pada kisaran 11,4 sampai 11,98 volt. Hal ini menunjukkan panel surya tidak beroperasi sebagaimana pada cuaca cerah. Pada penelitian ini pompa hanya mampu beroperasi selama 11 jam, yaitu mulai pukul 9:00 sampai pukul 19:00 dengan debit air keluar pompa rata-rata sebesar 0,17 liter/detik.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan pengukuran unjuk kerja sistem pompa air-tenaga surya dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemanfaatan energi surya untuk menggerakkan pompa air skala kecil untuk kebutuhan rumah tangga atau perkebunan skala rumah tangga, layak digunakan di daerah Kota Banda Aceh khususnya dan Provinsi Aceh pada umumnya, karena radiasi surya maksimum sebagian besar daerah di Provinsi Aceh berada pada kisaran 700-800 W/m<sup>2</sup>.
2. Dari hasil pengukuran diperoleh debit air yang mampu dipompakan adalah 3,18 m<sup>3</sup> dalam waktu 14 jam, sedangkan pada simulasi direncanakan 4,8 m<sup>3</sup> per 24 jam. Sehingga metode simulasi yang diterapkan pada penelitian ini dapat diaplikasikan untuk memprediksi unjuk kerja pompa air-tenaga surya pada daerah-daerah lainnya.

#### Daftar Pustaka

- [1] UNESCO “The UN World Water Development Report” [internet]: 2003, August; available/ from ([www.unesco.org/water/wwap/wwdr/](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/).)
- [2] Abdel-Karim Daud, Marwan M. Mahmoud, 2005, Solar powered induction motor-driven water pump operating on a desert well, simulation and field tests, *Renewable Energy* 30 (2005) 701-714.
- [3] Roni Eka Arrohan, Sihana, Ahmad Agus Setiawan, 2012, *Perancangan Sistem Pengangkatan Air Tenaga Surya di Kecamatan Tepus Kabupaten Gunung Kidul, TEKNOFISIKA, Vol 1. No. 1 Edisi Mei 2012, ISSN 2089-7154.*
- [4] Odeh, I., Yohanis, Y. G., and Norton, B. Influence of pumping head, insolation and PV array size on PV water pumping system performance. *Solar Energy*, 2006, 80(1).
- [5] Intermediate Technology Development Group-Practical questions to poverty., *Solar PV Water pumping*, [http://practicalaction.org/practicalanswers/product\\_info.php?products\\_id=196](http://practicalaction.org/practicalanswers/product_info.php?products_id=196)
- [6] NASA's Applied Science Program, *Surface meteorology and Solar Energy*, A renewable energy resource web site (release 6.0)., <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi>