

Perancangan Sistem Pompa Irigasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pertanian Subak Semaagung

Oya Iman Sanjaya, IAD Giriantari*, I N Satya Kumara
Program Studi Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
*Email : oyaimansanjaya2@gmail.com

Abstrak

Secara umum rata-rata panen padi di Indonesia tiga kali dalam satu tahun dengan umur padi 115-120 hari. Subak merupakan organisasi yang dimiliki oleh masyarakat petani di Bali yang khusus mengatur sistem irigasi sawah secara tradisional. Subak Semaagung setiap tahunnya mengalami kekurangan air pada lahan pertanian. Luas subak lebih kurang 55 hektar yang terdiri dari 6 kelompok petani yang disebut "tempek". Air pertanian dipasok ke setiap tempek secara bergantian karena pasokan air yang sangat terbatas, sehingga setiap tempek hanya dapat menanam padi sekali dalam dua tahun. Situasi tersebut sangat sulit bagi petani untuk memelihara sawah mereka sendiri dengan pasokan air yang terbatas, sehingga sawah di subak telah banyak ditinggalkan. Sebelumnya Kementerian Pertanian telah memberikan bantuan berupa sistem pompa irigasi bertenaga disel, namun sistem pemompaan air bertenaga disel tersebut hanya dimanfaatkan selama 1 tahun karena membutuhkan cara oprasional yang sangat rumit dan biaya BBM yang sangat besar. Sehingga pada penelitian ini akan dirancang sistem pompa air PLTS yang lebih efektif dari pompa disel sebelumnya. Dari pembahasan dan analisis yang telah dilakukan bahwa dengan area seluas 300 m² dapat dipasang panel surya monokristaline kapasitas maksimal 52.14 kW dengan modul surya berjumlah 158 unit, inverter 33 kW dua unit, dan pompa Submersible SP 60-9 dua unit. Sehingga diperoleh hasil perhitungan air yang dapat diangkat pada musim kemarau setiap hari sebesar 1.275.000 liter/hari. Dengan total biaya investasi pompa air PLTS Subak Semaagung Rp1.168.137.010.

Kata kunci: Pompa Air Tenaga Surya, Energi Terbarukan, Listrik

Abstract

In general the average rice harvest in Indonesia is three times in one year with a rice age of 115-120 days. Subak is an organization owned by farmers in Bali that specifically regulates traditional rice field irrigation systems. Subak Semaagung every year there is a shortage of water on agricultural land. Subak area of approximately 55 hectares consisting of six groups of farmers called "tempek". Agricultural water supplied to each tempek interchangeably because the water supply is very limited, so any tempek can only grow rice once in 2 years. The situation is very difficult for farmers to maintain their own rice fields with a limited water supply, so that the fields in the Subak has been largely abandoned. Previously, the Ministry of Agriculture has provided assistance in the form of diesel-powered irrigation pump system, but the diesel-powered water pumping systems are only used for 1 year because it requires a very complicated way of operational and fuel costs are enormous. This research will be designed water pump system Solar Power Plant (PLTS) for more effective than previous diesel pump. From the discussion and analysis has been done that with an area of 300 m² can be mounted solar panels monokristaline 52.14 kW with a maximum capacity of solar modules totaling 158 units, inverter 33 kW two units, and Submersible pumps SP 60-9 two units. So that the result of the calculation of water that can be lifted inthe dry season every day is 1.275.000/liters/day. With a total investment cost of solar power water pumps Subak Semaagung Rp1.168.137.010.

Keywords: *Solar Water Pump, Renewable Energy, Electric*

1. PENDAHULUAN

Pulau Bali selain terkenal dari sektor Pariwisata juga terkenal pada sektor pertaniannya, contohnya sistem subak yang telah menjadi warisan budaya dunia. Subak adalah sebuah organisasi yang dimiliki oleh masyarakat petani di Bali yang khusus mengatur tentang manajemen atau sistem pengairan/irigasi sawah secara tradisional.

