



Designing Solar-Driven Electric Water Pump System for Irrigating The Rice Fields in Siraisan Village

Perancangan Pemasangan Pompa Air Bersumber Listrik Tenaga Matahari Di Persawahan Desa Siraisan

Fardin Hasibuan¹, Idham Nabil Barisqy²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia

Corresponden E-mail: fardin.hasibuan123456@gmail.com, idham.nabil2612@gmail.com

Makalah: Diterima 5 September 2023; Diperbaiki 27 Desember 2023; Disetujui 29 Desember 2023
Corresponding Author: Fardin Hasibuan

Abstrak

Padi merupakan kebutuhan pangan dasar di Indonesia. Desa Siraisan yang berada di Kecamatan Ulu Barumun Provinsi Sumatera Utara, merupakan daerah yang dimana sebagian besar masyarakatnya adalah petani padi. Keberhasilan penanaman padi sangat bergantung dengan suplai air pada areal persawahan tersebut, kontur daerah yang berbukit menjadi kendala dalam suplai air untuk persawahan tersebut. Jaringan listrik yang belum tersedia pada areal persawahan tersebut, mengakibatkan irigasi artificial sulit dilakukan, untuk itu diperlukan pembangkit listrik khusus pada areal persawahan tersebut, pembangkit listrik yang digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dengan adanya PLTS ini maka pompa dapat dipasang untuk memompakan air dari sungai ke irigasi pada areal persawahan tersebut, dengan jarak sekitar 300 meter dan ketinggian areal persawahan 3 meter dari bibir air sungai normal. Head loss dengan diameter pipa 4 inci sebesar 4.8 meter. Luas cakupan daerah persawahan yang akan dialiri air seluas 3 ha dengan debit pompa 600 liter/detik, head 9 meter, power 3000 watt, AC satu phase. PLTS tersebut terpasang atas 16 modul solar cell dan biaya investasi yang dibutuhkan sebesar Rp 131.996.483,00.

Kata Kunci: investasi, padi, persawahan, PLTS, pompa

Abstract

Rice is a basic need in Indonesia. Siraisan Village, Ulu Barumun Sub-District, North Sumatra Province, is an area where most of the people are rice farmers. The success of rice planting need water to watering the rice field area, the contours of the hilly area become an obstacle in the water supply for the rice field area. The power grid that is not yet available in the rice field area, resulting in artificial irrigation is difficult to do, for that a special power plant is needed, the power plant used is a Solar Power Panel (PV), a pump can be installed to pump water from the river to irrigation the rice field area. The distance from river to rice field area about 315 meters and a height 3 meters from the normal river lip, results head loss 4.8 meters, with a pipe diameter 4 inches. The coverage area of the rice field to be watered is 3 ha with a pump discharge of 600 liters / seconds, head 9 meters, power 3000 watts, AC one phase. The solar power plant is installed on 16 solar cell modules and investment cost Rp 131.996.483,00.

Keywords: investment cost, pump, rice, rice field area, solar power panel

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Beras merupakan makanan pokok rakyat Indonesia. Beras diperoleh dari tanaman padi, dengan berbagai varietas yang sudah tersedia. Indonesia dengan luasan mencapai 1.916.906,77 km² memiliki dataran tinggi maupun dataran rendah, mempunyai potensi untuk menjadi penghasil beras dan pengeksport beras bagi kebutuhan penduduk dunia [1]. Salah satu komponen untuk mendukung berhasilnya penanaman padi adalah tersedianya air secara berkesinambungan, sehingga produksi padi per hektarnya mencapai standard penanaman padi yang produktif yaitu 8 ton per hektar [2].

Salah satu daerah yang merupakan potensial dikembangkan sebagai daerah penghasil padi adalah Kabupaten Padang Lawas yang terletak di Provinsi Sumatera Utara. Kabupaten Padang Lawas terletak secara astronomis berada diantara $1^{\circ} 26'$ Lintang Utara sampai $2^{\circ} 11'$ Lintang Selatan dan diantara $91^{\circ} 01'$ sampai $95^{\circ} 53'$ Bujur Timur [3]. Kabupaten Padang Lawas merupakan dataran rendah dengan ketinggian berkisar antara 0 – 1.915 meter di atas permukaan laut, dengan luas wilayah Kabupaten Padang Lawas adalah berupa daratan seluas 3.892,74 km² [3]. Pada akhir tahun 2019, wilayah administrasi Kabupaten Padang Lawas terdiri dari 17 wilayah kecamatan dan salah satu kecamatannya adalah kecamatan Ulu Barumun dengan luas 207,43 km² [3]. Luas area penanaman padi pada tahun 2021 di kabupaten padang lawas sebesar 15.695,60 ha dengan produksi padi 58.073,72 tondengan produks rata-rata Ton/ha adalah 3,7 ton/ha [3]. Sedangkan untuk Kecamatan Ulu Barumun pada tahun 2021 luas areal 1.340,90 ha dan produksi padi sebesar 4.961,33 dan rata-rata produksi padi per hektara adalah sebesar 3,70 ton/ha [3].

