

TUGAS AKHIR

**ANALISA BIAYA PERENCANAAN SISTEM PENGAIRAN
HIDROPONIK TEKNIK N.F.T (*Nutrient Film Technique*)
MENGUNAKAN POMPA AIR BERBASIS SOLAR PANEL
DIBANDINGKAN DENGAN PENGGUNAAN LISTRIK DARI
PT.PLN(Persero)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

KRISNANDAR

1507220044



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Krisnandar

NPM : 1507220044

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : **ANALISA BIAYA PERENCANAAN SISTEM PENGAIRAN
HIDROPONIK TEKNIK N.F.T MENGGUNAKAN POMPA
AIR BERBASIS SOLAR PANEL DIBANDINGKAN
DENGAN PENGGUNAAN LISTRIK DARI PT.PLN (Persero)**

Telah berhasil dipertahankan dihadapan tim penguji dan diterima sebagai salahsatu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan 11 November 2020

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Penguji/Pembanding I

Dr. M. Fitra zambak, S.T,M.Sc

Dosen Penguji/Pembanding II

Elvy Sahnur, S.T,M.Pd

Dosen Penguji I

Indra Roza, S.T,M.T

Dosen Penguji II

Partaoman Harahap, ST,M.T

Studi Teknik Elektro

Ilham Pasaribu, S.T,M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Krisnandar

Tempat /Tanggal Lahir : Medan /11 November 2020

NPM : 1507220044

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“ANALISA BIAYA PERENCANAAN SISTEM PENGAIRAN HIDROPONIK TEKNIK N.F.T MENGGUNAKAN POMPA AIR BERBASIS SOLAR PANEL DIBANDINGKAN DENGAN PENGGUNAAN LISTRIK DARI PT.PLN(Persero)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk/melakukan verifikasi, dengan saksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan 11 November 2020

Saya yang menyatakan



ABSTRAK

PLTS pompa air hidroponik memiliki kapasitas setara 600 Wp dengan jumlah total beban sebesar 1920 Wh atau setara 1,92kwh. Untuk mengetahui tingkat daya-guna PLTS pompa air hidroponik ditinjau dari kapasitas sistem PLTS dalam melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pompa air yang nanti digunakan sebagai pompa air hidroponik dengan teknik NFT, perlu melakukan studi dan meneliti tentang unjukkerja dari PLTS pompa air dengan mengevaluasi daya yang dibangkitkan PLTS tersebut, menghitung kapasitas komponen PLTS yang terpasang, serta analisis kelayakan investasi PLTS pompa air dengan metode : Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), dan Payback Periode. Berdasarkan hasil evaluasi kapasitas komponen-komponen PLTS Siding masih layak digunakan untuk pelayanan beban. Perhitungan biaya investasi awal untuk PLTS pompa air hidroponik sebesar Rp. 12.400.000,00,- diperoleh biaya energi (cost of energy) PLTS Siding sebesar Rp. 2.343,53,-/kWh. Dengan memaksimalkan pemanfaatan PLTS pompa air ini maka di dapat perbandingan per kWh selama 25 tahun sebesar Rp 15.500,000,00,- (untuk penggunaan PLTS) dan Rp 15.846.624,00,- (untuk penggunaan listrik dari PT.PLN(persero)). Hasil analisis kelayakan investasi menunjukkan bahwa investasi PLTS pompa air sebagai sumber tenaga listrik untuk kebutuhan hidroponik termasuk layak untuk dilaksanakan.

Kata Kunci: PLTS , Pompa air, Hidroponik, panel surya

ABSTRACT

The hydroponic water pump PLTS has a capacity equivalent to 600 Wp with a total load of 1920 Wh or equivalent to 1.92kwh. To find out the level of utility of PLTS hydroponic water pumps in terms of the capacity of the PLTS system in serving the electricity needs for water pumps which will be used as hydroponic water pumps with NFT techniques, it is necessary to conduct studies and research on the performance of PLTS water pumps by evaluating the power generated by the PLTS, reveal the installed capacity of PLTS components, as well as analysis of the feasibility of investing in PLTS water pumps using the methods: Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), and Payback Period. Based on the results of the evaluation of the capacity of the PLTS Siding components, it is still feasible to be used for load services. The initial investment cost calculation for PLTS hydroponic water pump is Rp. 12,400,000.00, -with the energy cost (cost of energy) of PLTS Sidings of Rp. 2,343.53, - / kWh. By maximizing the use of PLTS water pump, a comparison per kWh for 25 years is Rp. 15,500,000.00 (for the use of PLTS) and Rp. 15,846,624.00 (for electricity use from PT PLN (Persero)) The results of the investment feasibility analysis show that the investment of PLTS water pump as a source of electricity for hydroponic needs is feasible.

Keywords: PLTS, water pump, hydroponics, solar panels

KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “**ANALISA BIAYA PERENCANAAN SISTEM PENGAIRAN HIDROPONIK TEKNIK N.F.T MENGGUNAKAN POMPA AIR BERBASIS SOLAR PANEL DIBANDINGKAN DENGAN PENGGUNAAN LISTRIK DARI PT.PLN(Persero)**” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orangtua penulis: Subadi dan Sugiatik, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Bapak Dr. M. Fitra Zambak S.T,M.Sc selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

3. Ibu Elvy Sahnur, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Indra Roza S.T M.T, selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Partaonan Harahap S.T M.T, selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak/ Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Rekan-rekan Stambuk 2015 M.Fajar Keke Rizki Ananda Sutikno, Aulia Huda Lubis, Bambang Ismoyo, Fery Indrawan Mrp, Fadhel Zupa dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Laporan tugas akhir ini tentunya masih jauh dari kata sempurna untuk itu penulis berharap saran dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran bagi penulis dan pembaca dimasa depan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Elektro.

Medan, Oktober 2020

Penulis,

Krisnandar

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	7
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 Karakteristik Sumber Listrik PLN	11
2.2.2 Tegangan dan Arus Bolak-Balik	11
2.2.3 Daya Listrik	11
2.2.4 Solar Panel	12
2.2.5 Prinsip Kerja Solar Panel	13
2.2.6 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Panel Solar Panel	16
2.2.7 Perawatan/Pemeliharaan Solar Panel	17

2.2.8	<i>Solar Battery Charger Controller</i>	18
2.2.9	Baterai.....	20
2.2.10	Inverter.....	24
2.2.11	Prinsip Kerja Inverter.....	26
2.2.12	Pompa Air.....	28
2.3	Aspek Biaya.....	30
2.3.1	Biaya Siklus Hidup (<i>Life Cycle Cost</i>).....	30
2.3.2	Biaya Energi (<i>Cost of Energy</i>).....	32
2.3.3	Analisis Kelayakan Investasi PLTS.....	33
2.4	<i>Nutrient film technique (NFT)</i>	36
BAB 3	38
METODELOGI PENELITIAN.....		38
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	38
3.2	Sumber Data.....	38
3.3	Prosedur Penelitian.....	39
3.4	Data Lapangan.....	39
BAB 4	45
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		45
4.1	Perhitungan Beban.....	45
4.2	Menghitung Area Array (PV Area).....	46
4.3	Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (<i>Wattpeak</i>).....	48
4.4	Menghitung Jumlah Panel Surya.....	48
4.5	Menghitung Kapasitas <i>Charge controller</i>	50
4.6	Menghitung Kapasitas Baterai.....	50
4.7	Menghitung Kapasitas Inverter.....	51
4.8	Analisa ekonomi dan kelayakan investasi.....	54

4.8.1	Menghitung Biaya Invetasi Awal	54
4.8.2	Biaya Pemeliharaan dan Operasional.....	55
4.8.3	Menghitung Biaya Siklus Hidup (<i>Life Cycle Cost</i>)	56
4.8.4	Menghitung Biaya Energi PLTS (<i>Cost of Energy</i>).....	57
4.8.5	Perhitungan Kas Masuk.....	58
4.8.6	Net Present Value (NPV)	59
4.8.7	Profitability Index (PI)	61
4.8.8	Discounted Payback Period (DPP)	61
4.9	Perhitungan Biaya Penggunaan Listrik PT.PLN (Persero).....	63
BAB 5		66
PENUTUP		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2.	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Solar Panel	12
Gambar 2.2 Skema Efek Fotovoltaik.....	14
Gambar 2.3 Solar charger controller.....	19
Gambar 2.4 Baterai	21
Gambar 2.5 Inveter	25
Gambar 2.6 Rangkaian Inverter.....	26
Gambar 2.7 Pompa Air	28
Gambar 2.8 Skema Hidroponik NFT	37
Gambar 3.1, Diagram Blok Sistem Solar Sel.....	41
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4.1. Rangkaian Array PLTS pompa air	49
Gambar 4.2 Rangkaian PLTS pompa air hidroponik	62
Gambar 4.3 Tarif tenaga listrik kuartal januari-maret 2020.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Temperatur Dan Insolasi Matahari.....	43
Tabel 4.1 Spesifikasi Pompa Air.....	45
Tabel 4.2 Spesifikasi Komponen	52
Tabel 4.3 Biaya peralatan dan pemasangan yang dibutuhkan PLTS	523
Tabel 4.4 Perhitungan Net Cash Flow.....	59

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan era modern pada saat ini mempunyai dampak banyaknya eksploitasi sumber energi fosil. Banyak diketahui cadangan energi fosil semakin lama semakin menipis sehingga menyebabkan terjadinya kelangkaan energi, terutama kebutuhan energi listrik yang setiap tahun semakin meningkat. Sekarang sumber energi terbarukan sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Sumber energi terbarukan yang bersumber dari potensi alam seperti panas bumi, tenaga matahari, angin, air dan lautan.

Perkembangan energi terbarukan di Indonesia sudah cukup banyak untuk menggantikan sumber energi konvensional seperti PLTA, PLTU, PLTD, PLTS, PLTGU yang menggantikan sumber energi yang berasal dari minyak bumi dan batubara. Indonesia merencanakan sumber energi terbarukan menjadi sumber utama supaya mengurangi pemakaian sumber energi yang tidak dapat diperbarui. Pemerintah Indonesia mengumumkan proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan kapasitas total 250 megawatt (MW). Pemerintah menetapkan harga listrik surya dikisaran US\$ 14.5 sen per *kilowatt hour* (*kWh*) hingga mencapai lebih dari US\$ 20 sen per *kWh*. Negara Indonesia menerima energi surya dengan radiasi harian rata-rata per satuan luas per satuan waktu sebesar kira-kira 4.8 kilowatt/m². Indonesia membutuhkan energi terbarukan yang bersih dan ramah lingkungan karena pemerintah sudah mempersiapkan 270 hektar untuk dipakai sebagai lahan pembangkit terbarukan.

Energi matahari bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik terbarukan dengan menggunakan sel surya atau di kenal dengan istilah panel surya atau *photovoltaic*. Panel surya adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi yang diperkenalkan sebagai Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) atau secara umum dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik (PLTS Fotovoltaik). Dibandingkan energi konvensional pada umumnya sistem energi surya terkesan rumit, mahal dan sulit untuk dioperasikan. Namun pemerintah sudah lebih dari 15 tahun operasional di beberapa wilayah Indonesia. Sistem Energi Surya merupakan sistem yang mudah dalam pengoperasiannya serta memerlukan biaya operasional dan pemeliharaan yang cukup rendah. Pemanfaatan panel surya bisa digunakan pada sektor pertanian atau perkebunan, baik pertanian dengan skala yang kecil ataupun besar.

Dalam perkembangan ilmu pertanian sistem hidroponik mulai banyak di kenalkan pada masyarakat yaitu sistem bercocok tanam dengan menggunakan media berupa air yang ditambahkan sebuah nutrisi, dalam pengembangan sistem hidroponik ada dikenal dengan teknik N.F.T (*Nutrient film technique*) yaitu dimana nutrisi dialirkan terus menerus menggunakan pompa dengan air yang dangkal. Pada teknik ini penggunaan pompa air yang terus menerus mengakibatkan pengeluaran biaya penggunaan listrik PLN yang tidak sedikit dan kemudian akan sedikit memberatkan para petani hidroponik. Untuk itu pemanfaatan energi terbarukan (*renewable energy*) dirasa sangat tepat untuk menggantikan penggunaan listrik konvensional, disamping untuk mengurangi pengeluaran biaya listrik, energi terbarukan juga dapat mendukung terciptanya

green energy dan mengurangi penggunaan listrik energi fosil yang semakin menipis. penggunaan energi matahari (solar panel) merupakan pilihan yang tepat dikarenakan penyinaran matahari yang berlangsung antara 7 sampai 8 jam sehari merupakan potensi yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Analisa Biaya Perencanaan Sistem Pengairan Hidroponik Teknik N.F.T Menggunakan Pompa Air Berbasis Solar Panel?
2. Bagaimana Analisa Kelayakan Investasi Perencanaan Sistem Pengairan Hidroponik Teknik N.F.T Menggunakan Pompa Air Berbasis Solar Panel?
3. Bagaimana Perbandingan Biaya Antara Sistem Pengairan Hidroponik Teknik N.F.T Menggunakan Pompa Air Berbasis Solar Panel Dengan Penggunaan Listrik Dari PT.PLN (Persero)?

