

Perancangan Teknologi Mesin Pompa Air Berbasis Panel Surya untuk Kemandirian Listrik Skala Rumah Tangga

Elvira Sukma Wahyuni^{1*}, Husein Mubarak², Alldila Nadhira Ayu Setyani³

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

³Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

**Corresponding Email:* elvira.wahyuni@uui.ac.id

ABSTRAK

Berdasarkan pengalaman selama 4 tahun dalam hal energi berbasis surya, pengabdian didalam memberikan sosialisasi pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi listrik alternatif menjadi konsen tersendiri. Pengabdian berupaya untuk mengembangkan sumber energi listrik berbasis panel surya untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat terutama kebutuhan listrik rumah tangga di dusun Nglanjaran. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan energi fosil yang semakin menipis. Namun, *awareness* akan pentingnya energi terbarukan masih sangat rendah di kalangan masyarakat umum. Oleh karena itu, perlu adanya pengenalan yang masif kepada masyarakat mengenai manfaat energi terbarukan. Tujuan pengabdian ini adalah memperkenalkan, memasang dan mensupervisi penggunaan energi surya sebagai sumber energi listrik, serta mewujudkan masyarakat yang mandiri energi. Wilayah yang akan menjadi target pengabdian ini adalah kelompok masyarakat RT 09 dusun Nglanjaran. Solusi yang ditawarkan dari permasalahan yang ada adalah tim pengabdian mencoba memperkenalkan teknologi mesin pompa air menggunakan panel surya untuk mengurangi konsumsi listrik skala rumah tangga. Adapun metode yang diterapkan dalam mengaplikasikan solusi yang ditawarkan terdiri dari beberapa tahapan yaitu, (1) tahap edukasi dan sosialisasi kegiatan, (2) perancangan dan pengaplikasian sistem teknologi pompa air berbasis panel surya, (3) monitoring dan evaluasi.

Kata Kunci: Kemandirian Energi, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pompa Air

ABSTRACT

Based on four years of experience in terms of solar-based energy, dedication in providing socialization on the use of solar panels as an alternative source of electrical energy has become a separate concern. we strive to develop solar panel-based electrical energy sources to meet the electricity needs of the community, especially household electricity needs in Dusun Nglanjaran. This is related to the dwindling availability of fossil energy. However, awareness of the importance of renewable energy is still very low among the general public. Therefore, there is a need for a massive introduction to the public about the benefits of renewable energy. The purpose of this service is to introduce, install and supervise the use of solar energy as a source of electrical energy, and to create an energy-independent society. The area that will be the target of this service is the community group of RT 09 Dusun Nglanjaran. The solution offered to the existing problems is that we tries to introduce water pumping machine technology using solar panels to reduce household-scale electricity consumption. The method applied in applying the solutions offered consists of several stages, namely, (1) the stage of education and socialization of activities, (2) the design and application of a solar panel-based water pump technology system, (3) monitoring and evaluation.

Keywords: Energy self-sufficient, Portable energy, Sollar Cell

PENDAHULUAN

Di waktu mendatang *renewable energy* akan menjadi kebutuhan utama sumber energi listrik di Indonesia (Supapo et al., 2017). Upaya untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan kemandirian energi harus terus ditingkatkan (Sukandarrumidi & Djoko, 2013). Terbentuknya kelompok masyarakat mandiri energi merupakan tujuan utama untuk mengurangi ketergantungan konsumsi energi listrik negara. Energi matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Sel surya atau *solar panel* merupakan pembangkit energi listrik terbarukan yang banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir (Wibawa, 2017). Diskusi tentang pengembangan sel surya untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat berfokus pada pengaplikasian sel surya untuk penggunaan skala rumahan. Namun, masih rendahnya pengetahuan masyarakat tentang sumber energi terbarukan. Tentunya untuk mewujudkan desa mandiri energi, kita harus menjangkau dan mengedukasi masyarakat. Salah satu masalah utama yang membuat masyarakat enggan atau sulit beralih dari sumber bahan bakar fosil adalah nilai investasi (Yuliarto, 2017). Karena keterbatasan pengetahuan masyarakat, mereka beranggapan bahwa penggunaan sel surya sebagai sumber energi akan sangat mahal. Durasi biaya investasi yang ditanggung, atau periode pengembalian modal, sering kali menjadi perhatian investasi utama.

BEP (*Break Even Poin*) masih menjadi perhatian utama masyarakat dalam hal penggunaan sumber energi berbasis panel surya. Faktanya, periode pengembalian hanyalah langkah pertama untuk menghasilkan laba bersih. Pemikiran seperti ini harus dikoreksi. Oleh karena itu, perlu menginformasikan kepada masyarakat nilai investasi berdasarkan perilaku konsumsi energi. Dusun Ngalanjaran merupakan daerah yang terletak di desa Sardonoarjo Kecamatan Ngaglik Kabupaten Sleman Yogyakarta, yang mana warga masyarakatnya sebagian besar menggantungkan hidupnya dari hasil perternakan dan perkebunan. Letak geografis Dusun Ngalanjaran yang berjarak kurang lebih 14 km dari kaki gunung merapi menyebabkan sebagian besar warga masyarakat mengkonsumsi air bersih yang berasal dari sumur galian atau sumur bor baik untuk konsumsi harian maupun untuk perkebunan dan perternakan. Umumnya warga masyarakat yang memanfaatkan sumur bor masih menggunakan listrik negara (PLN) sebagai sumber energi pembangkit mesin pompa air.