Subak Semaagung adalah salah satu subak yang berada di Kab.Kelungkung, Kec.Bajarangkan Desa Tusan. Subak Semaagung terdiri dari 120 petani, 35 di antaranya memiliki sawah sendiri dan petani lainnya terlibat dalam pertanian penyewa. Subak juga dibagi menjadi 6 kelompok petani kecil yang disebut tempek, air pertanian didistribusikan di keenam tempek secara adil berdasarkan peraturan tradisional [1]. Data Dinas Pertanian dan Perkebunan Kab. Klungkung, Subak Semaagung memiliki luas 70 hektar pada tahun 2016 menurun tajam dengan lebih dari 10% menjadi 62,95 ha pada tahun 2017, akibat dari kekurangan air pertanian yang parah, dan dari informasi yang didapatkan dari kelian Subak Semaagung pada 2019 luas wilayah pertanian hanya tersisa lebih kurang 55 ha [2]. Terdapat 2 saluran irigasi di wilayah itu, satu terhubung dari sungai Tukad Melangit melalui bendungan pengalihan Tukad Alas dan yang lainnya terhubung dari sungai Tukad Bubuh melalui bendungan pengalihan Bakas. Kedua saluran digunakan bersama-sama dengan subak lainnya, Subak Dolod Bakas di Desa Bakas dan subak Lunjungang di Desa Tusan Karena kedua subak tersebut terletak di hulu saluran, sehingga debit air yang sampai di Subak Semaagung sangat kecil. Akibat dari kekurangan air yang parah sehingga subak telah banyak ditinggalkan dan sebagian sawah telah diubah menjadi lahan kering dan daerah pemukiman karena alasan ekonomi. Sebelumnya Kementerian Pertanian telah memberikan bantuan berupa sistem pompa irigasi bertenaga disel, untuk mengangkat air dari Tukad Bubuh ke saluran irigasi Subak Semaagung, namun sistem pemompaan air bertenaga disel ini hanya dimanfaatkan selama 1 tahun karena sistem pemompaan yang tidak efektif dan biaya BBM yang cukup besar.

Untuk mengatasi masalah kekurangan air pertanian di Desa Tusan, Subak Semaagung diperlukan untuk memperkenalkan fasilitas pemompaan baru yang dapat memberikan jumlah air yang cukup dari sungai Tukad Buduh. Selain itu, fasilitas pompa ini dapat dengan mudah dioperasikan oleh anggota subak, dan juga biaya pemeliharaan cukup ekonomis, oleh karena itu penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang hemat energi untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia dilokasi tersebut merupakan solusi yang tepat. PLTS atau lebih dikenal dengan sel surya (Photovoltaic) yang digunakan untuk sumber energi penggerak pada pompa. Pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi alternatif sudah semakin meningkat dari tahun ke tahun khususnya di Indonesia, dari pemanfaatan PLTS untuk sumber energi skala kecil hingga skala besar. Secara umum kinerja pompa air tenaga surya dapat berjalan baik apabila mendapatkan radiasi matahari yang cukup. Radiasi matahari di Desa Tusan relatif tinggi sehingga implementasi pompa air tenaga surya memiliki potensi yang sangat menjanjikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian studi pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang digunakan untuk sumber energi penggerak pada pompa di Subak Sema Agung, sehingga debit air irigasi Subak Sema Agung bertambah sehingga petani yang akan berhenti bertani padi akan berkurang.

2. SUBAK

Subak adalah sebuah organisasi yang dimiliki masyarakat petani di Bali yang khusus mengatur manajemen sistem pengairan/irigasi sawah secara tradisional. Anggota subak atau juga biasa disebut dengan krama subak adalah para petani yang memiliki garapan sawah dan mendapatkan bagian air pada sawahnya [3].

Kebutuhan Air Subak, mulai dari mengolah tanah, persemaian masa pertumbuhan dan masa berbunganya, rata-rata membutuhkan air 1,5 liter/detik.ha. Analisa kebutuhan air untuk tanaman padi di sawah dipengaruhi oleh beberapa faktor,

yaitu pengelolaan lahan, penggunaan konsumtif, penggantian lapisan air, sumbangan (hujan efektif)[4].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Desa Tusan, Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali. Pada penelitian ini akan dilakukan:

Akan dilakukan survei untuk mengidentifikasi kebutuhan air, data radiasi matahari dan kondisi lapangan seperti debit sumber air yang akan di angkat ke saluran irigasi, ketinggian dan kedalaman sumber air, jarak dari sumber air ke sawah yang akan dialiri. Tahap kedua akan dihitung kapasitas pompa yang akan dipakai ditentukan oleh debit yang tersedia serta kebutuhan air sawah dan menghitung kapasitas PLTS dan luas lahan untuk perancangan PLTS yang dibutuhkan. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem pompa air tenaga surya berdasarkan studi literature dan pengumpulan data sebelumnya dan menganalisis output dari PLTS, dan output dari sistem pompa air PLTS. Dengan dilakukannya penelitian tersebut diharapkan petani – desa Tusan tidak perlu secara bergantian menanam padi, sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani.