Persawahan sebagai objek dalam penulisan ini adalah areal persawahan yang terletak di Desa Siraisan, Kecamatan Ulu Barumun, Kabupaten Padang Lawas, Provinsi Sumatera Utara. Luas areal persawahan sekitar 55 ha dengan produksi padi sekitar 200 ton/musim. Berdasarkan data-data dan hasil penelitian bahwa padi sekitar 200 ton tersebut dapat diproduksi dengan luas persawahan sekitar 25 ha, jadi banyak area persawahan yang tidak produktif dalam menghasilkan padi. Salah satu kendala dalam proses penanaman padi ini yaitu keberlanjutan (kontinuitas) air pada areal persawahan. Daerah siraisan yang merupakan perbukitan juga sebagai salah faktor yang menjadi tantangan dalam pengairan areal sawah tersebut, dimana pengairan secara alami pada perbukitan tidak tersedia secara luas.

Metode yang digunakan untuk meningkatkan pengairan pada areal persawahan tersebut yaitu dengan cara melakukan pemompaan air dari sumber air ke areal persawahan tersebut. Pompa dalam pengoperasiannya membutuhkan listrik AC atau DC, jaringan listrik saat ini tidak tersedia sampai ke area persawahan tersebut sehingga dibutuhkan suatu pembangkit listrik yang bersifat terlokasi pada daerah tersebut, salah satu upaya yang dilakukan menggunakan sinar matahari sebagai sumber pembangkit listrik untuk pompa tersebut. Metode pemompaan ini akan menjamin ketersediaan air secara berkesinambungan (kontiniu), sehingga target produksi beras sebesar 8 ton/ha dapat tercapai.

1.2 Data Umum Desa Siraisan

1. Jumlah Penduduk : 2.084 jiwa
2. Jumlah Rumah Tangga : 526 kepala keluarga
3. Produksi Utama Desa:
 1. Padi : 200 ton/musim panen
 2. Karet : 3 ton/minggu
 3. Kelapa : 201.000 buah/bulan
4. Jenis Pekerjaan Masyarakat
 1. Petani : 230 KK
 2. Pegawai : 10 jiwa
 3. Tambang Masyarakat : 150 KK
5. Kondisi geografi objek area persawahan
 1. Matahari bersinar dari pukul 7 Pagi sampai pukul 17 Sore hari.
 2. Jarak sumber air ke persawahan yang akan dialiri sepanjang 315 meter dan ketinggian dari bibir sungai ke areal persawahan 3 meter.
 3. Areal sawah yang akan dialiri seluas 3 ha.
 4. Sumber air cukup banyak dan melimpah.



Gambar 1. Sumber air



Gambar 2. Areal sawah yang akan dialiri

1.3 Permasalahan

Luasan daratan untuk daerah persawahan sangat luas tetapi suplai air ke area persawahan tersebut menjadi kendala karena tidak adanya saluran irigasi pengairan bagi persawahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mencari penyebab ketidaktersediaan suplai air bagi areal persawahan yang berada di Desa Siraisan Kecamatan Ulu Barumun.

Beberapa rumusan masalah yang perlu dikaji dan dianalisis yaitu:

1. Ketersediaan sumber air bagi areal persawahan tersebut secara berkesinambungan (kontiniu).
2. Ketersediaan peralatan atau komponen untuk menyuplai air ke areal persawahan tersebut.
3. Ketersediaan listrik sebagai sumber energi penggerak peralatan-peralatan yang akan digunakan di dalam instalasi pengairan di areal persawahan tersebut.

1.4 Objective dan Target

Tersedianya suplai air secara berkesinambungan bagi area persawahan menjadi tujuan penulisan ini, sehingga beberapa target penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi tersedianya sumber air tawar bagi areal persawahan yang menjadi objek pengairan tersebut
2. Merancang sistem pemompaan dan sistem pemipaan bagi areal persawahan tersebut.
3. Merancang sumber Listrik sebagai penggerak peralatan sistem pemompaan dan sistem pemipaan
4. Menghitung perkiraan *investment cost* yang dibutuhkan.

1.5 Kontribusi Hasil Riset

Hasil yang diperoleh dari riset ini memberikan kontribusi pada peningkatan jumlah produksi beras, sehingga produksi padi bisa mencapai 8 ton perhektar dan meningkatkan pendapatan bagi masyarakat petani bagi Desa Siraisan. Disamping memberikan kontribusi langsung bagi petani, pembangunan PLTS juga mendukung program pemerintah yaitu mencapai nol emisi karbon Net Zero Emissions pada 2060. Tersedianya listrik juga membantu PLN dalam menyediakan listrik bagi masyarakat, serta memberikan dampak kepada masyarakat dapat mengoperasikan mesin-mesin pertanian yang dibutuhkan dalam rangka peningkatan produksi padi.

2. Material dan Metode

2.1 Assesmen Kondisi Lapangan

Petani Padi adalah sebagai pekerjaan utama masyarakat yang bermukim di Desa Siraisan, hampir 75% lebih masyarakat sebagai petani, disamping sebagai petani masyarakat juga sebagai penambang galian. Padi dalam

proses penanamannya mulai benih sampai mendekati proses pemanenan membutuhkan air yang berkelanjutan (kontiniu), air yang kurang di dalam proses penanaman padi dapat menyebabkan tumbuhnya rumput (gulma) dan volume padi yang dihasilkan berkurang [2].