Berdasarkan data yang dirilis oleh kementerian Pekerjaan Umum (PU) kebutuhan air bersih per orang dalam 1 hari adalah 60–70 liter. Kapasitas tandon yang umumnya terpasang pada skala rumahan yaitu sebesar 1000 liter. Tandon berkapasitas 1000 liter tersebut diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan air selama 1-2 hari tergantung dari jumlah penggunaannya. Diperkirakan akan memakan waktu 2-3 jam untuk mengisi penuh tandon. Diperkirakan membutuhkan daya kurang lebih 500 Watt untuk mengisi tangki dengan kapasitas 1000 liter. Estimasi pompa dinyalakan satu kali dalam sehari, maka dalam sebulan dibutuhkan daya kurang lebih 15 kW. Pengurangan beban listrik untuk kebutuhan distribusi air skala rumah tangga dapat dilakukan dengan membuat sistem pompa air bertenaga surya (Ramadhan, 2021).

Kelemahan penggunaan bahan bakar fosil adalah pembakarannya menghasilkan gas rumah kaca sehingga menambah konsentrasi gas rumah kaca di bumi penyebab peningkatan suhu bumi dan pemanasan global (Widayana, 2012). *Green economy* atau ekonomi hijau adalah proses pengembangan ekonomi yang tetap memperhatikan lingkungan seperti tingkat karbon di udara, efisiensi sumber daya alam, dan sosial (Makmun, 2016). Sosialisasi energi baru dan terbarukan merupakan upaya yang dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dan sekaligus menjaga kelestarian lingkungan, dengan adanya penyuluhan dan edukasi kepada masyarakat akan membuka wawasan dan kesadaran masyarakat akan pentingnya memikirkan masa depan yang tidak menggantungkan kehidupan pada sumber energi fosil dan mulai beralih ke sumber energi baru dan terbarukan (Diantari et al., 2019). Tingginya konsumsi energi listrik dalam kehidupan pastinya akan menimbulkan dampak negatif untuk lingkungan. Oleh karena itu untuk menjaga kelestarian sumber energi perlu diupayakan solusi alternatif yang dapat menopang penyediaan energi listrik secara optimal dan ramah lingkungan.

PERMASALAHAN

Saat ini energi yang dinikmati oleh masyarakat di Indonesia, khususnya listrik berbahan baku batu bara, minyak bumi, dan gas bumi. Bahan baku tersebut merupakan sumber energi fosil yang tidak terbarukan. 95% listrik yang dinikmati di Tanah Air berasal dari sumber energi tersebut. Yang mana ketersediaannya lambat laun akan habis. Selain itu isu lingkungan muncul, dikarenakan energi fosil berdasarkan hasil penelitian memberikan sumbangan terhadap pencemaran udara. Pemanfaatan sumber daya alam yang berlebihan pastinya memberikan dampak negatif terhadap kualitas sumber daya alam itu sendiri. Perilaku konsumsi sangat membahayakan besarnya kerusakan. Salah satu dampak kerusakan lingkungan adalah perubahan iklim yang menjadi perhatian utama saat ini, salah satu dampaknya kenaikan suhu. Kejadian ini mengakibatkan rusaknya keseimbangan lingkungan, dan juga membahayakan kesehatan dan cadangan kebutuhan pangan manusia. Faktor utama dari perubahan iklim adalah aktivitas produksi listrik yang didominasi oleh pembangkit listrik bersumber dari fosil sebesar 30% dari total emisi gas yang menyebabkan pemanasan global. Selain itu, energi terbarukan adalah sumber energi yang tidak memiliki emisi gas rumah kaca. Kegiatan sosialisasi energi baru dan terbarukan adalah merupakan upaya atau langkah yang dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dan sekaligus menjaga kelestarian lingkungan, dengan adanya penyuluhan dan edukasi kepada masyarakat akan membuka wawasan dan kesadaran masyarakat akan pentingnya memikirkan masa depan yang tidak menggantungkan kehidupan pada sumber energi fosil dan mulai beralih ke sumber energi baru dan terbarukan (Diantari et al., 2019).

Besarnya kebutuhan energi listrik mengakibatkan ketersediaannya menjadi terbatas. Kondisi terkini, sumber energi listrik yang tersedia tidak cukup memenuhi permintaan kebutuhan listrik di Indonesia yang salah satunya konsumen listrik skala rumah tangga. Rumah tangga mengambil porsi 23% dari total seluruh sektor konsumsi listrik. Seperti yang kita ketahui sebagian besar peralatan rumah tangga membutuhkan energi listrik dalam penggunaannya. Kenyataannya, terjadi banyak pemborosan di skala rumahan, dikarenakan masyarakat belum mampu mengatur konsumsi energi listrik di dalam rumah tangga dengan baik. Selain itu, belum ada aturan yang tepat untuk diterapkan pada pola pengaturan listrik rumah tangga, yang menjadi penyebab tingginya tingkat pemborosan penggunaan listrik skala rumahan. Tingginya penggunaan energi listrik berbanding lurus dengan dampak negatif terhadap lingkungan. Maka untuk menjaga kelestarian sumber energi perlu diupayakan langkah strategis yang dapat menunjang penyediaan energi listrik secara optimal dan terjangkau. Salah satu upaya untuk mengefisiensikan pemanfaatan energi listrik adalah memberikan pengetahuan kepada masyarakat terkait bagaimana perilakunya dalam penggunaan listrik, sehingga masyarakat dapat berperilaku lebih hemat energi. Tujuan berikutnya tim pengabdian juga ingin mensosialisasikan bahwa penggunaan sumber energi baru dan terbarukan merupakan salah satu upaya untuk melakukan penghematan energi listrik.