1.3 Tujuan Penelitian

Sehubung dengan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Mengetahui Analisa Biaya Perencanaan Sistem Pengairan Hidroponik Teknik N.F.T Menggunakan Pompa Air Berbasis Solar Panel?
2. Untuk Mengetahui Analisa Biaya Analisa Biaya Perencanaan Perencanaan Sistem Pengairan Hidroponik Teknik N.F.T Menggunakan Pompa Air Berbasis Solar Panel?
3. Untuk Mengetahui Perbandingan Biaya Antara Sistem Pengairan Hidroponik Teknik N.F.T Menggunakan Pompa Air Berbasis Solar Panel Dengan Penggunaan Listrik Dari PT.PLN (Persero).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Diharapkan dapat mengembangkan ilmu pengetahuan sistem tenaga listrik yang bersumber dari panel surya.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sistem *solar water pump*.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah konsultasi dengan dosen pembimbing, studi literature, membuat desain kerangka, perancangan sistem, perakitan alat, pengujian alat dan penyusunan laporan.

1. Studi Literatur

Merupakan proses mencari referensi-referensi yang berhubungan sesuai penelitian sebagai penunjang sebuah penelitian. Sumber informasi diperoleh dari artikel publikasi, buku, skripsi, dan karya-karya ilmiah lainnya.

2. Pengumpulan Data

Data diperoleh dengan cara pengukuran langsung daya panel surya, intensitas cahaya dan aliran arus dan tegangan pada sistem. Pengambilan data dilakukan dirumah penulis selama 3 hari.

3. Pengolahan Data

Proses pengolahan data yang diperoleh ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mencatat data yang diperoleh pada saat penelitian.
2. Membuat tabel penelitian.
3. Memasukkan data pada tabel.
4. Menganalisa hasil penelitian.
5. Memberikan hipotesa.

4. Bimbingan

Bimbingan merupakan komunikasi antara penulis terhadap dosen pembimbing guna untuk memperbaiki tulisan penulis bila ada kekurangan maupun kesalahan didalam penulisan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman, maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan penelitian, latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat penulisan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang kasus penelitian, memuat tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan diteliti yaitu komponen-komponen utama

pada pengaplikasian pompa air solar panel sebagai komponen utama sistem pengukur daya.

BAB III METODE PENELITIAN

Membahas tentang perancangan subjek skripsi ini, blok diagram secara keseluruhan dan realisasi rangkaian dan mekanik, serta cara kerjanya.

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Dalam bab ini disertakan hasil-hasil pengujian alat dan analisis sebagai pembuktian dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya yang telah diterapkan ke dalam alat ini.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang simpulan yang diperoleh dalam perancangan dan pembuatan skripsi serta saran-saran yang ingin disampaikan penulis untuk pengembangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Konsep agropolitan sangat cocok diterapkan pada masyarakat perkotaan khususnya kota Semarang. Beberapa karakteristik wilayah kotameliputi sempitnya lahan, keterbatasan waktu, dan sedikitnya sentra produksi pertanian menyebabkan teknologi hidroponik menjadi pilihan untuk dikembangkan dalam mendukung terciptanya agropolitan. Dalam teknologi hidroponik diperlukan pompa untuk mengalirkan air yang membawa nutrisi bagi tanaman di dalam media tanam berupa pipa baik horisontal maupun vertikal. Maka dari itu perlu dibuat suatu teknologi hidroponik yang digabung dengan teknologi pemanfaatan energi surya sehingga mendukung konversi energi baru dan terbarukan. Tujuan dari kegiatan ini adalah membuat teknologi cocok tanam hidroponik memanfaatkan energi surya sehingga mendukung konservasi energi pada SMP Alam Ar Ridho. Target yang diharapkan pada kegiatan ini meliputi: terciptanya teknologi hidroponik energi surya, pelatihan teknologi hidroponik energi surya kepada 10 orang guru, terciptanya role model konsep agropolitan dengan teknologi agroponik energi surya, dan penguatan produksi pangan masyarakat perkotaan. Metode yang digunakan terdiri dari tahap yaitu (1) observasi kebutuhan lapangan, (2) perancangan teknologi hidroponik energi surya, (3) pembuatan alat hidroponik, (4) pembuatan pembangkit listrik tenaga surya, (5) integrasi hidroponik energi surya, (6) pengujian, (7) pelatihan SDM tentang teknologi dan perawatannya, dan (8) pemeliharaan. Kegiatan ini telah

menghasilkan purwarupa teknologi hidroponik energi surya, makalah yang siap dipublikasikan pada jurnal nasional, dan terciptanya role model agropolitan melalui sekolah (Ariyono, S., Wasito, E., Handoko, S. 2018).

PLTS Siding memiliki kapasitas setara 40 kWp dengan jumlah pelanggan yang tersambung sebanyak 52 pelanggan dan total beban sebesar 31.700 VA. Untuk mengetahui tingkat daya-guna PLTS Terpusat (Off-Grid) Siding ditinjau dari kapasitas sistem PLTS dalam melayani kebutuhan tenaga listrik bagi masyarakat Desa Siding, perlu melakukan studi dan meneliti tentang unjuk kerja dari PLTS Terpusat Siding dengan mengevaluasi daya yang dibangkitkan PLTS Siding, menghitung kapasitas komponen PLTS yang terpasang, serta analisis kelayakan investasi PLTS Siding dengan metode: Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), dan Payback Periode. Berdasarkan hasil evaluasi kapasitas komponen-komponen PLTS Siding masih layak digunakan untuk pelayanan beban. Perhitungan biaya investasi awal untuk PLTS Siding sebesar Rp.2.662.800.000,00, diperoleh biaya energi (cost of energy) PLTS Siding sebesar Rp. 4.600,00/kWh. Hasil analisis kelayakan investasi menunjukkan bahwa investasi PLTS Siding sebagai sumber tenaga listrik di Kecamatan Siding termasuk layak untuk dilaksanakan. Dengan memaksimalkan pemanfaatan PLTS Terpusat Siding melalui penambahan beban sehingga terjadi penambahan pemakaian energi harian sebesar 226,24 kWh/hari, akan menurunkan biaya energi PLTS Siding sebesar Rp. 4.600/kWh menjadi 3.500/kWh (Kossi, V. R. 2018).

Jurnal ini menjelaskan suatu rancangan sistem penerangan gedung bertingkat menggunakan pembangkit listrik tenaga cahaya matahari (PLTS). Pada rancangan penerangan listrik menggunakan PLTS ini, banyak komponen-

komponen dasar yang diperlukan, termasuk 'solar module' yang menjadi komponen kunci yang mengubah panas cahaya matahari menjadi tegangan listrik DC. Disamping itu dia berfungsi juga sebagai 'controller' mengendalikan penyediaan tegangan listrik untuk beban dan battery. Komponen lainnya adalah inverter, yang berfungsi mengubah tegangan listrik DC menjadi tegangan listriki AC, dan battery yang berfungsi menyimpan energi listrik. Rancangan dapat dilakukan, pertama-tama menghitung jumlah beban penerangan yang diperlukan, kemudian menghitung jumlah module yang akan digunakan dan komponen yang mendukung seperti inverter dan battery. Untuk Gedung 4 lantai dengan 18 ruangan dengan berbagai keperluan, dibutuhkan beban sebesar 210.192 kWh, sehingga memerlukan 292 module solar sel, inverters with a power of 50.04 kW and 176 batteries with a capacity of 12Vdc, 100 Ah are used when sunlight is not maximal. (Multi, A. 2018).

PLTS atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah peralatan pembangkit listrik yang merubah cahaya matahari menjadi listrik. PLTS sering juga disebut Solar Cell, atau Solar Photovoltaic, atau Solar Energi. Dengan konsep yang sederhana yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang mana cahaya matahari adalah salah satu bentuk energi dari Sumber Daya Alam. Cahaya matahari sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Pada tugas akhir ini akan membahas mengenai merancang system PLTS sesuai dengan kebutuhan dan melakukan uji pembebanan PLTS. Adanya tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan

pengetahuan mengenai PLTS dan bagaimana PLTS itu bekerja. Dari hasil pengujian dan pembahasan “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya” Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang telah dirancang dengan spesifikasi panel surya 100 WP sebanyak 44 Buah, Baterai 100 Ah sebanyak 30 buah, solar charge controller 250 A, serta inverter 3000 W/220VAC telah berhasil diuji coba. PLTS ini juga dilengkapi dengan indikator tegangan yang dihasilkan panel surya dan tegangan output inverter. Berdasarkan hasil pengujian PLTS ini mampu menghasilkan rata-rata daya sebesar 827 Wh dalam satu hari. (Wempi Noviandi 2019).

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar, pada saat ini sudah banyak yang memanfaatkan panel surya sebagai pembangkit listrik mandiri tanpa harus bergantung sepenuhnya pada PLN, setiap tahun kebutuhan akan energi listrik di dunia akan mengalami pertumbuhan. Pemanfaatan energi matahari sebagai pembangkit listrik telah banyak dilakukan dengan menggunakan panel surya. Panel surya yang terpasang selama ini masih bersifat statis (tidak mengikuti pergerakan matahari), Berdasarkan kondisi ini, maka panel surya tidak dapat menangkap cahaya secara maksimal, Keterbatasan pada panel surya yang statis tersebut dapat diatasi dengan pengujian dengan Panel Surya dengan Rotasi Dinamis (dapat mengikuti arah pergerakan matahari). Perolehan arus dan tegangan pada panel surya lebih efektif yaitu dengan perolehan nilai rata-rata daya keluaran yang dihasilkan sebesar 34,93 W. (Harahap, P. 2019).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Karakteristik Sumber Listrik PLN

Sumber listrik PLN merupakan sumber energi listrik dengan arus bolak-balik atau *Alternatif Current* (AC) yang dihasilkan dari generator AC pada pembangkit listrik baik itu pembangkit listrik bertenaga diesel (PLTD), pembangkit listrik bertenaga air (PLTA) ataupun pembangkit listrik lainnya.

2.2.2 Tegangan dan Arus Bolak-Balik

Sumber listrik AC menghasilkan tegangan dan arus dengan besaran serta polaritasnya selalu berubah-ubah dari polaritas positif ke negatif atau sebaliknya. Secara periodik terhadap fungsi waktu, dengan bentuk gelombang dapat berupa gelombang sinus. *Square* dan segitiga, untuk sumber listrik dari PLN sendiri berupa gelombang sinus, sementara untuk gelombang square dan segitiga biasanya banyak digunakan pada inverter.

2.2.3 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Simbol satuan daya ini yaitu W (watt). Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu.

$$P = V \times I \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

P = Daya (Watt atau W)

I = Arus (Ampere atau A)

V = Perbedaan potensial (Volt atau V)

2.2.4 Solar Panel

Solar panel di defenisikan sebagai teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik dari suatu bahan semikonduktor ketika terkena paparan sinar matahari. Solar panel terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. dengan menggunakan prinsip yang disebut efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* itu sendiri adalah suatu fenomena di mana muncul tegangan listrik karena adanya suatu hubungan atau kontak dari dua elektroda, dimana keduanya dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itulah, solar panel sering disebut juga dengan sel *photovoltaic* (PV). Efek *photovoltaic* ini ditemukan pertama kali oleh Henri Becquerel pada tahun 1839.