Kelebihan air yang disalurkan ke areal persawahan dapat mengakibatkan pemborosan energi, karena air yang dipompakan ke areal tersebut menggunakan pompa bersumber listrik sehingga energi penggerak pompa tersebut terbuang, dan air keluar dari persawahan tersebut mengalir kembali ke sungai atau saluran air.

2.2 Perancangan Instalasi Sistem Pemompaan dan Pemipaan

2.2.1 Pemilihan Pompa

Pompa yang dibangun berfungsi untuk menyalurkan air dari sumber air (sungai) ke saluran air (kanal) yang sudah tersedia di persawahan dan sebagian air akan disimpan di dalam bak penampungan untuk digunakan pada kondisi air yang kurang. Pemipaan didesign sebagai sarana lintasan untuk menyalurkan air dari sungai ke areal persawahan. Luas persawahan yang akan diairi seluas 3 ha, dimana berdasarkan referensi kebutuhan air untuk persawahan seluas 3 ha dibutuhkan debit air sebesar 9 liter/detik [2].

Perencanaan pengoperasian pompa dilakukan secara intermitten, pada pagi hari pompa beroperasi pukul 07-10, siang hari beroperasi pukul 13-14, dan sore hari beroperasi pukul 17-18, hal ini dilakukan agar persawahan tetap berair dan tidak terjadi kelebihan air, kelebihan air ini akan terbuang kembali ke sumber air. Pompa yang dibutuhkan untuk pengairan sawah tersebut harus mempertimbangkan debit yang akan dipompa dan head minimum yang dibutuhkan, disamping design pemipaan untuk dapat menghisap dan mensuplai air sesuai yang diinginkan.

2.2.2 Pressure Drop Pipa

Pressure drop aliran fluida pada sistem pemipaan dipengaruhi oleh tiga yaitu rapat massa zat fluida (ρ), kekentalan fluida (μ) dan diameter pipa (D). Pada aliran tak mampu tekan (*incompressible*) umumnya diberlakukan beberapa asumsi yaitu viskositas, kerapatan, dan temperatur tidak mengala (1) ubahan sehingga berlaku berat spesifiknya konstan. Sistem pemipaan dengan diameter dan panjang pipa tertentu, kerugian tekanan di dalam pipa disebabkan adanya efek gesekan sebagai fungsi angka *Reynolds*. Angka *Reynolds* mempunyai bentuk seperti:

$$Re = \rho v D / \mu$$

Aliran laminar terjadi bila angka Reynolds di bawah 2000 dan aliran akan turbulen apabila angka *Reynolds* lebih besar 4000. Apabila angka Reynolds berada di antara kedua nilai tersebut adalah transisi. Angka *Reynolds* pada kedua nilai tersebut ($Re=2000$ dan $Re=4000$) disebut dengan batas kritik bawah dan atas.

2.2.3 Kerugian Energi (Pressure drop) Akibat Gesekan

Kerugian energi terbesar pada fluida yang mengalir disebabkan oleh gesekan fluida dengan saluran aliran fluida tersebut. Besarnya kehilangan energi akibat gesekan (friksi) dalam saluran pemipaan dapat diketahui menggunakan persamaan *Darcy-Weisbach*, yang dijelaskan pada persamaan dibawah berikut:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = hf = f \frac{L v^2}{d 2 g} \quad (2)$$

Untuk aliran laminar dengan bilangan Reynold kurang dari 2000, faktor gesekan dihubungkan dengan bilangan Reynold, dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3)$$

2.2.4 Kerugian Energi (Pressure drop) Lainnya

Besarnya kerugian energi (pressure drop) paling besar disebabkan oleh friksi atau gesekan, sedangkan rugi-rugi lainnya lebih kecil dibandingkan akibat friksi atau gesekan. Rugi-rugi lainnya disebabkan oleh perubahan penampang, diskontinuitas seperti katup dan belokan pada sistem pemipaan.

2.2.4.1 Kerugian Energi (Pressure drop) Faktor Perbesaran Penampang

Kehilangan energi disebabkan perbesaran dimensi pada penampang pipa disebabkan oleh pusaran dan tumbukan. Besarnya kehilangan energi akibat faktor perbesaran penampang secara mendadak dijelaskan dengan rumus *Belanger*.

$$h = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 g} \quad (4)$$

2.2.4.2 Kerugian Energi (Pressure drop) Faktor Penyempitan Mendadak

Kerugian energi oleh penyempitan mendadak dinyatakan dengan persamaan dibawah, dimana $C_c =$ perbandingan penampang kecil terhadap penampang besar

$$h = \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 \frac{V_2^2}{2g} \quad (5)$$

2.2.4.3 Kerugian Energi (Pressure drop) Faktor Belokan

Rumus kehilangan energi pada belokan dinyatakan dengan persamaan dibawah, dimana K_b adalah koefisien kehilangan energi akibat belokan pipa, yang dinyatakan oleh persamaan berikut

$$h_b = K_b \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

2.2.4.4 Kerugian Energi (Pressure drop) Akibat Katup

Besarnya kehilangan energi pada sistem pemipaan akibat adanya katup yang terpasang dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah, dimana K adalah koefisien kehilangan energi akibat pemasangan katup

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} \quad (7)$$

Pada umumnya kebanyakan sistem perpipaan yang dipasang adalah sistem pipa majemuk, yaitu rangkaian pemipaan yang dipasang secara seri maupun yang dipasang secara paralel. Untuk rangkaian pipa yang dipasang seri atau paralel, penyelesaiannya adalah serupa dengan perhitungan tegangan dan tahanan pada Hukum Ohm.