Energi surya cukup banyak diseluruh wilayah Indonesia dikarenakan Indonesia terletak di daerah khatulistiwa, matahari bersinar sepanjang tahun dengan iradiasi rata-rata harian 4,5 kWh/m². Sebagai negara yang memiliki iklim Tropis Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk menjadikan energi surya sebagai sumber energi alternatif bahkan utama karena Indonesia memiliki curah sinar matahari yang tinggi, selain itu pemanfaatan *renewable* energi tidak menghasilkan polusi. Hal ini sesuai dengan peraturan pemerintah No.79 Tahun 2014 mengenai Kebijakan Energi Nasional. Namun untuk peralihan dari energi fosil ke *renewable* energi terdapat beberapa kendala antara lain biaya investasi yang masih tinggi. Kebijakan *Feed-in Tariff* (FiT) telah diterapkan di banyak negara dalam rangka meningkatkan peranan sumber energi baru-terbarukan sebagai sumber energi alternatif. Melalui Permen ESDM No. 17 tahun 2013, pemerintah Republik Indonesia telah menetapkan kebijakan FiT untuk PLTS yang mempergunakan *system photovoltaic*. Dikeluarkannya kebijakan ini, dengan harapan dapat menarik minat para investor untuk membangun PLTS dalam rangka mencapai sasaran bauran energi nasional yang optimal dengan target sebesar 23% adalah peran energi baru-terbarukan pada tahun 2025. Metode yang dipergunakan dalam menghitung tarif penjualan listrik adalah metode *Life Cycle Cost* (LCC), merupakan metode yang menghitung keseluruhan biaya sebuah sistem mulai dari perencanaan, pembangunan, operasional dan *maintenance*, penggantian peralatan, dan *salvage value* selama umur hidup sistem tersebut. Edukasi dan perhitungan nilai

investasi penggunaan energi baru dan terbarukan juga merupakan hal penting untuk di sampaikan kepada masyarakat agar momok biaya investasi yang cukup mahal di awal yang menyebabkan masyarakat enggan beralih ke sumber energi alternatif dapat diluruskan.

Salah satu pengaplikasian secara riil di masyarakat terkait penggunaan sumber energi baru dan terbarukan berbasis tenaga surya adalah tim pengabdian membuat pompa air tenaga surya untuk pemenuhan kebutuhan air bersih warga masyarakat RT 09 dusun Nglanjaran. Penerapan teknologi ini bertujuan untuk memperlihatkan kepada masyarakat secara langsung bagaimana pembangkit tenaga surya bekerja, kemudian bersama-sama warga masyarakat juga melakukan studi kelayakan dan penyuluhan bagaimana merawat dan menjaga komponen sumber energi tenaga surya agar selalu bekerja dengan baik. Diharapkan dengan adanya contoh nyata dapat menambah antusiasme masyarakat untuk mulai mengenal dan perlahan-lahan beralih ke sumber energi baru dan terbarukan berbasis tenaga surya.

Permasalahan Mitra: Secara jumlah pasokan air bersih pada kondisi sekarang di Rt 09 Dusun Ngelantaran sebenarnya dalam kategori cukup, namun untuk pemenuhan pasokan air bersih masih mengandalkan air tanah dimana pompa yang dipakai menggunakan sumber energi listrik PLN. Tagihan biaya konsumsi listrik perbulan menjadi permasalahan utama bagi mesjid karena biasanya hanya mengadakan kas mesjid atau iuran secara swadaya oleh masyarakat. Jumlah pemasukkan yang tidak menentu dan jumlah tarif konsumsi listrik yang semakin meningkat menjadi permasalahan yang cukup mengawatirkan bagi pengurus mesjid, sehingga pengenalan kemandirian energi bagi masyarakat terutama mesjid, pastinya akan membantu untuk penghematan pengeluaran dana untuk konsumsi listrik yang bersumber dari PLN.