4. TAHAPAN PELAKSANAAN

A. Kebutuhan Air Subak dan Debit Air Irigasi

Kebutuhan air setiap hari untuk luas lahan 55 ha dapat dihitung sebagai berikut : Kebutuhan air Subak Semaagung (55 ha). Rata-rata kebutuhan air liter/detik.ha xLuas lahan

$$\begin{aligned} &= 1,5 \text{ liter/detik/ha} \times 55 \text{ ha} \\ &= 82,5 \text{ liter/ detik} \\ &= 85,2 \times 86.400 \text{ detik} \\ &= 7.128.000 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

Sedangkan debit air irigasi yang tersedia saat ini 49,5 liter/detik atau 4.276.800/hari. Jadi, debit air yang perlu diangkat oleh sistem pompa air ialah 82,5 liter/detik – 49,5 liter/detik sehingga didapatkan total kekurangan air Subak Semaagung 33 liter/detik atau 2.851.200 liter/detik.

Debit Air Tukad Bubuh, dari data BWSBP 2017 (Balai Wilayah Sungai Bali-Penida,Tahun2017)[5]. debit air Tukad Bubuh, dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Data Debit Tukad Bubuh, 2017

Debit Rata-rata	0.046 m ³ /det (46 liter/dtk)
Tinggi aliran	75 cm
Aliran Km ²	1.436
Total aliran	1.466 (meter kubik (106))

Jarak dari saluran irigasi ke permukaan sungai yaitu 85 m, untuk beda elevasi 55 m, pengukuran dilakukan menggunakan laser

range finder Nichido N600A, prinsip kerja laser rangefinder ini adalah adanya sinar laser yang dipancarkan oleh alat ini ke obyek, dan waktu obyek memantulkan sinar ini kembali ke rangefinder yang akan di hitung untuk mengetahui jarak ke obyek yang ditampilkan di layar.

Beban Pompa dari Tukad Bubuh ke Saluran Irigasi, Perhitungan beban pompa dilakukan agar dapat memilih spesifikasi pompa yang tepat dan mampu mengangkat air dari sumber air yang akan diangkat ke saluran irigasi.

$$\begin{aligned} P &= \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \text{ [6].} \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,0344 \text{ m}^3/\text{s} \times 55 \text{ m} \\ &= 18095 \text{ watt} \\ &= 18,095 \text{ kW} \end{aligned}$$

Efisiensi pada Pompa Submersible pompa umumnya 41.57% - 85% [7].

$$\eta = \frac{\text{Beban Pompa (Pout Pompa)}}{\text{Daya Listrik Pompa (Pin Pompa)}} \times 100 \%$$

$$\eta = 85 \% = 0,85$$

Beban pompa = 18,095 kW

$$P_{in} = \frac{\text{Beban Pompa}}{\text{Efisiensi } (\eta)}$$

$$P_{in} = \frac{18.095 \text{ kW}}{0,85} = 21,28 \text{ kW}$$

Spesifikasi Pompa yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air Subak Sema agung seluas 55 hektar, sebagai berikut :

Tabel 2 Spesifikasi Pompa

No	Spesifikasi	Kapasitas yang Dibutuhkan	Pompa Submersible SP 60-9
1	Kapasitas (flowrate)	33 L/s (1980 L/min)	1250 L/s
2	Ketinggian (head)	+ 55 m	71 m
3	Daya Input	18,09 Kw	18.5 kW
4	Arus	49.02 Ampere	42.0-41.0-41.5 A
5	Efisiensi pompa	85 %	
6	Rated voltage	3 x 380-400-415 V	3 x 380-400-415 V

Spesifikasi pompa *Submersible* SP 60-9 diperlukan 2 unit pompa agar dapat

memenuhi kebutuhan air Subak Sema Agung, karena di spesifikasi untuk flowrate sebesar 1250 liter/menit atau 20.83 liter/detik, sedangkan air Tukad Bubuh yang perlu diangkat sebesar 1980 liter/menit atau 33 liter/detik, sehingga besar flowrate yang dapat diangkat menggunakan dua unit pompa yang sama 2500 liter/menit atau 41,66 liter/detik.