Pada sistem pemipaan yang dipasang secara seri maka semua pipa akan dialiri kapasitas aliran (debit) yang sama, dan *head loss* total adalah jumlah aljabar dari masing-masing head loss pipa.

$$\Sigma h_p = h_{p1} + h_{p2} + h_{p3} + h_{p4} + \dots + h_{pn} \quad (8)$$

Pada sistem pipa yang dipasang secara paralel maka total laju aliran adalah sama dengan jumlah aljabar kapasitas masing-masing aliran dalam setiap pipa dan rugi alau head loss pada sebuah cabang adalah sama dengan rugi pada pipa cabang yang lain

$$h_{p1} = h_{p2} = h_{p3} = h_{p4} = h_{pn} \quad (9)$$

2.3 Perancangan Sistem PLTS

Pemilihan pompa dan design pemipaan telah dilaksanakan, selanjutnya dilakukan perancangan pembangkit listrik tenaga surya, sebagai sistem yang akan menghasilkan listrik untuk menggerakkan pompa. Dalam perancangan pembangkit listrik tenaga surya ini perlu diperhatikan tingkat intensitas matahari, pemasangan *solar cell* disesuaikan dengan sudut tangkap matahari, pemilihan panel *solar cell* dan rangkaian listrik instalasinya. Disamping listrik yang dihasilkan untuk menggerakkan pompa, sebagian listrik yang dihasilkan PLTS akan disimpan dalam baterai, energi listrik yang disimpan dalam baterai digunakan ketika intensitas matahari berkurang sehingga pompa dapat dioperasikan bersumber dari baterai, listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan untuk mengoperasikan mesin-mesin pertanian seperti mesin pengaduk pupuk, pompa pembasmi hama dan mesin lainnya.

Penentuan susunan modul solar panel perlu diperhatikan, batasan jumlah modul solar panel yang disusun secara seri dan jumlah modul yang disusun secara paralel disesuaikan dengan spesifikasi inverter yang digunakan.

2.3.1 Perancangan Susunan Seri dan Paralel Modul Surya

Perhitungan modul solar panel susunan seri dan paralel dapat digunakan persamaan berikut.

$$1. \quad \text{Minimum Seri} = V_{\text{min inverter}} / V_{\text{oc PV}} \quad (10)$$

Minimum seri = susunan minimum modul secara seri

$V_{\text{min inverter}}$ = tegangan input minimum inverter

$V_{\text{oc PV}}$ = tegangan open circuit modul solar cell

$$2. \quad \text{Maximum Seri} = V_{\text{max inverter}} / V_{\text{max PV}} \quad (11)$$

Maximum Seri = maksimum susunan seri modul

$V_{\text{max inverter}}$ = tegangan maximum inverter

$V_{\max PV}$ = tegangan maximum modul solar cell

$$3. \quad \text{Maximum Paralel} = I_{\max \text{ inverter}} / I_{\max PV} \quad (12)$$

Maximum Paralel = maksimum susunan paralel

$I_{\max \text{ inverter}}$ = arus maximum input inverter

$I_{\max PV}$ = arus maximum modul solar cell

2.3.2 Losses pada Sistem PLTS

Rugi-rugi (losses) pada sistem PLTS terjadi dimana jumlah energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTS dan selanjutnya akan disalurkan tidak sama dengan jumlah energi yang diterima pada sisi penerima [4]. Data rugi-rugi daya pada PLTS disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Losses pada PLTS

No	Type Losses	Persentase
1	Losses Temperature (L1)	14 %
2	Mismatch (L2)	2 %
3	Losses Kabel (L3)	1,2 %
4	Inverter (L4)	3 %
5	Soiling (L5)	3 %
6	Kualitas Modul Solar Cell (L6)	1,5 %

Berdasarkan data diatas dapat dihitung losses total Actual daya PLTS yang akan dihasilkan

$$P_{\text{actual}} = \{(1-L1) \times (1-L2) \times (1-L3) \times \dots (1-Ln)\} \times P_{\max} \quad (13)$$

2.3.3 Perhitungan Modul Pembangkit Tenaga Surya

PLTS sebagai penghasil energi listrik arus searah (*direct current*) memanfaatkan radiasi foton dari matahari, dimana perancangan kebutuhan kapasitas (W_p) panel surya ditentukan oleh besar daya listrik beban (*load*) yang dibutuhkan dan intensitas radiasi matahari di lokasi pemasangan PLTS. Sehingga jumlah modul *solar cell* yang dibutuhkan dihitung menggunakan rumus

$$\text{Jumlah modul } (N_{\text{modul}}) = \text{Daya yang dibutuhkan beban } (P) / \text{Daya nominal modul surya } (P_{\text{mod}}) \quad (14)$$

N_{modul} = Jumlah modul

P = Daya yang dibutuhkan beban

P_{mod} = Daya nominal modul surya

2.3.4 Sudut Tangkap Pemasangan Modul Solar Cell

Daya maksimum modul *solar cell* dapat dihasilkan apabila dipasang dengan sudut tidak lurus dengan sudut datang radiasi matahari.