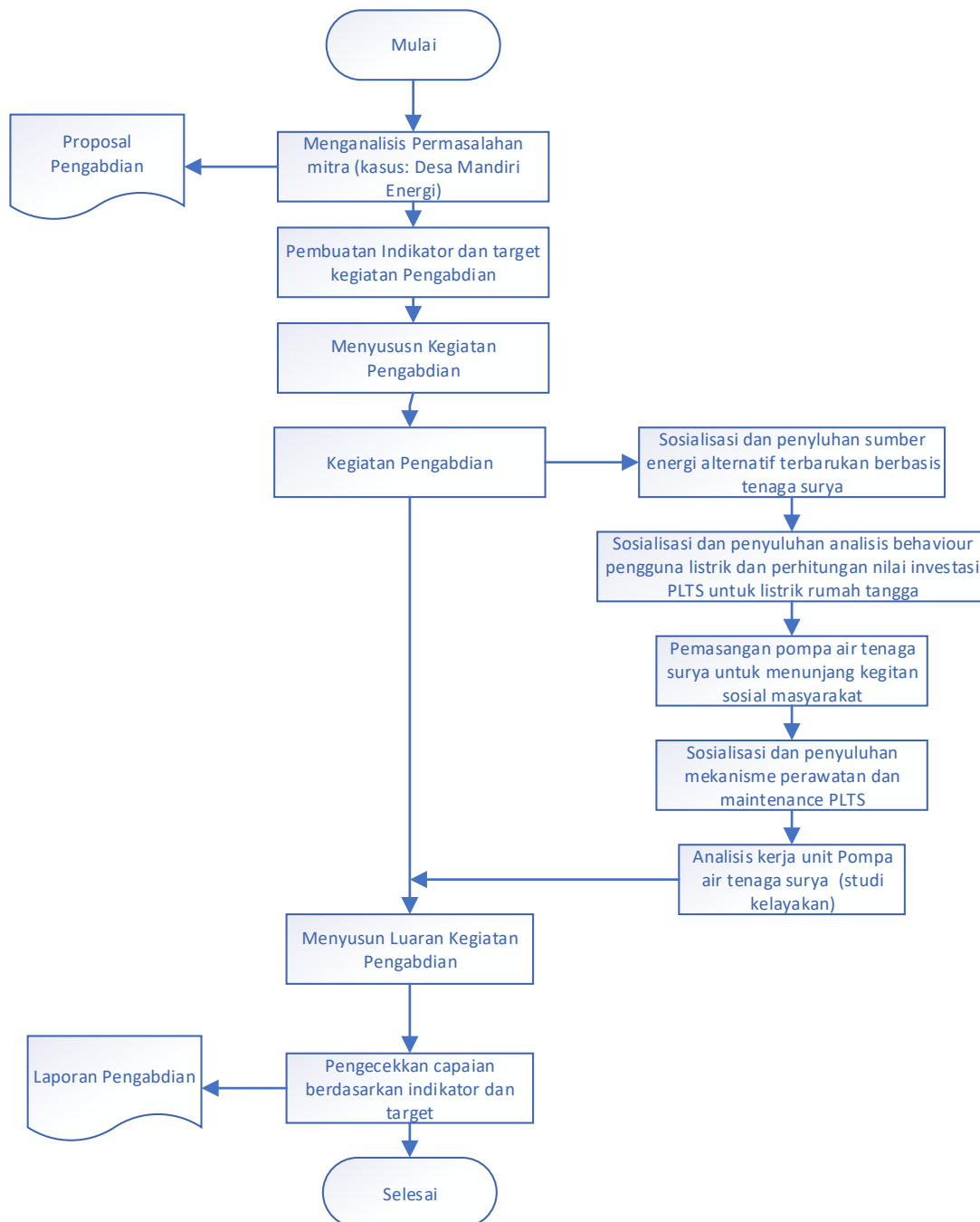
METODE PELAKSANAAN

A. Tahapan Persiapan

Tahapan pertama yang dilakukan pengabdian adalah analisis situasi pada desa mitra terkait dengan pengembangan desa mandiri energi, pada pengabdian ini pengabdian memilih kelompok masyarakat RT 09 dusun Nglanjaran sebagai mitra, alasan pemilihannya adalah karena berdekatan dengan kampus UII sehingga pengabdian dapat melakukan kontrol lebih mudah. Selanjutnya pengabdian yang diwakili oleh ketua pengabdian melakukan korespondensi dengan pejabat setempat (Dukuh dan RT) mengenai kegiatan pengabdian yang akan dilakukan. Kemudian tim melakukan diskusi terkait kegiatan pengabdian yang akan dilakukan.

B. Pelaksanaan

Tahapan kegiatan pengabdian yang diusulkan dijelaskan melalui diagram alir pengabdian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pengabdian

Adapun rincian kegiatan akan dijelaskan sebagai berikut:

- **Sosialisasi dan penyuluhan sumber energi alternatif terbarukan berbasis tenaga surya**
Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan dan mengedukasi masyarakat mengenai sumber energi alternatif dan sumber energi terbarukan. Pada kegiatan ini masyarakat akan dikenalkan dengan sumber energi berbasis tenaga surya/matahari.
- **Sosialisasi dan penyuluhan analisis *behaviour* pengguna listrik dan perhitungan nilai investasi PLTS untuk listrik rumah tangga**
Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan penyuluhan mengenai pemasangan PLTS untuk rumah tangga, mulai dari analisis *behaviour* pengguna, konsep PLTS, desain pemasangan dan

perhitungan nilai investasi yang harus dikeluarkan. Selain itu, kegiatan ini juga menjelaskan mengenai *pay back period*.

- Pemasangan pompa air tenaga surya untuk menunjang kegiatan sosial masyarakat
Setelah dilakukan survey pada Desa Nglanjaran, terdapat 2 pompa air yang akan menjadi titik pemasangan Panel Surya. Jenis pompa eksisting yang digunakan adalah merk “Shimizu Tipe PS-128 BIT”. Pompa tersebut memerlukan daya input sebesar 300-400 watt dengan durasi pemakaian selama 8 jam perhari untuk mengisi bak penampungan air di pagi (4 jam) dan sore hari (4 jam).
- Sosialisasi dan penyuluhan mekanisme perawatan dan *maintenance* PLTS
Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada masyarakat mengenai perawatan dan *maintenance* PLTS.
- Analisis kerja pompa air tenaga surya (studi kelayakan)
Kegiatan ini bertujuan untuk melakukan supervisi dan studi kelayakan pemasangan PLTS di desa mitra.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Kebutuhan air Mesjid Dusun Nglanjaran dan implikasinya pada kebutuhan energi listrik

Kebutuhan air di masjid dusun Nglanjaran adalah 2 kali pengisian di waktu pagi dan sore. Dalam sekali pengisian membutuhkan waktu 4 jam untuk tandon air penuh. Air dipompa menggunakan pompa air dengan daya 400 watt (Shimizu Tipe PS-128 BIT). Sehingga dalam 1 hari membutuhkan energi listrik sebesar,

$$2 \times 4 \text{ jam} \times 400 \text{ Watt} = 3200 \text{ Wh} ; 3,2 \text{ kWh}$$

Jika dirupiahkan per-hari membutuhkan biaya sebesar,

$$3,2 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500 = \text{Rp } 4.800$$

biaya per bulan,

$$\text{Rp } 4.800 \times 30 \text{ hari} = \text{Rp } 144.000$$

2. Perhitungan spesifikasi komponen PLTS

Jenis pompa eksisting yang digunakan adalah merk “Shimizu Tipe PS-128 BIT”. Pompa tersebut memerlukan daya input sebesar 300-400 watt dengan durasi pemakaian selama 8 jam perhari untuk mengisi bak penampungan air di pagi (4 jam) dan sore hari (4 jam). Berdasarkan data kebutuhan energi pompa tersebut maka teknologi Panel Surya yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1) Kebutuhan Panel Surya

Jumlah energi yang digunakan untuk pompa adalah : $400 \text{ W} \times 8 \text{ jam} = 3200 \text{ Wh}$. Dikarenakan pengisian daya panel surya per hari optimalnya adalah 4 jam, maka Jumlah Wp (Watt Peak) panel surya untuk pompa adalah $3200 \text{ Wh} / 4 \text{ jam} = 800 \text{ Wp}$. Untuk memudahkan pemasangan, pembongkaran dan pemeliharaan, tipe panel surya yang digunakan adalah tipe 100 Wp dengan jumlah 8 buah dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Spesifikasi komponen panel surya