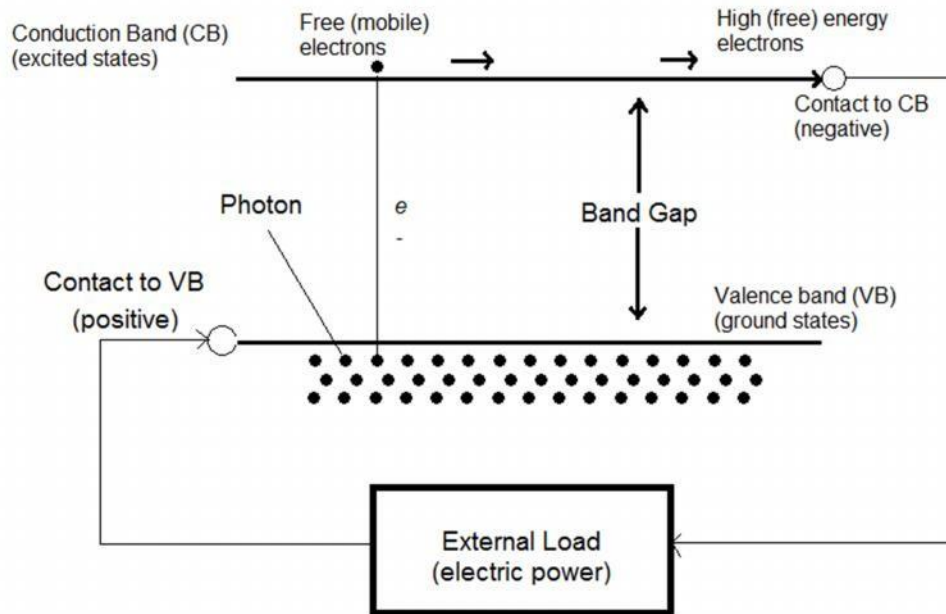
Gambar 2.1 Solar Panel
(sumber, jurnal Multi, A. 2018)

Pada dasarnya, solar panel ini merupakan dioda foto yang mempunyai permukaan yang sangat besar. Permukaan solar panel yang luas, mampu menjadikan perangkat solar panel ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan juga menghasilkan tegangan dan arus yang lebih kuat dari dioda foto pada umumnya. Contohnya, sebuah solar panel yang terbuat dari semikonduktor silikon

saat terkena cahaya matahari mampu menghasilkan tegangan sebesar 0,5V dan arus sebesar 0,1A. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi performa dari solar panel adalah bahan pembuatnya, resistansi beban, intensitas cahaya matahari, dan suhu atau temperatur. Hal-hal tersebut perlu diperhatikan. Saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah solar panel (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Sel silikon di dalam solar panel yang disinari matahari/surya. Saat ini, banyak yang telah mengaplikasikan perangkat solar cell ini ke berbagai jenis penggunaan. Perangkat solar panel ini sering kita jumpai sebagai sumber listrik untuk kalkulator, mainan, pengisi baterai hingga ke pembangkit listrik, dan bahkan sebagai sumber listrik untuk menggerakkan satelit yang mengorbit bumi.

2.2.5 Prinsip Kerja Solar Panel

Sinar matahari tersusun dari partikel kecil yang disebut dengan foton. Ketika terkena sinar matahari, foton yang merupakan partikel dari sinar matahari tersebut menabrak atom semikonduktor silikon solar panel, sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif tersebut akan bergerak pada daerah konduksi dari material semikonduktor. Pada atom yang kehilangan elektron, maka akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan *hole*. *Hole* ini memiliki muatan positif. membuat foton bergerak menuju *electron* dan menghasilkan arus dan tegangan listrik. Sebuah sel silikon menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12



Gambar 2.2 Skema Efek Fotovoltaik
(sumber, jurnal Multi, A. 2018)

Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel surya (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum). *Solar cell panel module* memiliki kapasitas keluaran: *Watt hour*. Solar panel 50 WP 12 V, memberikan keluaran daya sebesar 50 Watt per hour dan tegangan adalah 12 Volt. Untuk perhitungan daya yang dihasilkan per hari adalah 50 Watt x 5 jam. Di antara daerah positif dan negatif, atau yang bisa dikenal dengan *PN Junction*, akan muncul energi yang mendorong elektron dan *hole* untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif, karena elektron ini bermuatan negatif. Sedangkan *hole* akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di antara *PN Junction* ini, maka akan menimbulkan arus listrik yang nantinya bisa dimanfaatkan.

Menurut (Kossi, V. R. 2018). Daya (*wattpeak*) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, diperhitungkan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

1. Menghitung Area Array (*PVArea*)

Area array (*PV Area*) diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PVArea = \frac{E_i}{GAV \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{out}} [m^2] \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

E_i = Energi yang dibangkitkan [kWh/hari]

PV_{Area} = Luas permukaan panel surya [m^2]

GAV = Intensitas Matahari harian [$kW/m^2/hari$]

TCF = *Temperature coefficient factor* [%]

η_{PV} = Efisiensi panel surya [%]

η_{out} = Efisiensi keluaran [%] asumsi 0,9

2. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (*watt peak*)

Dari perhitungan area array, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*wattpeak*) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$P_{wattpeak} = PV Area \times PSI \times \eta_{PV} [Watt] \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

$PV Area$ = Luas permukaan panel surya [m^2]

PSI = *Peak Solar Insolation* adalah $1.000W/m^2$

η_{PV} = Efisiensi panel surya [%]

Selanjutnya berdasarkan besar daya yang akan dibangkitkan (*wattpeak*), maka jumlah panel surya yang diperlukan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$jumlahpanelsurya = \frac{P_{wattpeak}}{P_{mpp}} [\text{unit}] \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

$P_{wattpeak}$ = Daya yang dibangkitkan [Wp]

P_{mpp} = Daya maksimum keluaran panel surya [watt]

2.2.6 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Panel Solar Panel

Hal utama yang mempengaruhi untuk kerja dari modul solar cell panel:

1. Resistansi Beban

Efisiensi paling tinggi adalah saat solar cell beroperasi dekat pada maximum power point. Tegangan baterai harus mendekati tegangan V_{mp} . Apabila tegangan baterai menurun di bawah V_{mp} , ataupun meningkat diatas V_{mp} , maka efisiensinya berkurang.

2. Intensitas Cahaya Matahari

Semakin besar intensitas cahaya matahari yang diterima, maka semakin besar tinggi kinerja solar panel yangkemudian akan menghasilkan arus yang besar.

3. Suhu solar cell panel

Sebagaimana suhu solar cell panel meningkat diatas standar suhu normal 25 derajat celsius, efisiensi solar cell panel dan tegangan akan berkurang. untuk mengatasi hal ini maka pemberian ruang di bawah solar panel akan

mengakibatkan aliran udara panas terbebas yang dapat menurunkan suhu solar panel pada puncak panas tertinggi.

4. Shading / Bayangan

Shading adalah dimana salah satu atau lebih silicon dari solar cell panel tertutup dari sinar matahari. Shading akan mengurangi pengeluaran daya dari solar cell panel. Beberapa jenis solar cell panel sangat terpengaruh oleh shading dibandingkan yang lain. pemilihan lokasi yang tepat dapat mempengaruhi kinerja solar panel, semakin tepat pemilihan lokasi dan kemiringan solar panel maka kinerjanya akan optimal.

2.2.7 Perawatan/Pemeliharaan Solar Panel

Perawatan sistem solar panel perlu dilakukan, untuk memastikan kinerja dan fungsi berjalan seperti yang diharapkan atau sesuai target penggunaannya. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Menjaga panel surya tetap bersih

Hal terpenting dalam merawat panel surya adalah menjaganya tetap bersih dari kotoran. Perawatan rutin wajib dilakukan. Kalau perlu dilakukan secara berkala, misalnya harian, mingguan, atau bulanan. Beberapa pengguna panel surya ada yang melakukan pengecekan secara tahunan, namun cara ini hanya berlaku jika kondisi sekitar rumah yang dipasang panel surya benar-benar bebas dari ancaman kotoran, debu, atau objek yang menghalangi sinar matahari sebagai sumber tenaga.

2. Air untuk membersihkan panel surya

Membersihkan panel surya harus menggunakan air bersih. Beberapa ahli berpendapat agar tidak menggunakan air panas untuk membersihkan panel surya, sebab air panas akan lebih cepat menguap. Jika menggunakan alat pembersih dengan sabun cair, ada baiknya air telah tercampur dengan sabun tersebut. Hindari sabun cair bersentuhan langsung dengan panel surya karena zat yang terkandung dalam sabun cair, apabila terpapar dengan material panel surya secara langsung, dikhawatirkan zat berbahaya tersebut malah membekas dan sulit dibersihkan.

3. Gunakan sikat dari bahan halus

Menggunakan sikat dari material yang keras tidak baik untuk panel surya. Oleh karena itu, gunakanlah sikat berbahan lembut. Seperti, kain lap pel atau kanebo. Sebab, apabila panel surya tergores bisa menyebabkan usia panel surya lebih pendek karena mempengaruhi efektivitas dalam menyerap paparan sinar matahari sebagai sumber energi utama.

2.2.8 Solar Battery Charger Controller

Battery Charger merupakan otak pengaturan sistem pengecasan dari solar panel yang didesain multi fungsi. Charger bisa difungsikan sistem normal atau *auto load*. Pada posisi normal tegangan keluaran tetap bekerja walaupun pada saat pengisian dari solar panel maupun tanpa pengisian. Posisi *auto load* tegangan.keluaran load tidak akan bekerja selama tegangan/arus dari solar panel mengisi baterai. *solar charger controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi adalah

melalui monitor level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan turun maka baterai akan diisi kembali. Solar Charger biasanya terdiri dari : 1 masukan (2 terminal) yang terhubung dengan keluaran panel sel surya, 1 keluaran (2 terminal) yang terhubung dengan baterai/ aki dan 1 keluaran (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Dalam *solar charger controller* ada terdapat sebuah pengontrol muatan.



Gambar 2.3 solar charger controller
(sumber, jurnal Multi, A. 2018)

Pengontrol muatan atau pengatur muatan pada dasarnya adalah voltase dan pengatur arus untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan. Ini mengatur tegangan dan arus yang datang dari panel surya ke baterai. Kebanyakan "12 volt" panel mengeluarkan sekitar 16 hingga 20 volt, jadi jika tidak ada peraturan baterai akan rusak karena pengisian yang berlebihan. Sebagian besar baterai membutuhkan sekitar 14 hingga 14,5 volt untuk terisi penuh.

Menurut (Kossi, V. R. 2018). Kapasitas Charge controller ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Capacity charger controller} = \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{systemvoltage}} \text{ [ampere]} \dots (5)$$

Dimana:

Safety factor = ditentukan sebesar 1,25.

Demand watt = daya solar panyang dibutuhkan

System voltage = tegangan panel surya

2.2.9 Baterai

Mengingat PLTS sangat tergantung pada kecukupan energi matahari yang diterima panel surya, maka diperlukan media penyimpan energi sementara bila sewaktu-waktu panel tidak mendapatkan cukup sinar matahari atau untuk penggunaan listrik malam hari. Baterai harus ada pada sistem PLTS terutama tipe *Off Grid*. Beberapa teknologi baterai yang umum dikenal adalah lead acid, alkalin, Ni-Fe, Ni-Cad dan Li-ion. Masing-masing jenis baterai memiliki kelemahan dan kelebihan baik dari segi teknis maupun ekonomi (harga). Baterai lead acid dinilai lebih unggul dari jenis lain jika mempertimbangkan kedua aspek tersebut. Baterai lead acid untuk sistem PLTS berbeda dengan baterai lead acid untuk operasi starting mesin-mesin seperti baterai mobil. Pada PLTS, baterai yang berfungsi untuk penyimpanan (*storage*) juga berbeda dari baterai untuk *buffer* atau stabilitas. Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan *deep cycle lead acid*, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (*discharge*) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah

panel surya dan inverter. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan. Atau dampak yang paling minimal adalah baterai tidak dapat dioperasikan sesuai kapasitasnya.



Gambar 2.4 Baterai

((sumber, jurnal Multi, A. 2018))

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis dan kapasitas baterai untuk suatu PLTS dan pengaruhnya pada umur baterai antara lain: DoD (Depth of Discharge), jumlah siklus, efisiensi baterai, discharge/charge rate dan temperatur.

1. *Depth of Discharge* (DoD)

Depth of discharge adalah jumlah muatan/energi yang dikeluarkan atau dipakai dari baterai. DoD dinyatakan dengan persentase dari kapasitas nominal baterai. DoD 80% artinya bahwa baterai tersebut telah melepaskan muatannya 80% dari 100% rating nya. Pada kondisi ini baterai tinggal memiliki muatan

sekitar 20% yang disebut juga dengan SOC atau *stated of charge*. Semakin besar DoD suatu baterai semakin pendek umur baterai tersebut. Dalam perhitungan, baterai dinyatakan dengan 2 (dua) angka DoD yaitu DoD maksimal dan DoD harian. DoD maksimal adalah DoD terbesar yang dapat dicapai baterai. Jika DoD maksimal dicapai, *charge controller* akan memutuskan hubungan baterai dengan beban (*cut-off*). Sedangkan DoD harian adalah batas DoD rata-rata yang akan dicapai dalam setiap siklus normalnya. Umumnya baterai sistem PLTS direncanakan untuk DoD 25% hingga 30% sehingga umur baterai sekitar 5 tahun. Ini berarti, kapasitas baterai harus beberapa kali jumlah energi yang akan dilepas dalam satu siklus. Umur baterai berpengaruh langsung dengan DoD dalam setiap siklusnya. Baterai dengan DoD 50% akan memiliki umur lebih panjang dua kali. Jika DoD 10%, maka umurnya akan bertambah 5 kali dari DoD 50%. Konsekuensinya adalah tingginya biaya baterai.