Kemiringan pemasangan modul surya dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \delta \quad (15)$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (16)$$

dimana

α = ketinggian sudut maksimum matahari

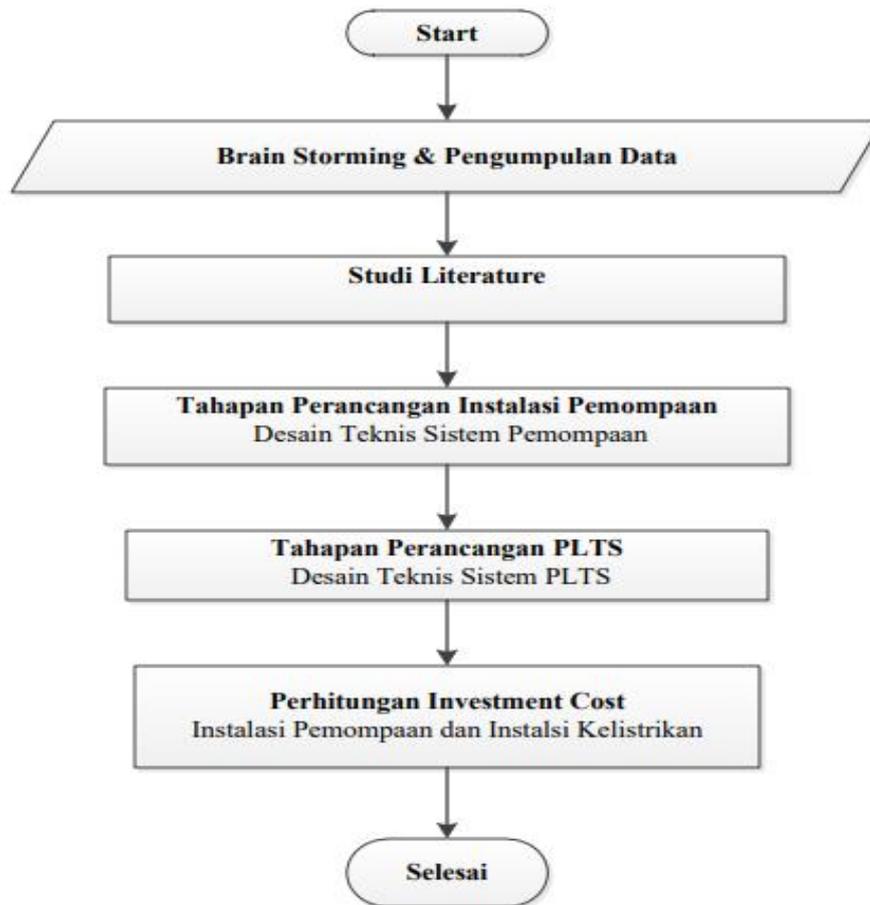
lat = garis lintang daerah pemasangan PLTS (lokasi) ($^\circ$)

δ = sudut deklinasi matahari ($23,45^\circ$)

β = kemiringan sudut pemasangan panel surya ($^\circ$)

2.4 Metodologi Perancangan

Perancangan pemasangan pompa air bersumber listrik tenaga matahari di area persawahan masyarakat Desa Siraisan Kecamatan Ulu Barumun Kabupaten Padang Lawas Provinsi Sumatera Utara dilaksanakan sesuai alur berikut:



Gambar 3. Alur Metodologi Perancangan

Langkah-langkah Perancangan sistem ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Brain Storming Idea* dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini peneliti/perancang melakukan diskusi dengan pihak-pihak pemangku kepentingan seperti petani, perangkat desa dan melakukan pengamatan terhadap kehidupan dan perilaku petani dalam melakukan proses pengairan di areal persawahan yang terdapat kekurangan suplai air. Ide akhirnya mengerucut dan berkesimpulan yaitu dibutuhkan suatu sistem artificial pengairan (pengairan buatan) untuk mengairi persawahan masyarakat. Pada tahap ini peneliti juga melakukan pengamatan terhadap radiasi matahari pada areal lokasi persawahan selama 7 hari. Konsumsi air yang dibutuhkan pada areal persawahan tersebut. Sistem irigasi yang sudah tersedia. Debit air yang dibutuhkan untuk pengairan dan waktu pengairan yang optimal. Spesifikasi dan komponen sistem pompa air yang tersedia di pasaran. Kebutuhan energi listrik pompa tersebut dan data spesifikasi komponen PLTS

2. Studi Literatur

Tahap selanjutnya mengumpulkan dan membaca referensi-referensi tentang pemilihan pompa dan pembangkit listrik tenaga surya, proses pengairan, kebutuhan air untuk luasan sawah tertentu dan kebutuhan air untuk proses tumbuh padi mulai pembibitan hingga proses pemanenan

3. Tahap Perancangan Pompa

Tahap perancangan sistem pemipaan dan pompa yang digunakan yaitu *head* dan debit air yang dihasilkan untuk mengairi areal persawahan

4. Tahap Perancangan PLTS

Dilakukan tahap perancangan PLTS yang akan dibangun di areal persawahan

5. Perhitungan Biaya yang Dibutuhkan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan sistem pengairan artificial tersebut. Perhitungan *cash flow* dan benefit tidak dilakukan, karena program ini adalah merupakan kegiatan untuk memberikan penghasilan pendapatan bagi masyarakat tersebut, untuk memenuhi kehidupan dasar masyarakat Desa Siraisan

6. Kesimpulan

Berdasarkan langkah-langkah kegiatan yang dilaksanakan diatas dapat ditarik kesimpulan dari sistem pompa air PLTS yang dirancang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kebutuhan Air

Berdasarkan Pengamatan dan diskusi dengan para petani di lapangan. Bahwa kebutuhan air yang dibutuhkan sekitar 600 liter permenit, distribusi air ke persawahan menggunakan sistem pengairan yang sudah tersedia. Sistem pemipaan dibutuhkan dari sumber air hingga ketempat pompa yang dipasang. Panjang pipa inlet sepanjang 315 meter berdiameter 4 inchi dan pipa untuk outlet pompa berdiameter 4 inchi.