No	Komponen	Spesifikasi
1	Panel Surya Solanma	100 Wp
2	P max	100 Wp
3	Optimum Operating Voltage (V mp)	18,1 V
4	Optimum Operating Current (I mp)	5,52 A
5	Open circuit voltage (V oc)	22,1 V
6	Short Circuit Current (I sc)	5,86 A
7	Power tolerance	0-3%
8	Dimensi	1000 x 670 x 30 mm
9	Weight	8 kg
10	Max series views rating	10 A

2) Kebutuhan baterai

Baterai yang digunakan dalam sistem panel surya harus dapat memenuhi kebutuhan energi minimal per hari. Kebutuhan energi pompa perhari adalah 3200 Wh. Dengan memperhatikan ketersediaan tipe baterai di pasaran dan untuk membuat sistem panel surya yang handal, maka untuk pompa disuplai dengan baterai berkapasitas 100 Ah 48 V (LifePO4 15 s 3.2 V).

3) Kebutuhan inverter

Pompa eksisting yang digunakan di Desa Nglanjaran menggunakan sistem tegangan AC 220 V. Dengan demikian dibutuhkan inverter untuk mengubah input tegangan baterai sebesar 48 V DC menjadi 220 V AC. Inverter yang digunakan dalam sistem ini adalah Inverter dengan merk ICA berkapasitas 3000 watt 48/220 V dengan tegangan kontinyu sebesar 1500 watt (sudah sesuai dengan kapasitas daya terpasang 1300 VA).

4) Kebutuhan alat pendukung instalasi

Dalam proses instalasi panel surya diperlukan peralatan-peralatan pendukung lainnya yang disesuaikan dengan kebutuhan panel surya, diantaranya adalah:

- a. Kabel AWG 10, 2 x 6 mm sepanjang 50 m
- b. Kabel 16 mm sepanjang 8 m
- c. Konektor MC 4 berjumlah 8 buah

3. Tahapan Perancangan

Sistem Panel Surya yang dipasang di Dusun Nglanjaran merupakan sistem Panel Surya *Hybrid* dimana energi listrik yang digunakan akan bergantian antara Panel Surya dengan listrik PLN (Mubarak, 2017) (Mubarak & Priyatama, 2018). Panel surya dipasang pada rumah warga (rumah ustad) yang berdekatan dengan Mushola Annamiroh. Sedangkan inverter dan baterai diletakkan dalam ruang control yang terdapat pada Mushola. Pemasangan modul panel surya yang diletakkan di atas rumah warga tersebut sudah dilakukan survey dan memperhatikan titik pancaran cahaya matahari yang paling optimal. Saat ini sistem PLTS dihibahkan kepada warga/penghuni rumah desa Nglanjaran

dimana energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan oleh warga desa Nglanjaran pada khususnya dan masyarakat lain secara luas pada umumnya. Modul panel surya yang terpasang berjumlah 8 lembar dengan masing-masing lembarnya berkapasitas 100 Wp, sehingga panel surya yang terinstal secara keseluruhan adalah sebesar 800 Wp.



Gambar 2. Modul surya 800 Wp



Gambar 3. baterai lifePo4 48 V 100 Ah



Gambar 4. Inverter 48/220 V 2000 W



Gambar 5. MCB

Pada Gambar 2 ditunjukkan rangkaian panel surya yang disusun secara seri berjumlah 8 lembar yang melintang dari sisi timur hingga ke barat. Dengan penempatan seperti ini panel surya tidak akan mendapatkan *shading* (baying-bayang) dari bangunan atau gedung-gedung di sekitarnya. Energi yang dihasilkan oleh modul panel surya tersebut kemudian disimpan dalam baterai dengan kapasitas 100 Ah dengan tegangan kerja 48 volt, sehingga energi total yang dapat disimpan adalah 4800 Wh. Tingkat penyerapan energi matahari dari sebuah modul panel surya adalah 4-5 jam perhari sehingga panel surya 800 Wp akan menghasilkan energi 3200-4000 Wh perhari. Kapasitas baterai yang didesain sudah sangat mencukupi kebutuhan dari modul panel surya. Baterai yang digunakan dalam sistem PLTS ditunjukkan pada Gambar 3. Baterai ini bejenis LifePO4 dan memiliki DoD (*Deep of Discharge*) hingsg 80 %, yang artinya bahwa baterai dapat digunakan secara maksimal hingga hanya menyisakan kapasitas baterai hingga 20 % tanpa menimbulkan kerusakan pada baterai. Baterai berjenis LifePO4 juga sangat handal karena memiliki umur yang cukup panjang yaitu sekitar 3000 *cycles* atau 9-10 tahun pemakaian.

Energi yang tersimpan dalam baterai diatur pengisiannya dengan menggunakan SCC (*Solar Charge Controller*) agar pengisian daya listrik dapat berjalan dengan stabil dan aman mengingat tingkat pencahayaan/terik sinar matahari dapat berubah-ubah setiap saat (Mubarok & Prastowo,

2019). Energi yang tersimpan dalam baterai merupakan energi dengan sistem DC (*Direct Current*) atau arus searah, sedangkan dalam penggunaan peralatan listrik sehari-hari diperlukan sistem AC (*Alternating Current*) atau arus bolak-balik. Sehingga dalam sistem panel surya diperlukan perangkat yang disebut sebagai inverter atau pengubah tegangan/arus DC menjadi AC. Inverter yang digunakan dalam sistem PLTS ditunjukkan pada Gambar 4. Inverter memiliki kapasitas 2000 watt dan memiliki output gelombang sinus atau sering disebut dengan PSW (*Pure Sine Wave*). Inverter dengan jenis PSW sangat direkomendasikan untuk peralatan-peralatan rumah tangga karena sangat aman.