2. Jumlah Siklus Baterai

Satu kali proses lengkap dari satu kali proses pengeluaran (*discharge*) dan satu kali proses pengisian kembali (*charge*) disebut 1 *cycle*. Umur baterai biasanya dinyatakan dengan jumlah siklus baterai. Jika suatu baterai dinyatakan memiliki umur siklus 1800 *cycle*, dan dioperasikan sebanyak 1 *cycle* perhari, maka umur baterai relatif $1.800/(1 \times 365 \text{ hari})$ sama dengan 4,9 tahun. Tapi jika 2 *cycle*/hari maka umur baterai turun menjadi 2,5 tahun.

3. Efisiensi Baterai

Sesuai fungsinya sebagai media penyimpan sementara, maka proses penting yang terjadi pada baterai adalah pengisian (*charging*) dan pengeluaran (*discharging*). Rugi-rugi di baterai adalah karena adanya *internal resistance* sehingga sebagian energi listrik diubah menjadi panas pada saat *charging* dan *discharging*. Selama 1 *cycle* efisiensi baterai sekitar 75%. Efisiensi dalam 1 siklus disebut dengan *round trip efficiency*.

4. Temperatur Baterai

Temperatur baterai sangat mempengaruhi kinerja baterai. Semakin tinggi temperatur baterai semakin mampu baterai bekerja pada kapasitas maksimalnya, dan sebaliknya. Namun, pengoperasian baterai pada temperatur yang lebih tinggi akan menyebabkan baterai mengalami penuaan dini (*aging*). Temperatur ideal baterai sekitar adalah sekitar 20 -25 C.

Kapasitas Baterai

Menurut Ariani, W. D., & Winardi, B. (2014) Untuk mendapatkan kapasitas baterai yang diperlukan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut ini:

$$\text{Tot. Charge} = \text{energi} / \text{sist. Voltage} \dots\dots\dots(6)$$

Setelah nilai arus yang diperlukan diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan arus pengisian yang akan digunakan pada sistem dengan menggunakan persamaan:

$$\text{system charging curent} = \frac{\text{total charger}}{\text{solar insolation value}} \dots\dots\dots(7)$$

Dan pada tahap akhir, dengan menggunakan persamaan berikut ini dapat ditentukan kapasitas baterai yang akan digunakan:

$$\text{Baterai capacity} = \text{system charging current} \frac{\text{reserve days}}{\text{DoD}} \dots\dots(8)$$

2.2.10 Inverter

Power Inverter atau biasanya disebut dengan Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari Power Inverter tersebut dapat berupa Baterai, maupun Solar panel. Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan baterai ataupun Solar panel untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.

Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Power Inverter diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan. Namun pada saat ini, bentuk-bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan

Frekuensi arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 50Hz atau 60Hz dengan Tegangan Output sekitar 120V atau 240V. Output Daya listrik yang paling umum ditemui untuk produk-produk konsumen adalah sekitar 150 watt hingga 3000 watt.

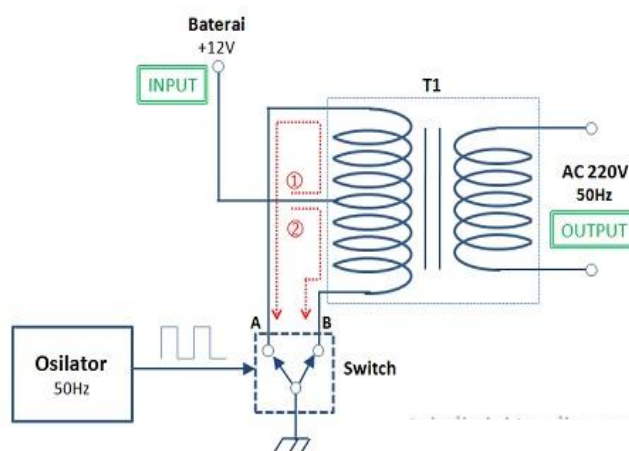


Gambar 2.5 Inveter

(sumber, jurnal Multi, A. 2018)

2.2.11 Prinsip Kerja Inverter

Suatu Power Inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian Saklar (Switch) dan sebuah Transformator (trafo) CT seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.6 Rangkaian Inverter
(sumber, jurnal Multi, A. 2018)

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah (contoh 12V) diberikan ke *Center Tap* (CT) Sekunder Transformator sedangkan dua ujung Transformator lainnya (titik A dan titik B) dihubungkan melalui saklar (*switch*) dua arah ke *ground* rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke *Center Tap Primer Transformator* yang kemudian mengalir ke titik A Transformator hingga ke *ground* melalui saklar. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke *Center Tap Primer*

Transformator hingga ke *ground* melalui Saklar titik B. Titik A, B dan Jalur 1, 2 dapat dilihat pada gambar diatas,

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada Saklar (*Switch*) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian Osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai *Switch* di rangkaian *Switch* Inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor. Sekunder Transformator akan menghasilkan Output yang berupa tegangan yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder Transformator atau rasio lilitan antara Primer dan Sekunder Transformator yang digunakan pada Inverter tersebut.

Menurut (Kossi, V. R. 2018). Kapasitas inverter ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\textit{Capacity of inverter} = \textit{Demand watt} \times \textit{safety factor} \text{ [Watt].....(9)}$$

Dimana:

Capacity of inverter = kapasitas inverter yang dibutuhkan

Safety factor = ditentukan sebesar 1,25.

Demand watt = daya solar panel yang dibutuhkan.

2.2.12 Pompa Air

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar pompa.

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidrolik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan-peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka *fluida* akan naik dari kedalaman tertentu, Sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi *discharge* akan memaksa *fluida* untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan.



Gambar 2.7 Pompa Air
(sumber, jurnal Multi, A. 2018)

Pompa Air terbagi atas tiga kategori utama, yaitu:

1. Pompa Celup (*Submersible*) : Sun-Sub dan Sun-Buddy

Sun-Sub adalah submersible pump dengan total head dan debit yang lebih besar daripada *Sun-Buddy*. Pompa submersible cocok digunakan apabila kedalaman muka air tanah (water table) lebih dari 6 meter.

2. Pompa Permukaan (*Surface/Floating Pump*) : Sun-Ray dan CP

Sun-Ray adalah surface pump jenis *CP* yang dilengkapi dengan alat tambahan sehingga dapat mengapung sendiri di atas permukaan air. Jenis ini cocok digunakan untuk kedalaman muka air tanah kurang dari 6 meter.

3. Pompa Semi Celup : *Sun-Downer*

Sun-Downer adalah pompa yang motor dan drive headnya terletak di permukaan tanah, tetapi rotornya/pompanya terendam dalam sumber air, hal ini mengakibatkan diperlukannya shaft tambahan, sehingga sering juga disebut *lineshaft pump*.

Pada prinsipnya, pompa air secara umum bekerja dengan cara mentransfer sejumlah volume air lewat ruang suction menuju ruang outlet dengan memanfaatkan impeler. Dengan begitu, seluruh ruang udara akan terisi oleh air dan menciptakan tekanan fluida untuk ditarik lewat dasar sumber air menuju lokasi tujuan. Untuk penggunaan mesin pompa air, air yang ada di dalam ruang impeler akan digerakkan menggunakan sebuah motor. Air akan terus didorong keluar menuju pipa penyaluran selama impeler tersebut tetap berputar.

Selain itu, semua pompa menggunakan kekuatan dasar alam untuk memindahkan cairan. Ketika bagian pompa yang bergerak (impeler, baling-baling,

diafragma piston, dll.) mulai bergerak, udara didorong keluar dari jalan. Pergerakan udara menciptakan vakum parsial (tekanan rendah) yang dapat diisi oleh lebih banyak udara.

2.3 Aspek Biaya

2.3.1 Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Menurut (Kossi, V. R. 2018). Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama kehidupannya. Pada sistem PLTS, biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian baterai.

1. Biaya Investasi PLTS

Biaya investasi awal PLTS pompa air berbasis solar panel mencakup biaya-biaya seperti: biaya peralatan, biaya pekerjaan. Biaya-biaya tersebut merupakan nilai kontrak untuk pembangunan PLTS pompa air berbasis solar panel.

2. Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Adapun besar biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{Total Biaya Investasi [Rp]} \dots \dots \dots (10)$$

Biaya siklus hidup (LCC) di perhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{LCC} = C + M_{PW} \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

LCC = Biaya siklus hidup (Life Cycle Cost).

C = Biaya investasi awal adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk pembelian komponen- komponen PLTS, biaya instalasi dan biaya lainnya misalnya biaya untuk rak penyangga.

MPW = Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.

Nilai sekarang biaya tahunan yang akan dikeluarkan beberapa tahun mendatang (selama umur proyek), dengan jumlah pengeluaran yang tetap, dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \dots\dots\dots(12)$$

Dimana:

MPW = Nilai sekarang biaya tahunan selama umur proyek.

A = Biaya tahunan

i = Tingkat diskonto

n = Umur proyek

3. Faktor Diskonto

Faktor diskonto (Discount factor) adalah faktor yang digunakan untuk menilaisekarangkan penerimaan- penerimaan di masa mendatang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran pada masa sekarang. Adapun rumus faktor diskonto adalah sebagai berikut :

$$DF = \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

DF = Faktor Diskonto

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi)

2.3.2 Biaya Energi (*Cost of Energy*)

Menurut (Kossi, V. R. 2018).Perhitungan biaya energi suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan PLTS.

1. Faktor Pemulihan Modal (Capital Recovery Factor)

Faktor pemulihan modal diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots (14)$$

Dengan n adalah periode (umur) proyek.

Menurut Wengqiang dkk, (2004), perumusan biaya energi adalah sebagai berikut:

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AKWH} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

COE = Cost of Energy / Biaya Energi (Rp/kWh)

LCC = Biaya siklus hidup (Life Cycle Cost).

CRF = Faktor Pemulihan Modal, berdasarkan pada discount rate (i).

AKWH = Energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun)

2.3.3 Analisis Kelayakan Investasi PLTS

Menurut (Kossi, V. R. 2018).Kelayakan investasi PLTS ditentukan berdasarkan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI) dan *Payback Period* (PP):

1. *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) menyatakan bahwa seluruh aliran kas bersih dinilai sekarang atas dasar faktor diskon (*discount factor*). Untuk menghitung *Net*

Present Value (NPV) dipergunakan rumus sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - II \dots\dots\dots (16)$$

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut:

- a. Investasi dinilai layak, apabila Net Present Value (NPV) bernilai positif (> 0).
- b. Investasi dinilai tidak layak, apabila Net Present Value (NPV) bernilai negative (< 0).

2. *Profitability Index* (PI)

Profitability Index merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Teknik ini juga sering disebut dengan model rasio manfaat biaya (*benefit cost ratio*). Teknik *Profitability Index* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \text{NCF}_t(1+i)^{-t}}{I} \dots\dots\dots(17)$$

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut:

- a. Investasi dinilai layak, apabila Profitability Index (PI) bernilai lebih besar dari satu (>1).
- b. Investasi dinilai tidak layak, apabila Profitability Index (PI) bernilai lebih kecil dari satu (< 1).

3. *Discount Payback Periode*

Payback Periode adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Teknik DPP dirumuskan sebagai berikut:

$$DPP = \text{year before recovery} + \frac{\text{investasi awal}}{\text{NVP kumulatif}} \dots \dots (18)$$

Dimana:

NCF_t = Net Cash Flow periode tahun ke-1 sd ke-n.

II = Investasi awal (Initial Investment).

i = Discount factor

n = Periode dalam tahun (umur investasi).

Year before recovery = Jumlah tahun sebelum tahun

Pengembalian final Investment Cost = Biaya investasi awal.

NPV Kumulatif = Jumlah kas bersih nilai

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah :

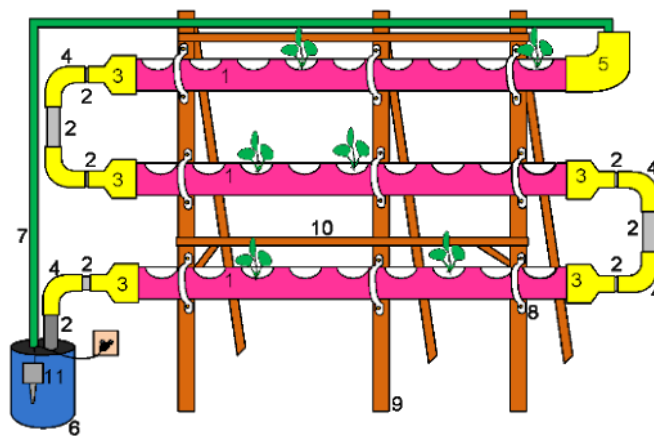
- a. Investasi dinilai layak, apabila DPP memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek (periode cutoff).
- b. Investasi dinilai tidak layak, apabila DPP memiliki periode waktu lebih panjang dari umur proyek (periode cutoff).