B. Rancangan PLTS

Lahan yang tersedia untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga surya 300 m². PLTS yang akan dirancang pada penelitian ini yaitu dengan sistem Off Grid atau PLTS yang bersifat independen/tidak terhubung dengan jaringan PLN. Jenis modul surya yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu jenis *Monocrystalline* dengan efisiensi yaitu 17% sampai 20%.

Iradiasi Matahari, output dari suatu PLTS dipengaruhi oleh adanya iradiasi matahari suatu wilayah. Pada penelitian ini radiasi yang dipakai diambil dari data radiasi Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana (data tahun 2017) yang terekam di *software* HOBOWare. Dari data tersebut rata-rata radiasi harian 4,57 kWh/m²/hari dengan radiasi tertinggi pada bulan Februari 5,64 kWh/m²/hari dan radiasi terendah 3,40 kWh/m²/hari.

Kapasitas PLTS, luas panel yang akan dipasang yaitu 300 m² sesuai dengan luas lahan yang tersedia di Subak Semaagung, dengan ukuran setiap satu unit panel 1.9 m² sehingga didapatkan total sebanyak 300 m²:1.9 m =158 unit module surya dengan efisiensi 17 % sampai 20%. Dari 158 unit panel surya tersebut dapat menyuplai daya tertinggi pada bulan Februari 60.22 kW dan pada bulan September 38.01 kW. Tetapi daya maksimal modul surya dengan Pmax 330 sesuai dengan spesifikasi, sehingga daya output maksimal panel surya didapatkan sebesar 158 x 330 W (Pmax) = 52.14 kW.

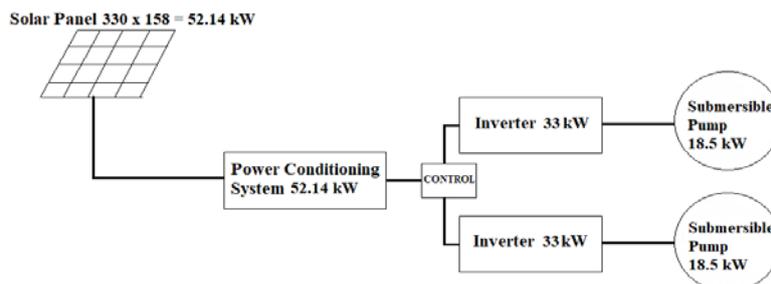
Tabel 3 Total Daya Output PLTS (300 m²) Februari dan Seotember dengan Efisiensi 17%

Waktu Jam	Total Daya 300 m ² (kW)	
	Februari	September
06.00 AM	0.1581	0.0306
07.00 AM	7.3644	1.6881
08.00 AM	19.0944	7.1094
09.00 AM	29.5137	12.8469
10.00 AM	48.2256	19.2219
11.00 AM	58.6194	32.9256
12.00 PM	54.7281	35.1849
13.00 PM	60.2259	38.0103
14.00 PM	50.7144	30.0696
15.00 PM	53.5806	22.0677
16.00 PM	44.8596	15.7284
17.00 PM	23.2611	7.5531
18.00 PM	9.7359	0.6681

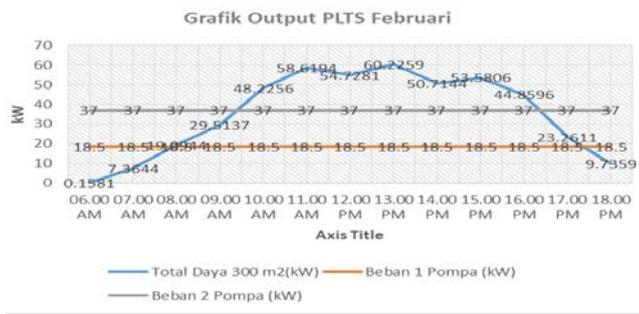
Berdasarkan Tabel 3 total daya output pada tanggal 14 februari yang merupakan radiasi tertinggi dan tanggal 19 september yang merupakan radiasi terendah, untuk luas panel 300 m² dan efisiensi 17%, dari daya output PLTS tertinggi pada bulan februari 60.22 kW dan untuk bulan september 38.01 kW.

Setelah di dapatkan daya output tertinggi dari PLTS yaitu pada bulan 52.14 kW selanjutnya dapat ditentukan spesifikasi inverter yang digunakan harus diatas 52.14 kW dengan mempertimbangkan faktor efisiensi. Adapun ketentuan rating inverter yang digunakan dalam melayani supply daya ke beban dari suatu sistem pembangkit tenaga listrik yaitu adanya penambahan 20% - 25% dari kapasitas daya yang akan dilayani . 52.14 kW+25% = 66.14 kW. Sehingga inverter yang dipilih yaitu model SUN33000-TL3-US 33 kW, akan digunakan dua inverter dengan model yang sama, sehingga total rating inverter 66 kW.