Dikarenakan daya terpasang yang digunakan adalah 1300 VA, maka inverter yang digunakan berkapasitas 2000 watt sehingga sudah sangat memenuhi kebutuhan beban listriknya. Inverter yang digunakan mampu mengubah tegangan DC 48volt menjadi tegangan AC 220 volt. Dengan tegangan output inverter 220 volt, maka peralatan-peralatan rumah tangga sudah dapat digunakan seperti pompa air. Lampu, dll. Untuk memberikan sistem pengaman pada panel surya. Dalam pemasangannya diberikan sistem proteksi berupa MCB (*Miniatur Circuit Breaker*). Terdapat 6 MCB yang digunakan yaitu MCB DC 2 pole 32 A antara modul panel surya dengan SCC (dalam inverter), MCB DC 1 pole 50 A antara baterai dengan inverter, MCB AC 1 pole 6A sebanyak 4 buah sebagai input dan output inverter seperti ditunjukkan pada Gambar 5. MCB 32 A yang digunakan sebagai koneksi antara modul panel surya dan SCC berfungsi sebagai pengaman jika terjadi lonjakan arus yang tinggi pada panel surya. Pemilihan 32 ampere pada MCB ini didasari oleh arus modul sebesar 5-8 ampere dalam setiap rangkaian serinya. Dikarenakan inverter yang digunakan mampu disuplai oleh maksimum 3000 Wp panel surya, maka untuk desain jangka panjang modul panel surya dapat diperbanyak hingga 800 Wp sebanyak 4 paralel, sehingga kebutuhan MCB nya adalah 32 A.

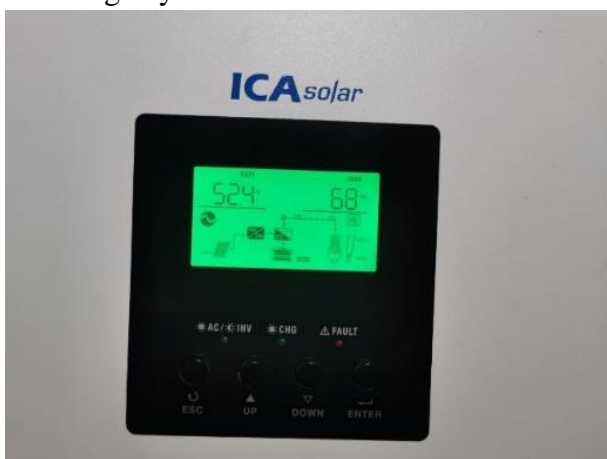
MCB DC 1 pole berkapasitas 50 A yang digunakan sebagai pengaman antara baterai dan inverter difungsikan sebagai pengaman baterai jika terjadi lonjakan arus antara baterai dan inverter. Lonjakan arus ini dapat disebabkan oleh hubung singkat maupun beban lebih. Pemilihan 50 A ini dikarenakan inverter menggunakan tegangan kerja 48 volt dan berkapasitas 2000 watt. Sehingga dengan MCB 50 A, sistem dapat membatasi daya keluaran baterai sebesar 48 volt dikali dengan 50 A yaitu sebesar 2400 watt. Daya sebesar 2400 watt masih dapat ditoleransi oleh inverter dikarenakan beban puncak inverter adalah 3000 watt. Sistem PLTS yang dirancang juga memperhatikan keselamatan pengguna. Dikarenakan sistem yang digunakan adalah sistem *hybrid*, maka diperlukan sistem proteksi antara listrik PLN dengan listrik panel surya. Pada sisi input inverter diberikan MCB AC 1 pole 6 A sebanyak 2 buah sebagai pengaman kutub positif dan netral listrik yang masuk dari PLN ke inverter. Demikian juga untuk outputnya, diberikan MCB AC 1 pole 6 A sebanyak 2 buah sebagai pengaman kutub positif dan netral antara output inverter dan beban. Pemilihan kapasitas MCB 6 A sendiri didasari oleh daya terpasang sebesar 1300 VA dan tegangan AC rumah tangga sebesar 220 volt. Energi listrik yang dikeluarkan oleh inverter sudah dapat digunakan untuk menyuplai beban seperti pompa air, lampu-lampu, ataupun beban lainnya. Panel MCB yang digunakan dalam sistem PLTS ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pompa Air 550 watt

Setelah dilakukan pemasangan, maka sistem PLTS dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan PLTS dengan beban-beban seperti pompa air dan lampu-lampu. Saat beroperasi, sistem PLTS dapat bekerja dengan baik. Hal ini juga dapat dilihat dari parameter-parameter yang ditunjukkan pada layar inverter. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa tegangan baterai berada pada angka 52,4 volt. Hal ini menunjukkan bahwa baterai dapat terisi dengan baik oleh modul panel surya. Sistem baterai 48volt akan terisi penuh energi penyimpanannya hingga tegangan 55 volt. Dengan nilai tegangan 52,4volt ini, maka baterai sudah terisi pada kisaran 70-80%. Sedangkan pada Gambar 8 ditunjukkan nilai output dari tegangan AC inverter. Nilai tegangan yang ditampilkan adalah 224 volt. Ini menunjukkan bahwa tegangan AC keluaran inverter sudah sangat aman dan baik untuk digunakan pada peralatan-peralatan rumah tangga.

Energi yang tersimpan pada baterai ditunjukkan pada Gambar 9. Nilai energi yang tercatat adalah 33,4 kWh. Ini menunjukkan bahwa sistem pencatatan energi baterai bekerja dengan baik. Dalam 1 hari modul panel surya dapat menghasilkan energi sebesar 3200 Wh, maka energi sebesar 33,4 kWh tersebut merupakan akumulasi energi selama kurang lebih 10-11 hari. Tegangan modul panel surya ditunjukkan pada Gambar 10. Tegangan yang terukur adalah 149 volt. Tegangan 149 volt merupakan tegangan output dari seluruh rangkaian seri panel surya. Tegangan ini berkisar dari 0 volt (saat tidak ada cahaya matahari sama sekali) hingga 160 volt (saat matahari sangat terik), sehingga nilai 149 volt merupakan nilai yang cukup baik. Secara keseluruhan, panel surya yang terpasang sudah dapat bekerja dengan baik. Data parameter-parameter yang ditunjukkan masih dalam batasan aman dalam pengoperasian peralatan-peralatan rumah tangga seperti pompa air, lampu, atau yang lain sebagainya.