3.2 Pemilihan Pompa

Pompa yang digunakan pada sistem pompa air untuk persawahan ini yaitu pompa AC satu phase, pemilihan pompa AC disebabkan ketika pompa tidak operasi maka listrik dapat digunakan untuk penerangan atau kebutuhan lainnya seperti untuk pengoperasian mesin gergaji atau mesin potong atau untuk pengoperasian mesin-mesin pertanian lainnya. Losses yang terjadi dihitung dengan menggunakan aplikasi *Pipe Pressure Loss* maka *head loss* sebesar 4,8 m, sepanjang 315 meter dan terdapat ketinggian sebesar 3 m, maka ompa yang dibutuhkan yaitu pompa sentrifugal dengan debit 600 liter permenit dengan head 9 meter, dengan motor spesifikasi Tegangan 220 Volt dan daya 3000 watt.

3.3 Perancangan PLTS

Panel *solar cell* yang dirangkai secara seri akan meningkatkan tegangan listrik sedangkan sel surya yang dirangkai secara paralel akan meningkatkan arus listrik. Matahari mulai bersinar pukul sekitar pukul 08 hingga pukul 17, dan paling efektif pukul 10 pagi hingga pukul 15 sore.

Solar Panel yang dipiih dengan spesifikasi seperti pada tabel berikut type *photo cell* yang dipilih [5].

Tabel 2. Type Photo Cell

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Maximun Power	260	Watt
2	Voltage at Pmax	30,7	Volt
3	Current at Pmax	8,47	Ampere
4	Open Circuit Voltage	37,7	Volt
5	Shor-Circuit Current	8,8	Ampere
6	Operating Temperature	-40 - 85	derajat Celcius
7	Maximum system voltage	1000	VDC
8	Cells	Mono Cristalline	
9	Power Tolerance	+ - 3	%

Sedangkan inverter yang dipilih dengan daya listrik sebesar 3 sampai 4,1 KW adalah Solis 1P4K-4G dengan kapasitas Max AC Power 4,4 KW yang diproduksi Ginlong (Solis) Technologies Co [6].

Tabel 3. Spesifikasi Inverter

Input Data (DC)		
Max DC Power	4,6	Kilo Watt
Max. DC Volatge	600	Volt
Rated DC Volatge	300	Volt
Min DC Volateg to start Feed In	120	Volt
Max DC Current	22	Ampere
MPP (T) Voltage Range	90-520	Volt
DC inputs	2	
Connectors	MC4	

Output Data (AC)		
Max AC Power	4,4	Kilo Watt
Rated AC Volatge	230	Volt
Max. AC Current	21	Ampere
Rated. AC Current	18,2	Ampere
Frequency	50, 60	Hertz
Power Factor (cos phi)	0,99	
Distortion (THD)	< 3	%
Max Efficiency	97,8	%

3.3.1 Perancangan Susunan Seri dan Paralel Modul PLTS

$$1. \text{ Minimum Seri} = V_{\min \text{ inverter}} / V_{\text{oc PV}}$$

$$\text{Minimum seri} = 120 / 37,7 = 4 \text{ unit}$$

$$2. \text{ Maximum Seri} = V_{\max \text{ inverter}} / V_{\max \text{ PV}}$$

$$\text{Maximum Seri} = 600 / 30,7 = 20 \text{ unit}$$

$$3. \text{ Maximum Paralel} = I_{\max \text{ inverter}} / I_{\max \text{ PV}}$$

$$\text{Maximum Paralel} = 22 / 8,47 = 3 \text{ unit}$$

3.3.2 Losses pada sistem PLTS

$$\text{Rugi-rugi (losses) PLTS} = \{(1-0,14) \times (1-0,02) \times (1-0,012) \times (1-0,03) \times (1-0,03) \times (1-0,015)\}$$

$$= 0,771$$

$$\text{Sehingga } P_{\text{actual}} = 0,771 \times 260$$

$$= 200,6 \text{ Wp}$$

3.3.3 Perhitungan Modul Pembangkit Tenaga Surya

$$\text{Jumlah modul } (N_{\text{modul}}) = \text{Daya yang dibutuhkan beban } (P) / \text{Daya nominal modul surya } (P_{\text{mod}})$$

$$N_{\text{modul}} = 3000 / 200,6 = 15$$

Jumlah modul solar cell yang dibutuhkan 15 Modul, karena terdapat 2 string paralel, maka satu stringnya 8 modul cell, sehingga jumlah modul cell sebanyak 16 unit.