2.4 Nutrient film technique (NFT)

Merupakan cara bercocok tanam secara hidroponik. Pada sistem ini, sebagian akar tanaman terendam dalam larutan nutrisi dan sebagian lagi berada di permukaan larutan yang bersirkulasi. Tanaman sayur yang cocok untuk diterapkan pada sistem ini adalah sayuran daun salah satunya adalah sayur kangkung. Kangkung merupakan bahan pangan pelengkap yang penting bagi kesehatan manusia. Untuk meningkatkan produksi dan pertumbuhan tanaman sayur diperlukan suatu teknologi baru, sehingga irigasi hidroponik dengan sistem NFT ini dapat menjadi alternatif teknologi penanaman baru. Dengan cara ini penggunaan lahan pertanian bisa diminimalkan seiring semakin menyempitnya lahan pertanian saat ini. Sistem irigasi di Indonesia dibagi menjadi beberapa macam yaitu irigasi permukaan (*surface irrigation*), irigasi bawah permukaan (*sub surface irrigation*), irigasi pancaran (*sprinkle irrigation*), dan irigasi hidroponik. Dari beberapa macam sistem irigasi tersebut yang baik digunakan pada saat ini yaitu sistem irigasi hidroponik. Hidroponik adalah suatu cara yang dipandang mampu mengatasi beberapa masalah yang muncul. Kelebihan hidroponik adalah kebersihannya lebih mudah terjaga, tidak ada masalah berat seperti pengolahan tanah serta gulma, penggunaan pupuk dan air efisien, tanaman diusahakan tanpa tergantung musim dan pada lahan sempit, tanaman berproduksi dengan kualitas dan produktivitas tinggi, tanaman mudah diseleksi dan dikontrol.

Sistem hidroponik yang digunakan oleh peneliti yaitu sistem hidroponik NFT (*Nutrient film technique*). NFT merupakan jenis hidroponik yang berbeda dengan hidroponik substrat. Pada NFT, air bersirkulasi selama terus menerus dengan rentan waktu tertentu. Sebagian akar terendam air dan sebagian lagi

berada di atas permukaan air, Salah satu prinsip dasar sistem NFT ialah kecepatan aliran air (debit air). Ketebalan lapisan nutrisi tidak lebih 3 mm. Kecepatan masuknya nutrisi tersebut bisa di turun - naikkan dengan memperkecil/memperbesar bukaan kran. Dengan penggunaan pompa air 20 watt dengan debit air 1100 liter/jam,dengan daya dorong maksimal 1,5 meter dapat menampung setidaknya 100-110 lubang tanaman.



Gambar 2.11 Skema Hidroponik NFT
(sumber, google.com)

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan desember 2019 sampai dengan september 2020 yaitu di Rumah jalan Purwosari, gang Baru No 19a, Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara. Mulai dari pengumpulan data sampai dengan perhitungan analisa.

3.2 Sumber Data

Data-data yang diperlukan dalam proses pembuatan laporan ini diperoleh dari:

1. Observasi

Pengambilan data yang sesuai dengan penelitian untuk selanjutnya di analisis.

2. Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membaca buku-buku dan jurnal sesuai dengan penelitian yang dilakukan serta materi yang dianalisa.

3. Bimbingan

Metode ini dilakukan dengan cara meminta bimbingan untuk hal yang berkaitan dengan analisa dari penelitian baik dari pembimbing atau pun dosenlain.

3.3 Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Studi Literatur yaitu dengan mempelajari teori dasar energi matahari, jaringan listrik, photovoltaic, elektronika dasar khususnya melalui buku-buku, jurnal-jurnal, majalah ilmiah, tesis, browsing internet, maupun referensi lain yang dapat dijadikan landasan teori.
- Observasi, dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan seperti data beban, modul/array, baterai/aki, inverter dan charge controller.
- Perhitungan dan analisis pembahasan

Analisis data yang dilakukan dengan mengolah data berdasarkan aspek teknis dan aspek biaya sebagai berikut:

1. Menghitung energi listrik yang akan disuplai dari PLTS.
2. Menghitung daya yang dibangkitkan PLTS meliputi:
 - a. Menghitung Area Array
 - b. Menghitung daya yang dibangkitkan
3. Menghitung kapasitas komponen
 - a. Menghitung jumlah panel surya
 - b. Menghitung kapasitas inverter
4. Menentukan Pemasangan panel surya
5. Menghitung kWh produksi PLTS

6. Menghitung biaya energi PLTS berdasarkan harga saat ini, kemudian menghitung kelayakan biaya investasi PLTS menggunakan metoda NPV, PI dan DPP. Menghitung biaya energi PLTS meliputi:

- a. Biaya Siklus Hidup (LCC)
- b. Faktor Pemulihan Modal
- c. Biaya energi PLTS

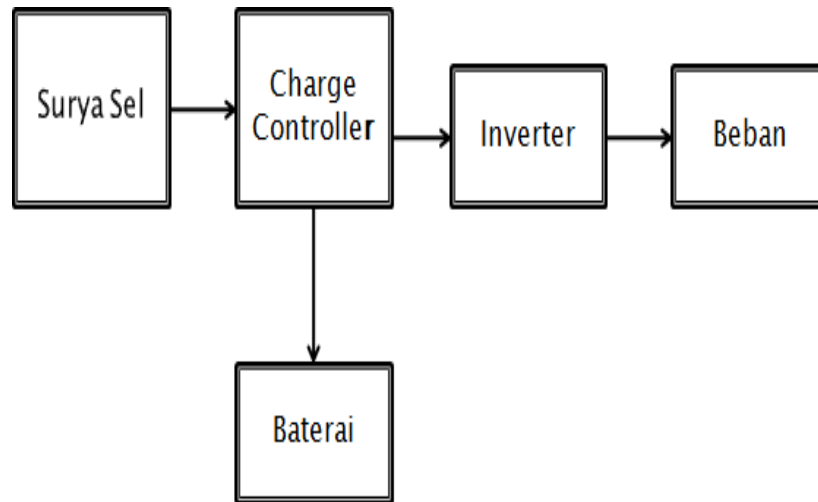
Menganalisa kelayakan investasi PLTS dengan cara:

- a. Menghitung NPV
- b. Menghitung PI
- c. Menghitung DPP

7. Membuat simpulan dan saran.

Sistem PLTS untuk pompa air hidroponiksama atau tidak jauh beda dengan sistem PLTS lainnya. Dimana sumber energinya dari tenaga surya, yang ditangkap oleh modul surya, untuk diubah menjadi energi listrik. Dari modul surya energi listrik ditampung oleh baterai. Kemudian energi listrik bisa digunakan dengan beban DC.

Berikut ini adalah gambar diagram blok sistem Pembangkit Sel Surya:



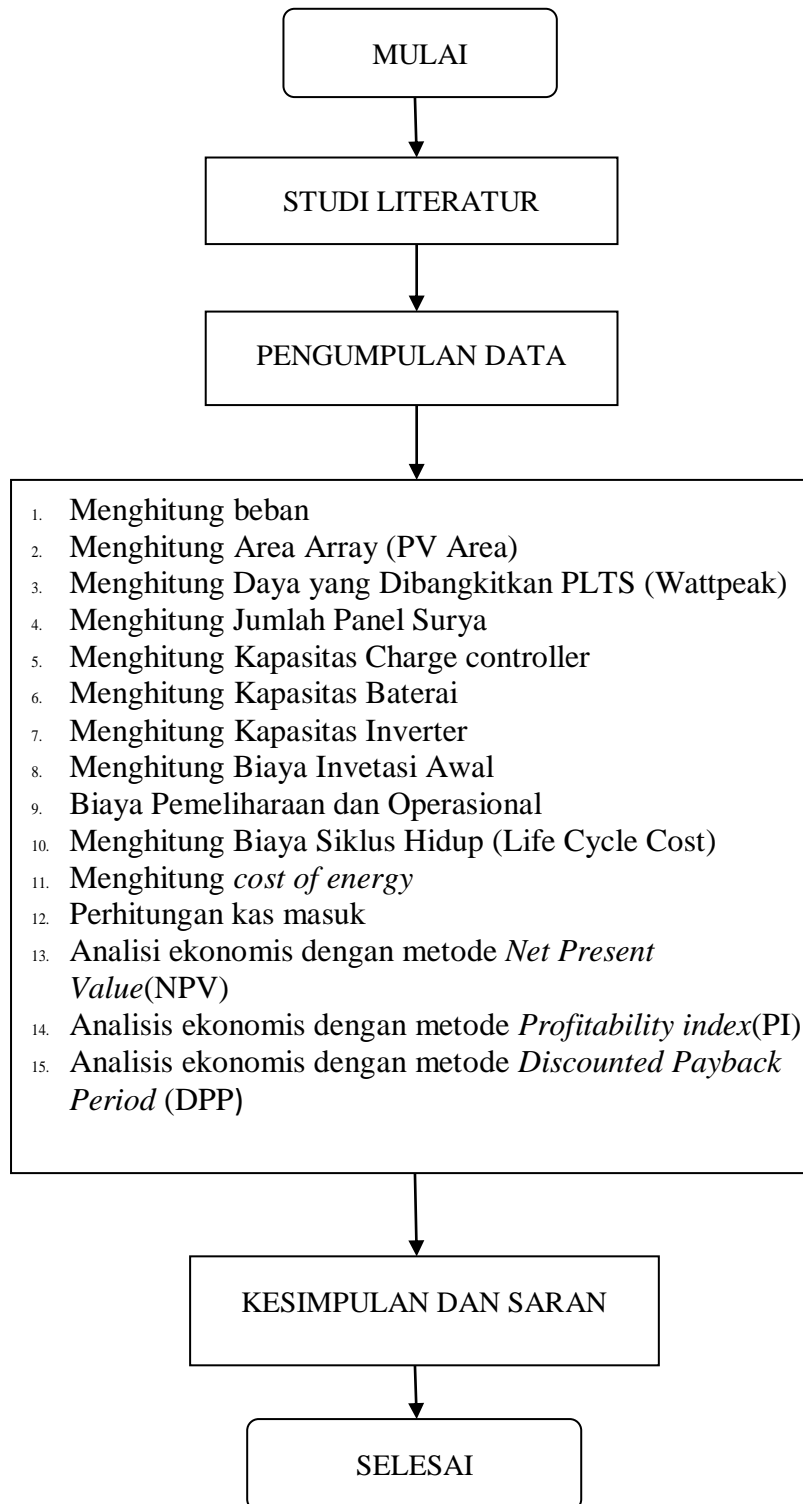
Gambar 3.1, Diagram Blok Sistem Solar Sel

Maka Prinsip kerja PLTS pada gedung yang dirancang yaitu Modul surya menangkap radiasi matahari, kemudian diubah menjadi energi listrik. Output dari modul surya dihubungkan ke charge controller, yang kemudian disalurkan ke baterai dan beban setelah terlebih dahulu melalui inverter. Charge controller itu sendiri berfungsi untuk mengontrol pengisian dan pembuangan energi listrik pada baterai. Output dari charge controller selain untuk baterai juga untuk beban listrik. Apabila baterai penuh charge controller akan menghentikan pengisian energi listrik dari modulsurya, dan atau apabila energi listrik pada baterai dalam kondisi kurang charge controller akan menghentikan keluaran energi listrik dari baterai.

Dari output *charge controller* untuk beban dihubungkan ke inverter, inverter itu sendiri adalah berfungsi untuk mengubah energi listrik searah (DC) menjadi energi listrik bolak-balik (AC) karena beban listrik yang digunakan

adalah beban listrik AC. Dari inverter dihubungkan ke beban, adapun beban pada PLTS penelitian adalah pompa air untuk mensirkulasi air pada hidroponik.

Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian



3.4 Data Lapangan

Jumlah jam matahari per hari dan temperatur rata-rata per hari berdasarkan data intensitas matahari maret 2020 yang diambil dari Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika untuk wilayah kota medan dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 Data Rata-Rata Temperatur Dan Insolasi Matahari

Februari 2020		
Tanggal	Temperatur Penyinaran (°C)	Insolasi Matahari
01-02-2020	27.7	0.3
02-02-2020	27.4	6.3
03-02-2020	27.6	0.5
04-02-2020	27	0
05-02-2020	27	3.3
06-02-2020	28.3	5.8
07-02-2020	26.2	2.7
08-02-2020	29.5	0.2
09-02-2020	27.3	0.5
10-02-2020	27.6	7.8
11-02-2020	27.6	3.8
12-02-2020	27.7	3.2
13-02-2020	27.8	2
14-02-2020	28	5.3
15-02-2020	26	3.8
16-02-2020	27	2.3
17-02-2020	27.1	8.5
18-02-2020	25.7	7.6
19-02-2020	25.8	0
20-02-2020	27.4	2.6
21-02-2020	26.1	7.2
22-02-2020	26.6	3.2
23-02-2020	27.3	2.8
24-02-2020	27.2	6.5
25-02-2020	27.7	6.3
26-02-2020	28.3	5.5
27-02-2020	29	2.3

28-02-2020	27.5	6.5
29-02-2020	28.8	5.5
Maksimum	29.5	8.5
Minimum	25.7	0.2
Rata-rata	27.3	4.1

Sumber : BMKG Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

kota medan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kapasitas komponen PLTS pada pompa air hidroponik ini menggunakan perhitungan manual dengan dibantu oleh lembar kerja (worksheet) Penggunaan lembar kerja tersebut memudahkan kita menelusuri urutan perhitungan. Berikut adalah tahapan perhitungan yang dapat dilakukan :

- Tahap I, Perhitungan Beban
- Tahap II, Perhitungan Panel Surya
- Tahap III, Perhitungan Charger Controller
- Tahap IV, Perhitungan Baterai
- Tahap V, Perhitungan Inverter
- Tahap VI, Perhitungan Analisa Ekonomi Dan Kelayakan Investasi

4.1 Perhitungan Beban

Pada penelitian ini, sistem sirkulasi pengairan pada pertanian model hidroponik yang akan menjadi objek, hidroponik seperti yang di ketahui membutuh kan sirkulasi air terus menerus selama 24 jam. Dengan penggunaan pompa air sebagai berikut:

Tabel4.1 Spesifikasi Pompa Air

Merk	ATMAN series
Model	AT – 105
Power	50 Watt
Tinggi Maksimum	3.0 meter
Daya Maksimum	3000 liter/jam

Dengan daya maksimum sebesar 3000 liter/jam dapat melakukan pemompaan sirkulasi air idealnya sampai 190–200 lubang tanaman hidroponik. Dengan sirkulasi terus menerus selama 24 jam, maka akan menghabiskan daya listrik sebesar $50 \text{ watt} \times 24 \text{ jam} = 1200 \text{ Wh}/1,2\text{kWh}$

$$\begin{aligned} \text{Cadangan energi} &= 30\% \times \text{daya listrik perhari} \\ &= 30\% \times 1200\text{Wh} \\ &= 360\text{Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rugi – rugi sistem + jtr} &= 30\% \times \text{daya listrik perhari} \\ &= 30\% \times 1200\text{Wh} \\ &= 360\text{Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total daya yang dibutuhkan} &= \text{cadangan energi} + \text{rugi – rugi system} + \text{daya} \\ &\quad \text{listrik per hari} \\ &= 360 + 360 + 1200 \\ &= 1920\text{Wh}/1,92\text{kWh} \end{aligned}$$

Estimasi kebutuhan listrik pada pompa air hidroponik sebesar 1920Wh/hari

4.2 Menghitung Area Array (PV Area)

Seperti diketahui bahwa setiap kenaikan temperatur 1°C (dari temperatur standarnya) pada panel surya, maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0,5% (Foster dkk, 2010). Data temperatur maksimum untuk wilayah kota medan periode bulan februari 2020 adalah sebesar $29,5^{\circ}\text{C}$ (data dapat dilihat pada Tabel). Data temperatur ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu sebesar $4,5^{\circ}\text{C}$ dari suhu standar (25°C) yang diperlukan oleh panel surya.

Besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur di sekitar panel surya mengalami kenaikan $4,5^{\circ}\text{C}$ dari temperatur standarnya, diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{saat } t \text{ naik } 4,5^{\circ}\text{C}} &= 0,5\% \times P_{\text{MPP}} \times \text{kenaikan temperature } ^{\circ}\text{C} \\ &= 0,5\% \times 100 \times 4,5 \\ &= 2,25\text{W} \end{aligned}$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi $29,5^{\circ}\text{C}$, diperhitungkan dengan persamaan (2.2)

$$\begin{aligned} P_{\text{MPP saat naik menjadi } 29,5^{\circ}\text{C}} &= P_{\text{MPP}} - P_{\text{saat } t \text{ naik } 4,5^{\circ}\text{C}} \\ &= 100\text{W} - 2,25\text{W} \\ &= 97,75\text{W} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi $29,5^{\circ}\text{C}$.

Makanilai TCF (Temperature Correction Factor) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TFC &= \frac{P_{\text{MPP saat naik menjadi } t \text{ oC}}}{P_{\text{MPP}}} = \frac{97,75}{100} \\ &= 0,97 \end{aligned}$$

Efisiensi keluaran (η_{out}) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen-komponen yang melengkapi PLTS. Suatu PLTS yang dilengkapi dengan baterai, *charge controller*, dan inverter maka nilai untuk η_{out} diasumsikan sebesar 0,95.

$$E_L = 1,920 \text{ kWh/hari}$$

$$G_{AV} = 4,1 \text{ Kw/m}^2/\text{hari}$$

$$TCF = 0,97$$

$$\eta_{PV} = 0,16$$

$$\eta_{out} = 0,95$$

$$PVArea = \frac{E_L}{G_{AV} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{out}}$$

$$PVArea = \frac{1,920}{4,1 \times 0,97 \times 0,16 \times 0,95}$$

$$= 3,1761 \text{ m}^2$$

4.3 Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*)

Dengan area array adalah 3,1761 m², *Peak Sun Insolation* (PSI) adalah 1000W/m² dan efisiensi panel surya adalah 16%, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*) sebagai berikut :

$$P_{\text{wattpeak}} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{PV} [\text{Watt}]$$

$$= 3,1761 \times 1000 \times 0,16$$

$$= 508 \text{ Wattpeak}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, estimasi total kebutuhan energi harian untuk pompa air hidroponik sebesar 1,920kWh per hari dengan daya yang dibangkitkan sebesar 508 *Wattpeak*. Sehingga untuk dapat memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut diperlukan PLTS dengan daya yang dibangkitkan sebesar 600Wp.

4.4 Menghitung Jumlah Panel Surya

Panel surya yang dipergunakan sebagai acuan adalah panel surya yang terpasang pada PLTS Terpusat. Panel surya ini memiliki spesifikasi PMPP sebesar 100Wp per panel.

$$\text{jumlah panel surya} = \frac{P_{\text{wattpeak}}}{P_{\text{mpp}}} = \frac{600}{100}$$

$$= 6 \text{ unit}$$

Jumlah panel surya dirangkai dengan 1 array, pada array pemasangan panel surya ada yang dihubungkan seri dan ada yang dihubungkan paralel. Cara menentukan hubungan seri dan paralel panel surya, sangat tergantung pada daya output Solar Charge Controller/MPPT. Solar Charge Controller yang dipergunakan sebagai acuan adalah dengan tegangan input sebesar 12 - 24 Vdc dan arus maksimum sebesar 30 Ampere. Sedangkan panel surya yang digunakan yaitu dengan spesifikasi $V_{\text{MPP}} = 17,5 \text{ V}$, $I_{\text{MPP}} = 5,71 \text{ A}$ dan $P_{\text{MPP}} = 100 \text{ Wp}$ per panel surya.

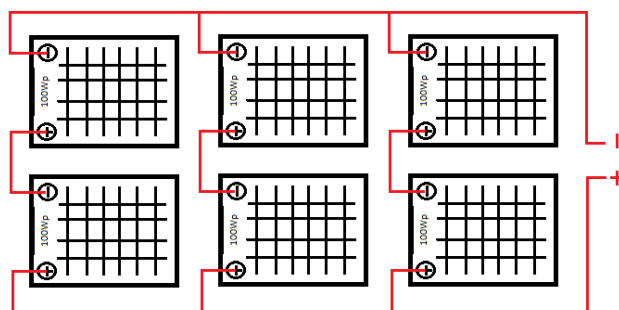
$$V_{\text{MPParray}} \text{ adalah } 17,5 \text{ V} \times 2 = 35 \text{ V}$$

$$I_{\text{MPParray}} \text{ adalah } 5,71 \text{ A} \times 3 = 17,13 \text{ A}$$

$$P_{\text{MPParray}} \text{ adalah } 35 \text{ V} \times 17,13 \text{ A} = 599,55 \text{ W} (= 600 \text{ W})$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, susunan panel surya pada rangkaian array PLTS pompa air hidroponik pada gambar.

Gambar 4.1. Rangkaian Array PLTS pompa air



4.5 Menghitung Kapasitas *Charge controller*

Kapasitas *Charge controller* pada array adalah sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Capacity charger controler} &= \frac{\text{Demand Watt x Safety Factor}}{\text{sytem voltage}} \\ &= \frac{600 \times 1,25}{35} \\ &= 21,42 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas *Charge controller* yang terpasang pada PLTS pompa air hidroponik minimum 21,42 Ampere atau lebih.

4.6 Menghitung Kapasitas Baterai

Untuk menentukan kapasitas baterai yang akan digunakan, harus ditentukan terlebih dahulu besarnya arus yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \text{Total Charge (Amp-hours)} &= \text{energi} / \text{sistem voltage} \\ &= 1920 \text{ Wh} / 24 \text{ volt} = 80 \text{ Ah per hari.} \end{aligned}$$

$$\text{systemchargingcurent} = \frac{\text{total charger}}{\text{solar insolation value}}$$

$$\text{system charging curent} = \frac{80 \text{ Ah}}{4,1} = 19,51 \text{ A}$$

$$\text{Battery capacity} = \text{system charging curent} \frac{\text{reserve days}}{\text{DoD}}$$

$$\text{Battery capacity} = 19,51 \frac{2 \text{ days}}{50\%}$$

$$\text{Battery capacity} = 78,04 \text{ A}$$

Dengan kapasitas baterai 78,04 Ah dan menggunakan baterai 12 V berkapasitas 12 Ah, maka diperoleh jumlah baterai sebagai berikut :

Jumlah baterai = $78,04/12 = 6,50$ baterai dibulatkan menjadi 7 baterai.

Dikarenakan baterai yang umum dipasaran memiliki tegangan terminal 12 V maka untuk memperoleh tegangan terminal 24 V, baterai tersebut akan dihubungkan secara seri. Dengan demikian jumlah total baterai yang akan di gunakan adalah:

Total baterai yang digunakan = jumlah baterai x 2 = $7 \times 2 = 14$.

4.7 Menghitung Kapasitas Inverter

Pada sistem pengairan hidroponik menggunakan pompa air panel surya terdapat satu unit inverter dengan kapasitas :

$$\begin{aligned} \text{Capacity of inverter} &= \text{Demand watt} \times \text{safety factor [Watt]} \\ &= 600 \times 1,25 \text{ [Watt]} \\ &= 750 \text{ watt} \end{aligned}$$

Kapasitas inverter yang terdapat dipasaran mendekati perhitungan kapasitas inverter adalah sebesar 1000Watt,

Berdasarkan perhitungan di atas, rekapitulasi spesifikasi dan kapasitas komponen sistem pengairan hidroponik menggunakan pompa air panel surya dapat di tunjukan pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Spesifikasi Komponen

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel surya	(Pmax) :100W (Vmp): 17.5V (Imp):5.71A (Voc):21V (Isc): 6.4A (NOCT): 45±2°C Max. System Voltage: 1000V Max. Series Fuse: 16A Weight: 7.55Kg Dimension: 1085 x 675 x 25 mm	6
2	Baterai	Vrla:12v,12ah Cycle use : 14.50V - 14.90V (25°C) Standby use : 13.50V - 13.80V (25°C) Initial Current : Less Than 6.0A Dimensi (PanjangxLebarxTinggi) : 18cm x 7,5cm x 16,5cm	14
3	Inverter	Dimension: 185 x 95 x 55 mm Others Input voltage : DC 12V Output voltage: AC220V Frequency: 50Hz Max Output power:1000W Continuous power:500W Inverter efficiency:95%	1

4	Solar charge control	<p>Rated Voltage: 12V / 24V (Auto Switch)</p> <p>Max. Charge/Discharge Current: 30A</p> <p>Max. Solar Panel Input Voltage: less than 50V</p> <p>Stop Charge Voltage: 14.7V/29.4V</p> <p>Low Voltage Recovery: 12.2V/24.4V</p> <p>Low Voltage Protection: 10.5V/21.0V</p> <p>USB Output Voltage/Current: 5V 2A</p> <p>No Load Loss: less than 10mA</p> <p>Temperature Compensation: - 3mV/Cell/Centigrade</p>	1
5	Pompa air	<p>Model : AT – 105</p> <p>Power : 50 Watt</p> <p>Tinggi Maksimum : 3.0 meter</p> <p>Daya Maksimum : 3000 liter/jam</p>	1

4.8 Analisa ekonomi dan kelayakan investasi

4.8.1 Menghitung Biaya Investasi Awal

Biaya Investasi Awal Di bawah ini adalah data peralatan yang dibutuhkan beserta harganya untuk membangun PLTS sesuai dengan desain yang telah dibuat. Data harga-harga di bawah ini didapat dengan mencari langsung pemasok yang menjual barang-barang tersebut di internet.