Gambar 7. Tegangan baterai



Gambar 8. Tegangan output inverter



Gambar 9. Energi yang dihasilkan panel surya



Gambar 10. Tegangan panel surya

Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian panel surya pada kondisi cuaca berbeda.

Tabel 2. Pengujian Panel Surya pada Kondisi Cuaca yang Berbeda

Jam	Cuaca	Voltage Baterai (V)	Arus Baterai Arus Masuk	Arus Baterai Arus Keluar	Tegangan Panel Surya (V)	Daya Keluar PV (Watt)	Daya Beban (Watt)
06.00	Mendung	49,3 V	0 A	0 A	90 V	2 Watt	0 Watt
06.30	Mendung	49,4 V	0 A	0 A	89 V	25 Watt	0 Watt
07.00	Cerah Berawan	49,8 V	0 A	0 A	137 V	252 Watt	0 Watt
07.30	Cerah Berawan	50,1 V	4 A	0 A	133 V	352 Watt	778 Watt (Pompa Air)
08.00	Cerah Berawan	50,1 V	0 A	7 A	131 V	424 Watt	750 Watt (Pompa Air)
08.30	Cerah Berawan	49,2 V	0 A	4 A	130 V	558 Watt	730 Watt (Pompa Air)
09.00	Berawan	49,9 V	0 A	4 A	117 V	411 Watt	10 Watt
09.30	Cerah Berawan	50,8 V	0 A	11 A	137 V	671 Watt	11 Watt
10.00	Berawan	50,4 V	2 A	0 A	123 V	191 Watt	21 Watt
10.30	Mendung	50,3 V	3 A	0 A	126 V	310 Watt	16 Watt
11.00	Berawan	50,4 V	4 A	0 A	125 V	281 Watt	18 Watt
11.30	Mendung	50,2 V	0 A	0 A	90 V	23 Watt	28 Watt
12.00	Mendung	50,2 V	0 A	0 A	93 V	40 Watt	30 Watt
12.30	Mendung	50,2 V	1 A	0 A	132 V	142 Watt	32 Watt

Jam	Cuaca	Voltage Baterai (V)	Arus Baterai Arus Masuk	Arus Baterai Arus Keluar	Tegangan Panel Surya (V)	Daya Keluar PV (Watt)	Daya Beban (Watt)
13.00	Mendung	50,2 V	0 A	0 A	130 V	96 Watt	32 Watt
13.30	Mendung	50,2 V	0 A	14 A	131 V	87 Watt	759 Watt (Pompa Air)
14.00	Gerimis	50,2 V	0 A	0 A	95 V	12 Watt	3 Watt
14.30	Gerimis	50,1 V	0 A	0 A	89 V	10 Watt	2 Watt
15.00	Gerimis	50 V	0 A	2 A	89 V	3 Watt	60 Watt (2 buah lampu)
15.30	Hujan	50 V	0 A	2 A	90 V	3 Watt	60 Watt (2 buah lampu)
16.00	Hujan	49,8 V	0 A	4 A	90 V	0 Watt	156 Watt (3 buah kipas angin)
16.30	Hujan	49,7 V	0 A	4 A	90 V	18 Watt	215 Watt (3 buah kipas angin & 2 buah lampu)
17.00	Mendung	49,8 V	0 A	2 A	88 V	0 Watt	52 Watt (2 buah lampu)
17.30	Mendung	49,8 V	0 A	2 A	89 V	0 Watt	87 Watt (2 buah lampu)
18.00	Hujan	49,8 V	0 A	2 A	87 V	0 Watt	76 Watt (2 buah lampu)

▪ Hasil Pengujian Pengisian Daya pada Baterai

Lama waktu yang dibutuhkan dalam pengisian baterai menggunakan panel surya tergantung dengan berbagai macam faktor, salah satunya yaitu faktor cuaca yang tidak menentu dan dapat menyebabkan daya yang dikonversi oleh panel surya tidak stabil. Untuk persamaan yang digunakan dalam perhitungan lama waktu pengisian ditunjukkan pada persamaan 1.

$$t = \frac{E}{P} \quad (1)$$

Keterangan:

t : Waktu pengisian baterai (h)

E : Energi pada baterai (Wh)

P : Daya *input* (W)

Dari hasil pengujian diatas dengan tegangan awal baterai 49,3 V sampai dengan 49,8 V memerlukan waktu 12 Jam dengan rata - rata daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 7,4 W, Maka besar energi yang dihasilkan 88,89 Wh. Jika menurut perhitungan, dengan baterai yang

memiliki kapasitas 48V/100Ah energi yang dapat dihasilkan 4800 Wh. Kemudian dilakukan pengisian dengan panel surya 120Wp sebanyak 8 buah, maka lama pengisian energi pada baterai membutuhkan waktu 6 jam jika kondisi cuaca dalam keadaan cerah sehingga penerimaan energi dari panel surya menjadi lebih optimal. Baterai yang digunakan memiliki batas bawah 48 V dan batas atas 52,5 V.