C. Rancangan Pompa Air dengan Sistem PLTS



Gambar 1 Konfigurasi Sistem PLTS dan Pompa Submersible



Gambar 2 Output PLTS Februari

Gambar 2 pada bulan Februari merupakan radiasi matahari tertinggi, sehingga pompa submersible I dapat beroperasi mulai jam 08.00 sampai jam

15.00 dan pompa submersible II dapat beroperasi mulai 10.00 sampai 16.00. Sehingga untuk pompa submersible I dan II dapat beroperasi 17 jam/hari.

Tabel 4 Debit Air Terangkat Bulan Februari

Waktu	Kebutuhan air Subak/jam	Debit Saluran Irigasi liter/jam	Debit Air Pompa liter/jam	Kekurangan Air liter/jam
12:00:00 AM	297,000	178,200	0	118,800
1:00:00 AM	297,000	178,200	0	118,800
2:00:00 AM	297,000	178,200	0	118,800
3:00:00 AM	297,000	178,200	0	118,800
4:00:00 AM	297,000	178,200	0	118,800
5:00:00 AM	297,000	178,200	0	118,800
6:00:00 AM	297,000	178,200	0	118,800
7:00:00 AM	297,000	178,200	0	118,800
8:00:00 AM	297,000	178,200	75,000	43,800
9:00:00 AM	297,000	178,200	75,000	43,800
10:00:00 AM	297,000	178,200	150,000	-31,200
11:00:00 AM	297,000	178,200	150,000	-31,200
12:00:00 PM	297,000	178,200	150,000	-31,200
1:00:00 PM	297,000	178,200	150,000	-31,200
2:00:00 PM	297,000	178,200	150,000	-31,200
3:00:00 PM	297,000	178,200	150,000	-31,200
4:00:00 PM	297,000	178,200	150,000	-31,200
5:00:00 PM	297,000	178,200	75000	43,800
6:00:00 PM	297,000	178,200	0	118,800
7:00:00 PM	297,000	178,200	0	118,800
8:00:00 PM	297,000	178,200	0	118,800
9:00:00 PM	297,000	178,200	0	118,800
10:00:00 PM	297,000	178,200	0	118,800
11:00:00 PM	297,000	178,200	0	118,800
24 Jam	7128000	4276800	1275000	1576200

Tabel 4 yaitu debit kebutuhan air per jam Subak Semaagung seluas 55 ha dan debit saluran irigasi yang ada saat ini setiap jam, serta debit pompa air yang terangkat setiap jam pada bulan februari. Dari tabel tersebut dapat dilihat debit air yang terangkat 1.275.000 liter/hari atau dapat memenuhi kebutuhan air Subak Semaagung seluas 12.5 hektar.

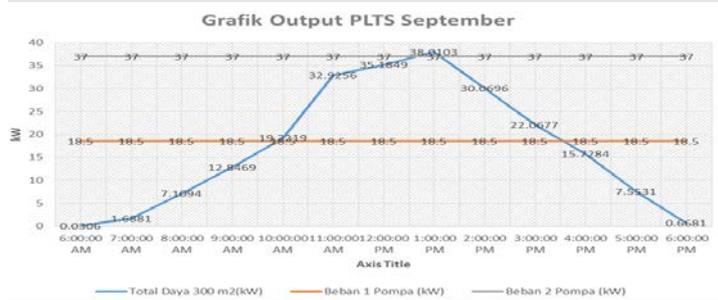
Sehingga total debit air pada bulan Februari yaitu

$$4.276.800 + 1.275.000 = 5.551.800 \text{ L/hari}$$

Dapat memenuhi kebutuhan irigasi Subak

$$5.551.800 \text{ L/hari} \div 101.828 \text{ L/ha} = 54.52 \text{ ha}$$

Terdapat kekurangan debit air sebesar 1.576.200 liter/hari untuk dapat memenuhi kebutuhan air Subak Semaagung, tetapi pola pengairan yang dipakai di Subak Semaagung yaitu pengairan berselang (*intermittent*), tujuan dari dilaksanakan pengelolaan air dengan sistem ini adalah untuk menghemat air irigasi sehingga areal yang dapat diairi menjadi lebih luas dan menyeragamkan pemasakan gabah dan mempercepat waktu panen[28]. Dari pernyataan tersebut luas lahan yang dapat terpenuhi dapat lebih dari 54.52 hektar.