3.3.4 Sudut Tangkap Pemasangan Modul Solar Cell

Kemiringan pemasangan modul surya dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \delta$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \delta$$

$$= 90 + 1^\circ 24' - 23,45^\circ$$

$$= 67,95$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

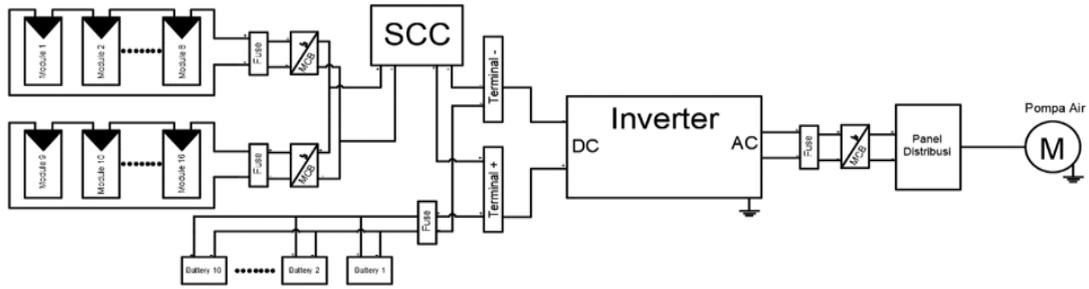
$$= 90 - 67,95$$

$$= 22,05$$

Kemiringan optimal panel surya yang dipasang Di Desa Siraisan Kecamatan Ulu Barumun Kabupaten Padang Lawas Provinsi Sumatera Utara adalah sebesar 22,05°.

3.4 Rangkain Listrik PLTS

Design rangkaian komponen PLTS sebagai power suplai pompa di areal persawahan Desa Siraisan, dapat dijelaskan sebagai berikut, modul surya disusun menjadi dua string, setiap string terdiri atas 8 modul, modul surya pada setiap string disusun secara seri. Kedua string tersebut kemudian di paralel untuk mendapatkan tegangan dan arus yang dipersyaratkan untuk mendapatkan daya yang dibutuhkan memutar pompa, sehingga total modul surya yang digunakan sebanyak 16 modul. Selanjutnya rangkaian yang keluar dari modul surya masuk ke solar charge controller. Selanjutnya daya DC yang dihasilkan akan masuk ke inverter untuk diubah menjadi daya AC. Listrik dengan daya yang cukup dan tegangan AC sudah dapat digunakan oleh motor untuk dapat menggerakkan pompa. Jika pompa sudah tidak digunakan (beroperasi) maka listrik yang dihasilkan oleh modul solar cell dapat disimpan pada baterai atau listrik AC nya dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik lainnya. Detail rangkaian peralatan PLTS dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.

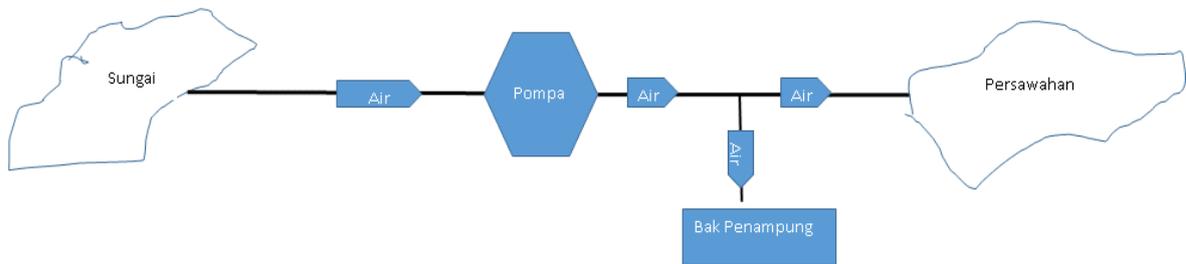


Gambar 4. Rangkaian Peralatan PLTS

3.5 Aliran Air

Air dari sungai dipompakan menggunakan pompa yang terpasang disekitar areal persawahan. Air yang dipompakan akan disalurkan langsung ke areal persawahan hingga seluruh sawah teraliri, selanjutnya jika telah teraliri areal persawahan dan masih terdapat energi listrik dari PLTS maka air dipompakan ke bak penampungan hingga energi listrik habis atau bak penampungan penuh.

Adapun gambar saluran air dari sungai hingga persawahan digambarkan sebagai berikut.



Gambar 5. Aliran Air yang Dipompakan

3.6 Kebutuhan Biaya yang Dibutuhkan

Harga satuan perancangan ini diperoleh melalui aplikasi Tokopedia yang bisa diakses secara umum, berdasarkan spesifikasi dan kebutuhan equipment maka dapat dilakukan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan perancangan ini. Perkiraan kebutuhan biaya seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Kebutuhan Biaya