Pengujian pengisian energi baterai dengan panel surya ini menggunakan jenis *monocrystalline* yang memiliki efisiensi cukup tinggi dalam mengkonversi dan menghantarkan daya. Pada umumnya panel surya dengan jenis ini memiliki nilai efisiensi antara 15% - 20% cukup besar dibandingkan jenis *polycrystalline*. Pengujian kali ini bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi pada panel surya yang digunakan, dan juga melakukan perbandingan nilai efisiensi panel surya pada setiap kondisi cuaca yang ada pada saat pengujian. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk perhitungan nilai efisiensi pada persamaan 2 .

$$\eta_p = \frac{P_{max}}{I \times A} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

η_p : Efisiensi Panel Surya

P_{max} : Daya Maksimal Panel Surya (Wp)

I : Standar test conditions (STC), di Indonesia 1000 W/ m²

A : Luas penampang panel surya (m²)

Data yang digunakan pada persamaan 2 adalah daya maksimum pada panel surya, nilai insolasi matahari, luas penampang panel surya. Data daya maksimum didapat dari *datasheet* panel surya yang digunakan yaitu 120Wp. Nilai insolasi matahari pada persamaan 2 menggunakan *Standard Test Conditions* (STC), yaitu 1000 W/m² standar tersebut digunakan untuk mengukur kinerja maksimal pada panel surya. Dimensi solar panel yang digunakan 103 x 67 x 3 cm. Dari data tersebut didapat besar nilai efisiensi dari panel surya yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu 17,39%.

▪ Hasil Pengujian Pemberian Beban

Berikut hasil pengujian dan perhitungan beban dengan bermacam-macam beban yang kemungkinan terjadi di lapangan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung discharge baterai dengan beban dapat ditunjukkan pada persamaan 3.

$$t = \frac{E}{P} \quad (3)$$

Keterangan :

t : Waktu ketahanan kapasitas baterai (h)

E : Energi pada baterai (Wh)

P : Daya beban (W)

Perhitungan ini diasumsikan dengan kapasitas baterai penuh yaitu 4800 Wh. Jika digunakan untuk pompa air (750 watt) maka akan habis dalam waktu 6 Jam 24 menit, Jika digunakan untuk dua buah lampu (60 watt) maka akan habis dalam waktu 80 jam, jika digunakan untuk tiga buah kipas angin (156 watt) maka akan habis dalam waktu 30 jam 46 menit, jika digunakan untuk tiga buah kipas angin dan dua buah lampu (215 watt) akan habis dalam waktu 22 jam 18 menit, dan jika menggunakan dua buah kipas angin, dua buah lampu, dan pompa air (965 watt) akan habis dalam waktu 4 jam 59 menit.

4. Penyerahan dan Sosialisasi Alat

Gambar 11 dan 12 merupakan dokumentasi sosialisasi dan serah terima sistem pembangkit listrik berbasis tenaga surya untuk sumber energi listrik pompa air.



Gambar 11. Sosialisasi Penggunaan Panel Surya



Gambar 12. Serah Terima Alat

D. Kesimpulan

Dari hasil pemasangan pompa air tenaga surya, dihasilkan saat beroperasi, sistem PLTS dapat bekerja dengan baik. Baterai dapat terisi dengan baik oleh modul panel surya. tegangan AC keluaran inverter sudah sangat aman dan baik untuk digunakan pada peralatan-peralatan rumah tangga. Nilai energi yang tercatat adalah 33,4 kWh. Ini menunjukkan bahwa sistem pencatatan energi baterai bekerja dengan baik. Secara keseluruhan, panel surya yang terpasang sudah dapat bekerja dengan baik. Data parameter-parameter yang ditunjukkan masih dalam batasan aman dalam pengoperasian peralatan-peralatan rumah tangga seperti pompa air, lampu, atau yang lain sebagainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kemendikbud Ristek yang telah mendanai Program Pengabdian Masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Diantari, R. A., Darmana, T., Zaenal, Z., Hidayat, S., Jumiati, J., Soewono, S., & Indradjaja, I. M. (2019). Sosialisasi Energi Baru Terbarukan dan Lingkungan Hidup Untuk Masyarakat Desa Sukawali KAB. Tangerang, Banten. *Terang*, 2(1), 53–59. <https://doi.org/10.33322/terang.v2i1.538>
- Makmun, M. (2016). Green Economy: Konsep, Impelentasi dan Peran Kementerian Keuangan. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan*, 19(2), 1–15. <https://doi.org/10.14203/JEP.19.2.2011.1-15>
- Mubarok, H. (2017). Optimal specification analysis of hybrid PV-battery-diesel-power generation based on electrical outage cost as an industrial reserve power. In *Proceedings - 2017 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication: Empowering Technology for a Better Human Life, iSemantic 2017* (Vols. 2018-January, pp. 253–257). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISEMANTIC.2017.8251879>
- Mubarok, H., & Prastowo, B. (2019). Feasibility Study on Installation of Solar Cell Renewable Energy Generators. *2019 International Conference on Technologies and Policies in Electric Power and Energy, TPEPE 2019*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF48524.2019.9102535>
- Mubarok, H., & Priyatama, W. A. (2018). Solar cell-wind turbine hybrid generation as a solution of the energy audit analysis at hospital. In *2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI 2018* (pp. 544–549). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/ISRITI.2018.8864384>

- Ramadhan, D. W. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Portable Tenaga Surya dan Angin Dengan Sistem Hybrid Untuk Tempat Pengungsian Bencana Alam. *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 1(2), 85–93. <https://doi.org/10.36040/aliner.v1i2.2972>
- Sukandarrumidi, Z. K. H., & Djoko, W. (2013). *Energi Terbarukan: Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi*, Yogyakarta. UGM Press.
- Supapo, K. R. M., Santiago, R. V. M., & Pacis, M. C. (2017). Electric load demand forecasting for Aborlan-Narra-Quezon distribution grid in Palawan using multiple linear regression. *HNICEM 2017 - 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management, 2018-January*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2017.8269480>
- Wibawa, U. (2017). *Pembangkit energi baru & terbarukan : pendekatan praktis*. UB Press.
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan Energi Surya. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 9(1), 37–46. <https://doi.org/10.23887/jptk.v9i1.2876>
- Yuliarto, B. (2017). *Memanen Energi Matahari*. ITB Press.