Gambar 3 Grafik Output PLTS September

Gambar 3 pada bulan september merupakan radiasi matahari terrendah atau pada musim hujan, sehingga pompa submersible I dapat beroperasi mulai jam 10.00 sampai jam 15.00 dan pompa

submersible II dapat beroperasi hanya satu jam pada jam 13.00. Sehingga untuk pompa submersible I dan II dapat beroperasi 7 jam/hari

Tabel 5 Debit Air Terangkat Bulan September

Waktu	Kebutuhan air Subak/jam	Debit Saluran Irigasi liter/jam	Debit Air Pompa liter/jam	Kekurangan Air liter/jam
12:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
1:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
2:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
3:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
4:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
5:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
6:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
7:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
8:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
9:00:00 AM	297.000	178.200	0	118.800
10:00:00 AM	297.000	178.200	75.000	43.800
11:00:00 AM	297.000	178.200	75.000	43.800
12:00:00 PM	297.000	178.200	75.000	43.800
1:00:00 PM	297.000	178.200	150.000	-31.200
2:00:00 PM	297.000	178.200	75.000	43.800
3:00:00 PM	297.000	178.200	75.000	43.800
4:00:00 PM	297.000	178.200	0	118.800
5:00:00 PM	297.000	178.200	0	118.800
6:00:00 PM	297.000	178.200	0	118.800
7:00:00 PM	297.000	178.200	0	118.800
8:00:00 PM	297.000	178.200	0	118.800
9:00:00 PM	297.000	178.200	0	118.800
10:00:00 PM	297.000	178.200	0	118.800
11:00:00 PM	297.000	178.200	0	118.800
24 Jam	7128000	4276800	525000	2326200

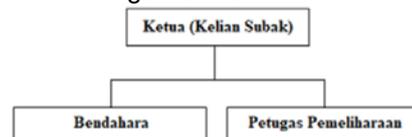
Tabel 5 yaitu debit kebutuhan air per jam Subak Semaagung seluas 55 ha dan debit saluran irigasi yang ada saat ini setiap jam, serta debit pompa air yang terangkat setiap jam pada bulan september. Dari tabel tersebut dapat dilihat debit air yang terangkat 525.000 liter/hari atau dapat memenuhi kebutuhan air Subak Semaagung seluas 5.1 hektar. Pada musim hujan tentunya debit air irigasi lebih besar dan pada penelitian ini belum ditambah besar curah hujan di lokasi tersebut.

D. Biaya Perancangan Awal Sistem Pompa PLTS

Setelah diketahui spesifikasi komponen perancangan pompa air PLTS selanjutnya dapat ditentukan biaya dari tiap-tiap komponen. Seluruh harga komponen dan biaya pengiriman didapat dari website www.pompatenagasurya.com yang diakses pada bulan maret 2019. Untuk biaya pekerja diambil dari data Upah Minimum (UMR) Provinsi DKI Jakarta 2019. Sehingga total untuk perancangan awal sistem pompa air PLTS Rp1.092.002.000.

a. Biaya Pemeliharaan dan Oprasional Sistem Pompa PLTS

Agar sistem pompa air PLTS bertahan lama perlu dilakukan pengelolaan yang baik dan menumbuhkan rasa memiliki oleh masyarakat pemakai pompa air PLTS tersebut, sehingga umur komponen sesuai dengan perkiraan, dan perlu membentuk suatu organisasi untuk merawat dan mengelola sistem pompa air PLTS tersebut, petugas tersebut merupakan petani Subak Semaagung itu sendiri, dapat dipilih melalui musyawarah warga, organisasi yang dapat dibentuk sesuai gambar 5.