No	Uraian Equipment	Jumlah	Satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)
A	Material				
1	Pompa	1	unit	2.000.000	2.000.000
2	Sistem Pemipaan				
	Pipa PVC 4 inchi 315 meter	315	meter	36.000	11.340.000
	Pipa PVC 4 inchi 30 meter	20	meter	84.500	1.690.000
	Filter inlet	1	pc	265.000	265.000
	Valve Inlet 4 inch	1	pc	472.500	472.500
	Valve Outlet 4 inch	1	pc	472.500	472.500
	Check Valve 4 inchi	1	pc	530.000	530.000
	T Connection 4 inch	1	pc	250.000	250.000
3	Bak Penampungan	8	M3	400.000	3.200.000
4	Modul Solar Cell 260 Wp	16	unit	2.600.000	41.600.000
5	Inverter Solis 1P4K-4G	1	unit	11.000.000	11.000.000
6	Solar Charge Controller- 60A 3000W	1	Unit	5.200.000	5.200.000
7	Cable 4 mm	100	meter	7.500	750.000
8	MCB 16 A	2	unit	35.000	70.000
9	MCB 25 A	1	unit	50.000	50.000
10	Fuse	5	pc	3.000	15.000
11	Battery 12 V DC 65 AH	10	unit	650.000	6.500.000

12	Consumable material elektrik (socket, isolasi, paku dan lain-lain)	1	Lot	2.000.000	2.000.000
13	Consumable material Mekanik(Lem Pipa, perekat connector dll)	1	lot	2.000.000	2.000.000
B	Jasa				
1	Biaya Instalasi Pipa dan Bak	1	Lot	6.500.000	6.500.000
2	Biaya Instalasi PLTS dan elektrikal system	1	Lot	5.000.000	5.000.000
3	Biaya Transportasi dan Penyimpanan Peralatan	1	Lot	2.500.000	2.500.000
4	Management Fee dan Lainnya	1	lot	15.189.000	15.189.000
C	Jumlah				118.915.750
	PPN				13.080.733
D	Total				131.996.483

4. Kesimpulan

Perancangan pompa dan PLTS yang akan dipasang di areal persawahan Desa Siraisan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pompa yang dibutuhkan dengan debit air sebanyak 600 liter/menit, dengan head 9 meter, berdaya listrik 3000 watt satu phase tegangan AC.
2. PLTS yang diperlukan untuk dapat menggerakkan pompa dengan spesifikasi, jumlah modul *solar cell* yang dibutuhkan sebanyak 16 unit, dan terdapat dua *string* yang diparalel, setiap *string* berisi 8 modul *solar cell* yang diseri.
3. Kebutuhan biaya untuk pembangunan pompa beserta PLTS sebesar Rp 131.996.483,00

Referensi

- [1] Biro Pusat Statistik Indonesia, "Statistik Indonesia 2022", Katalog 1101001, p. 49, 2022
- [2] Putu Perdana Kusuma Wiguna, S.Si, M.Sc, " Metode Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi", Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Udayana, 2019
- [3] Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas, "Kabupaten Padang Lawas Dalam Angka 2022", Katalog 1102001.1221, pp. 212-213, 2022
- [4] Ogik Azis Bukhori, I Nyoman Setiawan, I Wayan Arta Wijaya, " Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Daya Pompa Air Submersible Inoto 2 Hp Di Dusun Leran" *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 8, No. 4 Desember 2021
- [5] www.jarwinn.com
- [6] www.tokopedia.com
- [7] Data Kelurahan Desa Siraisan, Kecamatan Ulu Barumun, Kabupaten Padang Lawas, Provinsi Sumatera Utara, 2022
- [8] Ziana, Adzuha Desmi, "Aplikasi Software Epanet 2.0 Untuk Mendeteksi Kehilangan Tekanan (Head Losses) Pada Jaringan Pipa Distribusi Pdam Tirta Mon Pase Lhokseumawe", *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, ISSN 1412-548X pp. 29- 38
- [9] Sastradiangga, I.M.A, Giriantari, I.A.D, Sukerayasa, I.W. 2020. "Solar PV Plant as a Replacement for Power Supply of Irrigation Water Pump". *International Journal of Engineering and Emerging Technology*, Vol. 5, No.2
- [10] Tukiman, Puji Santoso, Ari Satmoko, " Perhitungan Dan Pemilihan Pompa Pada Instalasi Pengolahan Air Bebas Mineral Irradiator Gamma 200 kCl", *Prima*, Volume 10, Nomor 2, November 2013
- [11] www.pipe.pressure.loss.com
- [12] Ahmad Sependi, Muhamad Fitri, "Pemilihan Spesifikasi Komponen Alat Uji Prestasi Pompa Menggunakan Metode Analisis Persamaan Bernoulli", *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 11, No. 1, Februari 2022, ISSN 2549-2888
- [13] Nurdiansyah, D., & Aziz, A, " Pengujian Pompa Sentrifugal Eksisting Engineering Design Modificaton of the Existing Laboratorium for Centrifugal Pump Testing", *Jurnal Baut dan Manufaktur*, Vol. 01, No. 01, pp. 17-25, 2019
- [14] Moh Arif Batutah, Hairul Huda, "Analisa Design Instalasi Pompa Untuk Air Bersih Di Pt Pamapersada Nusantara Distrik Indo - Bontang Kalimantan Timur", *Jurnal Chemurgy*, Vol. 6, No. 2, 2022

- [15] Mulyadi, C.D. dan Caraka, M.U., “Perancangan dan Pembangunan Sistem Distribusi Air Bersih”, *Infotekmesin*, Vol 12, No.2, pp. 175–182, 2021
- [16] Prahara, D., “Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih Pada Bangunan Kondotel dengan Menggunakan Sistem Gravitasi dan Pompa”, *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol 2, No.1 pp. 1–10., 2014