Tabel 4.3 Biaya peralatan dan pemasangan yang dibutuhkan PLTS

No	Peralatan	Jumlah Komponen (unit)	Harga perunit (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Panel surya 100wp	6	1.000.000	6.000.000
2	Baterai VLRA 12v 12 Ah	14	300.000	4.200.000
3	Inverter	1	350.000	350.000
4	Charger controller	1	150.000	150.000
5	Pompa air	1	100.000	100.000
6	Kabel, soket dan asesoris kabel	-	100.000	100.000
7	Biaya pemasangan		1000W=2.500.000	600W=1.500.000
Total				12.400.000

Dari tabel 2 diatas dapat dilihat biaya yang dibutuhkan untuk sistem pengairan hidroponik menggunakan panel surya ini adalah Rp 12.400.000, yang terdiri dari biaya investasi peralatan. Untuk biaya pemasangan dan upah pekerja dihitung tiap pemasangan 1000 W, akan dikenakan biaya Rp. 2.500.000 yang diperoleh dari ET Tedeon di Glodok Jakarta Pusat. Untuk PLTS ini menggunakan 6 panel surya dengan masing – masing 100 WP, sehingga untuk PLTS ini dengan $6 \times 100 \text{ Watt} = 600 \text{ W}$ dikenakan biaya Rp.1.500.000. Biaya pemasangan dan upah tidak dihitung perjam.

4.8.2 Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS, umumnya diperhitungkan sebesar 1 - 2% dari total biaya investasi awal (Jais, 2012). Berdasarkan acuan tersebut maka pada penelitian ini, besar persentase untuk biaya pemeliharaan dan operasional per tahun PLTS yang mencakup biaya untuk pekerjaan pembersihan panel surya, biaya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan dan instalasi akan ditetapkan sebesar 1% dari total investasi awal. Penentuan persentase 1% didasarkan bahwa negara Indonesia hanya mengalami dua musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau sehingga biaya pembersihan dan pemeliharaan panel suryanya tidak sebesar pada negara yang mengalami empat musim dalam satu tahun. Selain itu penentuan persentase ini juga didasarkan pada tingkat upah tenaga kerja di Indonesia yang lebih murah dibandingkan dengan tingkat upah tenaga kerja di negara maju. Adapun biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{Total Biaya Investasi}$$

$$M = 1\% \times \text{Rp } 12.400.000,-$$

$$M = \text{Rp } 124.000,- \text{ per tahun}$$

Jika diperkirakan usia panel surya mencapai 25 tahun, maka total biaya pemeliharaan dan operasional untuk 25 tahun adalah sebesar Rp 3.100.000,-

4.8.3 Menghitung Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Sistem pengairan hidroponik menggunakan panel surya, diasumsikan beroperasi selama 25 tahun. Penetapan umur proyek ini mengacu kepada jaminan (garansi) yang dikeluarkan oleh produsen panel surya. Besarnya tingkat diskonto (i) yang dipergunakan untuk menghitung nilai sekarang pada penelitian ini adalah sebesar 4,75%. Penentuan tingkat diskonto ini mengacu kepada tingkat suku bunga kredit Bank Indonesia per 20 Februari 2020. Besar nilai sekarang (present value) untuk biaya pemeliharaan dan operasional (MPW) PLTS hidroponik selama umur proyek 25 tahun dengan tingkat diskonto 4,75% adalah :

$$\begin{aligned} P &= A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\ &= \text{Rp } 124.000 \left[\frac{(1+0,0475)^{25} - 1}{0,0475(1+0,0475)^{25}} \right] \\ &= \text{Rp } 124.000 \left[\frac{2,1904}{0,1344} \right] \\ &= \text{Rp } 124.000 \times 16,297 \\ &= \text{Rp } 2.020.828,- \end{aligned}$$

Biaya siklus hidup (LCC) untuk system pengairan hidroponik panel surya selama umur proyek 25 tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{LCC} &= C + M_{PW} \\ &= \text{Rp } 12.400.000 + \text{Rp } 2.020.828 \\ &= \text{Rp } 14.420.828 \end{aligned}$$

4.8.4 Menghitung Biaya Energi PLTS (*Cost of Energy*)

Faktor pemulihan modal untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian biaya tahunan, diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{CRF} &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\ &= \frac{0,0475(1+0,0475)^{25}}{(1+0,0475)^{25} - 1} \\ &= \frac{0,1344}{2,1904} \\ &= 0,0613 \end{aligned}$$

Estimasi kebutuhan energi listrik pompa air hidroponik 1,920 kWh per hari, sehingga pemakaian energi tahunan menggunakan panel surya diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{AKWH} &= \text{kWh harian} \times 365 \text{ [kWh]} \\ &= 1,920 \times 365 \text{ [kWh]} \\ &= 700,8 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Besar biaya energi (COE) untuk sistem pengairan hidroponik panel surya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 COE &= \frac{LCC \times CRF}{AKWH} \\
 &= \frac{Rp\ 14.420.828 \times 0,0613}{700,8} \\
 &= Rp\ 1.126,41/kWh
 \end{aligned}$$

4.8.5 Perhitungan Kas Masuk

Analisa perhitungan kas masuk dilakukan berdasarkan ketentuan peraturan menteri ESDM No. 19 tahun 2016 tentang pembelian listrik oleh PLN dari pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik, yang menyebutkan bahwa pembelian tenaga listrik dari PLTS pada wilayah sumatera utara akan ditetapkan dengan harga US\$ 16,0 sen/kWh (enambelas sen dolar amerika serikat per kilo watt hour).

$$1\ US\$ = Rp\ 14.647.10,-$$

Maka

$$0,16\ US\$ = Rp\ 2.343.53,-$$

Total daya yang dihasilkan per tahun adalah 700,8 kWh, maka pendapatan yang dihasilkan pertahun dari PLTS adalah :

$$Rp\ 2.343.53 \times 700,8\ kWh = 1.642.350.02,-\ per\ tahun$$

4.8.6 Net Present Value (NPV)

Pada sistem pengairan hidroponik menggunakan panel surya ini diketahui arus kas keluar setiap tahunnya yaitu sebesar Rp 124.000.00,- Sedangkan arus kas masuk per tahun PLTS yaitu sebesar Rp 1.642.350.02,-

Berikut adalah alur kas dari sistem pengairan hidroponik menggunakan pompa air panel surya:

Tabel 4.4 Perhitungan Net Cash Flow

Tahun	Factor diskonto	Kas masuk/thn (Rp)	Kas keluar /thn (Rp)	PVNCf	Kumulatif PVNCf(Rp)
Biaya investasi awal = Rp 12.400.000					
1	0,9546	1642350	124000	1449416,91	1449416,91
2	0,9113	1642350	124000	1383672,355	2833089,265
3	0,87	1642350	124000	1320964,5	4154053,765
4	0,8305	1642350	124000	1260989,675	5415043,44
5	0,7929	1642350	124000	1203899,715	6618943,155
6	0,7569	1642350	124000	1149239,115	1449417,91
7	0,7226	1642350	124000	1097159,71	2546577,62
8	0,6898	1642350	124000	1047357,83	3593935,45
9	0,6585	1642350	124000	999833,475	4593768,925
10	0,6287	1642350	124000	954586,645	5548355,57
11	0,6002	1642350	124000	911313,67	6459669,24
12	0,5729	1642350	124000	869862,715	7329531,955
13	0,547	1642350	124000	830537,45	8160069,405
14	0,5222	1642350	124000	792882,37	8952951,775

15	0,4985	1642350	124000	756897,475	9709849,25
16	0,4759	1642350	124000	722582,765	10432432,02
17	0,4543	1642350	124000	689786,405	11122218,42
18	0,4337	1642350	124000	658508,395	11780726,82
19	0,414	1642350	124000	628596,9	12409323,72
20	0,3952	1642350	124000	600051,92	13009375,64
21	0,3773	1642350	124000	572873,455	13582249,09
22	0,3602	1642350	124000	546909,67	14129158,76
23	0,3439	1642350	124000	522160,565	14651319,33
24	0,3283	1642350	124000	498474,305	15149793,63
25	0,3134	1642350	124000	475850,89	15625644,52

Sehingga dengan biaya investasi awal (II) Rp 12.400.000 maka besar nilai NPV, yaitu :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - II$$

$$NPV = \text{Rp } 15.625.644,52,- - \text{Rp } 12.400.000,-$$

$$= \text{Rp } 3.225.644,52,-$$

Hasil perhitungan dengan NPV bernilai positif sebesar Rp 3.225.644,52,- (NVP>0)

4.8.7 Profitability Index (PI)

Besar nilai Profitability Index di perhitungkan sebagai berikut :

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t(1+i)^{-t}}{II}$$

$$PI = \frac{Rp\ 15.625.644,52,-}{Rp\ 12.400.000,00,-}$$

$$PI = 1,26$$

Hasil perhitungan Profitability Index yang bernilai 1,26 (>1).maka bernilai positif.

4.8.8 Discounted Payback Period (DPP)

Berdasarkan arus kas bahwa pada tahun ke- 25, melebihi nilai investasi awal. Selisih Kumulatif PVNCF tahun ke -25 dengan investasi awal adalah sebesar Rp 4.640.106. Maka waktu yang diperlukan yaitu :

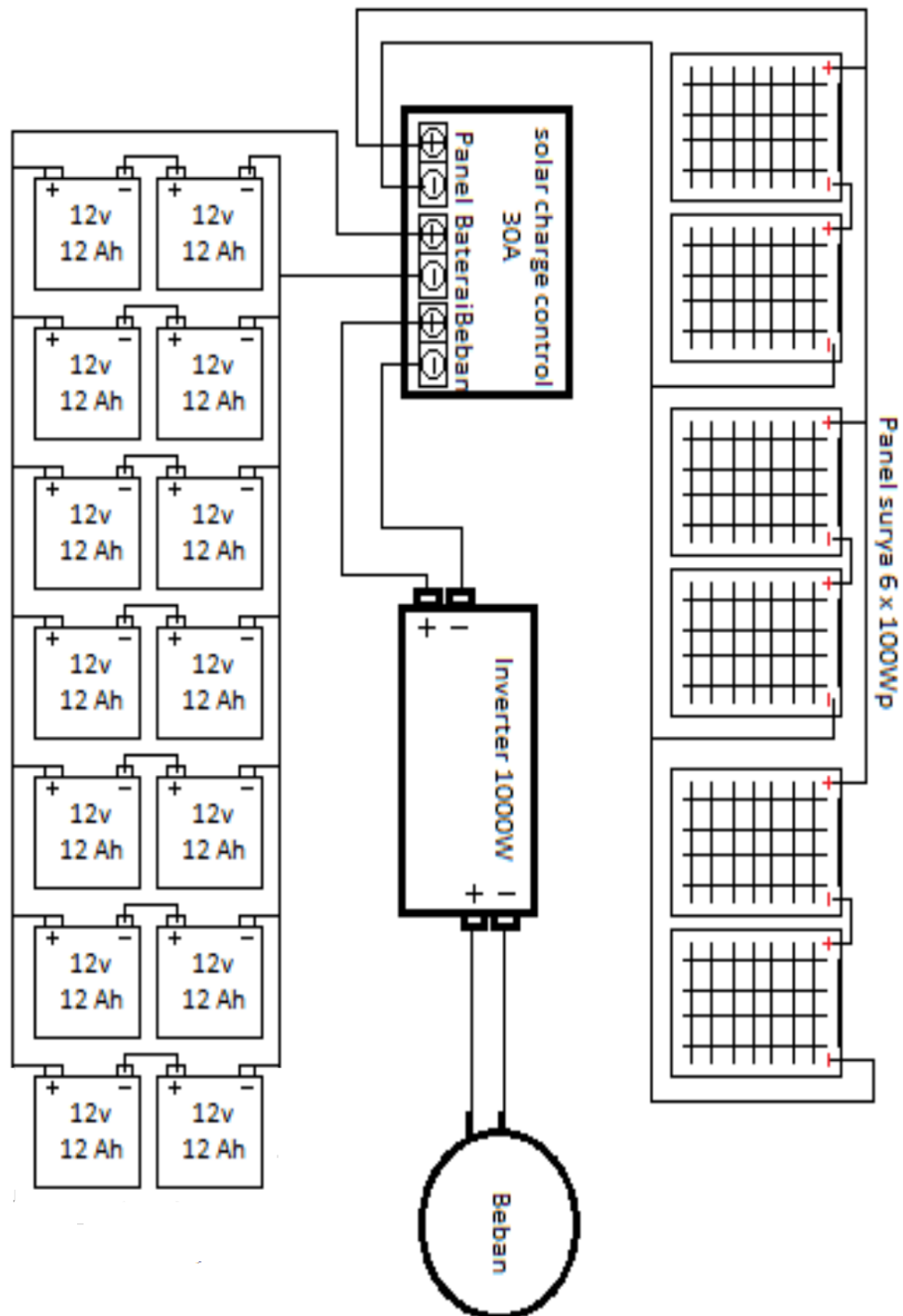
$$DPP = \text{year before recovery} + \frac{\text{investasi awal}}{NVP \text{ kumulatif}}$$

$$DPP = 19 + \frac{12.400.000}{12409323,72}$$

$$DPP = 19 + 0,99$$

Maka didapat kan nilai 0,98 dari 12 bulan adalah 11-12 bulan, dihasilkan DPP sebesar ±20 tahun nilai ini dibawah nilai tahun pengembalian final, maka dinyatakan layak.