Gambar 4 Bagan Organisasi Subak Semaagung

Biaya pemeliharaan per tahun untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 0.5 % sampai 3 % dari total biaya investasi awal. Adapun biaya pemeliharaan (M) per

tahun untuk pompa PLTS yang akan dibutuhkan yaitu :

$$M = 0.5 \% \times \text{Biaya Konsultan Awal}$$

$$M = 0.5 \% \times \text{Rp } 1.092.002.000$$

$$M = \text{Rp } 5.460.010$$

/tahun

$$\text{Rp } 5.460.010/\text{tahun} \div 12 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp } 455.000/\text{bulan}$$

Biaya oprasional yaitu biaya upah tenaga kerja untuk organisasi yang telah dibentuk diatas, dan upah yang akan diberikan yaitu Rp 400.000 untuk kepala Subak dan bendahara dan Rp 800.000 untuk petugas pemeliharaan, sehingga dapat dihitung biaya oprasional untuk setiap tahun.

$$\text{Rp } 800.000 + \text{Rp } 800.000 = \text{Rp } 1.600.000/\text{bulan}$$

$$\text{Rp } 1.600.000/\text{bulan} \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp } 19.200.000/\text{tahun}$$

Jadi untuk biaya oprasional maka total biaya yang harus dikeluarkan selama satu tahun sebesar Rp 19.200.000/tahun.

Untuk total biaya perbaikan dan oprasional sistem pompa air PLTS sebesar :

Biaya Pemeliharaan + Biaya Oprasional

$$\text{Rp } 5.460.010/\text{Th} + \text{Rp } 19.200.000/\text{Th} = \text{Rp } 24.660.010/\text{Th}$$

b. Biaya Penggantian Komponen Sistem Pompa PLTS

Biaya penggantian komponen dalam masa oprasional dalam jangka waktu selama 5 tahun, biaya penggantian/perbaikan komponen pada sistem pompa air PLTS sangat diperlukan karena beberapa komponen dari sistem PLTS memiliki umur usia oprasional lebih pendek seperti Inverter, memiliki umur usia oprasional yang lebih pendek daripada oprasional modul surya, dan pada setiap 5 tahun diperkirakan terjadi kenaikan harga 5% atau rata-rata inflasi tahunan yang diperoleh dari Bank Indonesia.

Harga Inverter saat ini Rp19.750.000 x 2 unit =

$$\text{Rp } 39.500.000 \text{ Harga Inverter 5 Th mendatang } \text{Rp } 39.500.000 + 5\% = \text{Rp } 41.475.000$$

Biaya penggantian komponen lainnya Rp10.000.000/5 Tahun

Sehingga untuk biaya penggantian komponen setiap 5 tahun sekali Rp51.475.000.

c. Total Investasi Sistem Pompa Air PLTS

Total biaya yang diperkirakan untuk pompa PLTS tersebut, mencakup total biaya perencanaan awal, biaya pemeliharaan dan oprasional selama satu tahun serta biaya penggantian komponen selama lima tahun pertama diantaranya penggantian inverter dan komponen lainnya.

$$\begin{aligned} \text{Total Investasi} &= \text{Rp } 1.092.002.000 + \text{Rp } 24.660.010 + \text{Rp } 51.475.000 \\ &= \text{Rp } 1.168.137.010 \end{aligned}$$

E. Biaya Iuran Petani Subak Sema Agung

Dalam mengelola sistem pompa air PLTS sebaiknya warga Subak Sema Agung memiliki anggaran sendiri berdasarkan biaya keanggotaan pemakai sistem pompa air PLTS, biaya iuran dapat dikumpulkan sebulan sekali atau setiap selesainya masa panen tergantung dari kesepakatan yang dibuat oleh petani Subak Semaagung, biaya tersebut nantinya akan digunakan untuk berbagai macam tujuan termasuk perbaikan saluran irigasi, perbaikan sistem pompa air PLTS dan perawatan sistem.

Tabel 6 Luas Lahan Setiap Tempek

No	Nama Tempek	Area (ha)
1	Tempek Panjar	14
2	Tempak Ulu	13
3	Tempek Lantang	7
4	Tempek Ida	4
5	Tempek Santun	6
6	Tempek Ratu/Dold Sema	11
Total		55

Dari keenam tempek Tabel 6 di Subak Semaagung yang beranggotakan 120 orang petani dapat dihitung iuran yang harus mereka keluarkan setiap bulannya, setelah didapatkan biaya untuk perawatan dan oprasional panel surya per tahun.

$\text{Rp } 5.460.010/\text{tahun} + \text{Rp } 19.200.000/\text{tahun} = \text{Rp } 24.660.010/\text{tahun}$
ditambah dengan biaya penggantian komponen sistem PLTS setiap 5 tahun sekali.

Biaya Penggantian Inverter/5 tahun + Penggantian Komponen Lainnya

$$\text{Rp } 51.475.000 \div 5 \text{ tahun} = \text{Rp } 10.295.000/\text{tahun}$$

Biaya Pemeliharaan dan Oprasional/tahun + Biaya Penggantian/tahun

$$\text{Rp } 24.660.010/\text{tahun} + \text{Rp } 10.295.000 = \text{Rp } 34.955.010/\text{tahun}$$

$$\text{Rp } 34.955.010/\text{tahun} \div 12 \text{ bulan} = \text{Rp } 2.912.917/\text{bulan}$$

Setelah didapatkan biaya untuk oprasional, perawatan, dan penggantian komponen sistem pompa PLTS selama 5 tahun dapat dihitung berapa iuran setiap bulan yang perlu dikeluarkan petani Subak Semaagung yang berjumlah 120 orang petani.

$$\text{Rp } 2.912.917/\text{bulan} \div 120 \text{ orang} = \text{Rp } 24.274/\text{orang}$$

Jadi petani Subak Semaagung harus membayar iuran setiap bulan Rp 24,274/orang. Biaya tersebut tentunya tidak akan selalu tetap, karena akan terjadi kenaikan untuk komponen-komponen sistem pompa air PLTS setiap tahunnya.

Atau dapat dihitung iuran warga untuk setiap meter (m^2) lahan sawah sebagai berikut :

$$\text{Rp } 2.912.917/\text{bulan} \div 550.000 = \text{Rp } 5.29 /m^2/\text{bulan}$$

$$\text{Rp } 5.29 m^2/\text{bulan} \times 1 \text{ ha } (10.000 = \text{Rp } 52.900/\text{ha}/\text{bulan}$$

Tabel 7 Biaya Iuran Setiap Tempek

No	Nama Tempek	Area (ha)	Iuran/Bulan (Rp)
1	Tempek Panjar	14	740.600
2	Tempek Ulu	13	687.700
3	Tempek Lantang	7	370.300
4	Tempek Ida	4	211.600
5	Tempek Santun	6	317.400
6	Tempek Ratu/Dold Sema	11	581.900
Total		55	2.909.500

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat biaya iuran yang harus dibayar petani Subak Semaagung untuk setiap tempek. Biaya tersebut akan digunakan untuk biaya oprasional, biaya perbaikan dan biaya penggantian komponen.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan pada perancangan sistem pompa air irigasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk pertanian Subak Semaagung desa Tusan maka diperoleh simpulan bahwa dengan area seluas $300 m^2$ maka dapat dipasang panel surya monokristaline berkapasitas maksimal 52.14 kW dengan modul surya berjumlah 158 unit, inverter 33 kW sebanyak 2 unit, dan pompa air *Submersible* 2 unit. Sehingga didapatkan hasil perhitungan air yang dapat diangkat pada musim kemarau 1.275.000 liter/hari.

Hasil analisis dan perhitungan data didapatkan biaya perancangan awal untuk sistem pompa air PLTS Rp1.092.002.000, untuk biaya penggantian komponen selama 5 tahun Rp51.475.000, biaya pemeliharaan dan oprasional selama 1 tahun Rp24.660.010. Sehingga didapatkan total investasi pompa air PLTS Subak Semaagung Rp1.168.137.010. Untuk melakukan pemeliharaan, oprasional setiap hari dan penggantian komponen, semua petani wajib membayar iuran setiap bulan Rp24.274/orang atau Rp5.29/ m^2 (Rp52,900/hektar).

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ni Luh Made Pradnyawathi, Gede Maneka. "Pengolahan Air Irigasi Subak" DwijenAGRO Vol.3 No.2.
- [2] BPS Klungkung. *Pemerintah Kabupaten Klungkung 2015-2018*. Klungkung: BPS Klungkung. 2015-2018.
- [3] Ni Luh Made Pradnyawathi, Gede Maneka. "Pengolahan Air Irigasi Subak" DwijenAGRO Vol.3 No.2.
- [4] Badan Litbang Pertanian. 2007. *Petunjuk Teknis Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) Padi Sawah Irigasi*. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- [5] BWSBP (Balai Wilayah Sungai Bali-Penida). *Debit Air Tukad Bubuh*. Tahun 2017
- [6] Muhammad Ariyon. 2009 "*Pemilihan Pompa Electrical Submersible Pump Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process*" Teknik Perminyakan – UIR. ISSN: 2301-8097.
- [7] Rejekiingrum, P. dan Kartiwa, B. 2017. *Pengembangan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya Hemat Air dan Energi Untuk Antisipasi Perubahan Iklim di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Jurnal Tanah dan Iklim. Vol. 41 No. 2, Desember 2017: 159-171