Gambar4.2 Rangkaian PLTS pompa air hidroponik



4.9 Perhitungan Biaya Penggunaan Listrik PT.PLN (Persero)

Gambar 4.3 Tarif tenaga listrik kuartal januari-maret 2020



**PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)
BULAN JANUARI - MARET 2020**

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
5.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.467,28	1.467,28
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
7.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
12.	P-3/TR		*)	1.467,28	1.467,28
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP.}$
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

****) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.}$
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

*****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kalistrkan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.
 LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

(sumber, www.google.com)

Jika menggunakan pompa air dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk	ATMAN series
Model	AT – 105
Power	50 Watt
Tinggi Maksimum	3.0 meter
Daya Maksimum	3000 liter/jam

Jika dihitung pemakaian selama 24 jam/Hari maka:

$$50\text{watt} \times 24 \text{ jam} = 1200\text{Wh}$$

$$\text{Total daya} = 1,2\text{kWh}$$

Maka:

$$1,2 \times \text{Rp } 1.467,28,- \text{ (untuk golongan 1300VA)}$$

$$= \text{Rp } 1.760,73,-/\text{hari}$$

Biaya perbulan

$$\text{Rp } 1.760,73,- \times 30 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 52.822,08,-/\text{bulan}$$

Biaya pertahun

$$\text{Rp } 52.822,08,- \times 12 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp } 633.864,96,-/\text{tahun}$$

Biaya selama 25 tahun

$$\text{Rp } 633.864,96,- \times 25 \text{ tahun}$$

$$= \text{Rp. } 15.846.624,-$$

Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa perbandingan biaya antara penggunaan panel surya dengan penggunaan listrik dari PT.PLN (persero) sebesar:

Penggunaan Panel Surya:

Biaya investasi awal + kas keluar selama 25 tahun

$$\text{Rp } 12.400.000 + \text{Rp } 3.100.000$$

$$= \text{Rp } 15.500.000,00,-$$

Penggunaan listrik dari PT.PLN(persero)

$$= \text{Rp } 15.846.624,00,-$$

Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan panel surya lebih kecil di banding penggunaan listrik dari PT.PLN (persero) dan di nyatakan layak.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan PLTS pompa air hidroponik dengan teknik NFT (*Nutrient film technique*), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan, estimasi total kebutuhan energi harian pompa air hidroponik dengan teknik NFT (*Nutrient film technique*), sebesar 1920Watt/1,92 kWh per hari dengan daya yang dibangkitkan sebesar 508 Wp. Sehingga daya yang dibangkitkan PLTS sebesar 600 Wp.
2. Pada PLTS pompa air hidroponik direncanakan terdapat 1(satu) rangkaian array yang menghasilkan daya sebesar 508Wp, sehingga total panel surya berjumlah 6 unit.
3. Total investasi awal meliputi meliputi biaya umum, harga perkomponen yang di butuhkan, serta pekerjaan biaya pemasangan untuk PLTS pompa air hidroponik, menggunakan dana sebesar Rp.12.400.000,00,-
4. Penggunaan anggaran terbesar yaitu pengadaan sistem baterai dengan nilai Rp.6.000.000,00 atau 48,36%, sedangkan penggunaan anggaran terkecil yaitu pada pengadaan sistem kabel dan soket penghubung dengan besaran nilai Rp.100.000,00 atau 0,80% .
5. Total biaya pemeliharaan dan operasional untuk PLTS pompa air hidroponik sebesar Rp.124.000,00 setiap tahunnya. Besar nilai sekarang

(present value) untuk biaya pemeliharaan dan operasional (MPW) PLTS pompa air hidroponik selama umur proyek 25 tahun dengan tingkat diskonto 4,75% adalah sebesar Rp 2.020.828.00,-. Berdasarkan biaya investasi awal (I) dan perhitungan MPW maka biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS pompa air hidroponik selama umur proyek 25 tahun adalah sebesar Rp 14.420.828.00,-

6. Perhitungan biaya energi (cost of energy) suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), factor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan. Biaya energi (cost of energy) PLTS pompa air hidroponik sebesar *Rp 1.126,41/kWh*
7. Hasil analisis kelayakan investasi yaitu: Net Present (NPV) yang bernilai positif sebesar Value Rp3.225.644,52,- Profitability Index (PI) yang bernilai 1,26, dan Discounted Payback Period (DPP) sekitar 20 tahun. Dengan ketiga teknik analisis, menunjukkan bahwa investasi PLTS pompa air hidroponik dengan teknik NFT (*nutrition film technique*) termasuk layak untuk dilaksanakan.

5.2. Saran

Dari analisa dan pembahasan serta kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini, saran yang dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Perlu kajian tentang penggunaan sistem PLTS yang lain, yang dimana pada komponen yang dijadikan rancangan sistem PLTS menjadi lebih ekonomis dan baik untuk di implementasikan.
2. Data yang diperlukan sebisa mungkin sesuai dengan keperluan yang harus diperhitungkan agar hasil yang didapat sesuai dengan yang direncanakan.
3. Melakukan perencanaan PLTS pompa air hidroponik di tempat lain untuk melihat kelayakan dari implementasi sistem PLTS dengan melihat pertumbuhan beban.
4. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut agar waktu pengembalian modal lebih cepat, sehingga menarik bagi siapa saja yang mengembangkan PLTS sebagai energi.
- 5 Untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari yang maksimum, sebaiknya modul surya dipasang dengan menggunakan alat yang biasa mengikuti arah matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- . W. N. (2019). Rancang Bangun Solar Sel Pada Gedung Perkantoran Sebagai Energi Listrik Alternatif (Studi Kasus : Gedung Kantor Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sintang Provinsi Kalimantan Barat). *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, (Vol 1, No 1 (2019): Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN), 1–9. Retrieved from <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/32141>
- Sandro Putra, C. R. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 6(1), 23.4.
- Ramadhan, S. ., & Rangkuti, C. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti. *Seminar Nasional Cendekiawan 2016*, 1–11. Retrieved from <http://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/jetri/article/view/1445>
- Kossi, V. R. (2018). Perencanaan PLTS Terpusat (Off-Grid) Di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. *Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN*, 2(1).
- Abit Duka, E. T., Setiawan, I. N., & Ibi Weking, A. (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung. *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), 67. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p09>
- Nafis, S., Aman, M., & Hadiyono, A. (2015). Tenaga Surya Pada Sistem Ketenaga listrikan NIAS The Economic Analysis Of Solar System Power Plant. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 14(2), 83–94.
- Ariani, W. D., & Winardi, B. (2014). Analisis Kapasitas Dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara. *Transient*, 3 No.2(Juni 2014), 158.
- Multi, A. (2018). Rancangan Sistem Penerangan Gedung Bertingkat Menggunakan PLTS, (May).
- Harahap, P. (2019). Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan Plts Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan. *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, 2(1), 152–157.
- Sihotang, G. H. (n.d.). PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP DI HOTEL KINI PONTIANAK Ganda Hartawan Sihotang.
- Sianipar, R. (2014). Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, 11(2), 61–78.

Hasibuan, A. R. (2019). *Efisiensi Output Panel Surya Terhadap Perubahan Temperatur Menggunakan Simulasi Cahaya Lampu Sebagai Sumber Cahaya Pengganti Matahari.*

ANALISA BIAYA PERENCANAAN SISTEM PENGAIRAN HIDROPONIK TEKNIK N.F.T (Nutrient Film Technique) MENGGUNAKAN POMPA AIR BERBASIS SOLAR PANEL DIBANDINGKAN DENGAN PENGGUNAAN LISTRIK DARI PT.PLN(Persero)

Krisnandar

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
Jl. Kapten Muchtar Basri, BA No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238

Abstrak — PLTS pompa air hidroponik memiliki kapasitas setara 600 Wp dengan jumlah total beban sebesar 1920 Wh atau setara 1,92kwh. Untuk mengetahui tingkat daya-guna PLTS pompa air hidroponik ditinjau dari kapasitas sistem PLTS dalam melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pompa air yang nanti digunakan sebagai pompa air hidroponik dengan teknik NFT, perlu melakukan studi dan meneliti tentang unjukkerja dari PLTS pompa air dengan mengevaluasi daya yang dibangkitkan PLTS tersebut, menghitung kapasitas komponen PLTS yang terpasang, serta analisis kelayakan investasi PLTS pompa air dengan metode : Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), dan Payback Periode. Berdasarkan hasil evaluasi kapasitas komponen-komponen PLTS Siding masih layak digunakan untuk pelayanan beban. Perhitungan biaya investasi awal untuk PLTS pompa air hidroponik sebesar Rp. 12.400.000,00,- diperoleh biaya energi (cost of energy) PLTS Siding sebesar Rp. 2.343.53,-/kWh. Dengan memaksimalkan pemanfaatan PLTS pompa air ini maka di dapat perbandingan per kWh selama 25 tahun sebesar Rp 15.500,000,00,- (untuk penggunaan PLTS) dan Rp 15.846.624,00,- (untuk penggunaan listrik dari PT.PLN(persero)). Hasil analisis kelayakan investasi menunjukkan bahwa investasi PLTS pompa air sebagai sumber tenaga listrik untuk kebutuhan hidroponik termasuk layak untuk dilaksanakan.

Kata kunci : PLTS , Pompa air, Hidroponik, panel surya

Abstract — The hydroponic water pump PLTS has a capacity equivalent to 600 Wp with a total load of 1920 Wh or equivalent to 1.92kwh. To find out the level of utility of PLTS hydroponic water pumps in terms of the capacity of the PLTS system in serving the electricity needs for water pumps which will be used as hydroponic water pumps with NFT techniques, it is necessary to conduct studies and research on the performance of PLTS water pumps by evaluating the power generated by the PLTS, reveal the installed capacity of PLTS components, as well as analysis of the feasibility of investing in PLTS water pumps using the methods: Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), and Payback Period. Based on the results of the evaluation of the capacity of the PLTS Siding components, it is still feasible to be used for load services. The initial investment cost calculation for PLTS hydroponic water pump is Rp. 12,400,000.00, -with the energy cost (cost of energy) of PLTS Sidings of Rp. 2,343.53, - / kWh. By maximizing the use of PLTS water pump, a comparison per kWh for 25 years is Rp. 15,500,000.00 (for the use of PLTS) and Rp. 15,846,624.00 (for electricity use from PT PLN (Persero)) The results of the investment feasibility analysis show that the investment of PLTS water pump as a source of electricity for hydroponic needs is feasible.

Keywords: PLTS, water pump, hydroponics, solar panels

I. PENDAHULUAN

Perkembangan era modern pada saat ini mempunyai dampak banyaknya eksploitasi sumber energi fosil. Banyak diketahui cadangan energi fosil semakin lama semakin menipis sehingga menyebabkan terjadinya kelangkaan energi, terutama kebutuhan energi listrik yang setiap tahun semakin meningkat. Sekarang sumber energi terbarukan sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Sumber energi terbarukan yang bersumber dari potensi alam seperti

panas bumi, tenaga matahari, angin, air dan lautan.

Perkembangan energi terbarukan di Indonesia sudah cukup banyak untuk menggantikan sumber energi konvensional seperti PLTA, PLTU, PLTD, PLTS, PLTGU yang menggantikan sumber energi yang berasal dari minyak bumi dan batubara. Indonesia merencanakan sumber energi terbarukan menjadi sumber utama supaya mengurangi pemakaian sumber energi yang tidak dapat diperbarui. Pemerintah Indonesia mengumumkan proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)

dengan kapasitas total 250 megawatt (MW). Pemerintah menetapkan harga listrik surya dikisaran US\$ 14.5 sen per kilowatt hour (kWh) hingga mencapai lebih dari US\$ 20 sen per kWh. Negara Indonesia menerima energi surya dengan radiasi harian rata-rata per satuan luas per satuan waktu sebesar kira-kira 4.8 kilowatt/m². Indonesia membutuhkan energi terbarukan yang bersih dan ramah lingkungan karena pemerintah sudah mempersiapkan 270 hektar untuk dipakai sebagai lahan pembangkit terbarukan.

Energi matahari bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik terbarukan dengan menggunakan sel surya atau di kenal dengan istilah panel surya atau photovoltaic. Panel surya adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi yang diperkenalkan sebagai Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) atau secara umum dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik (PLTS Fotovoltaik). Dibandingkan energi konvensional pada umumnya sistem energi surya terkesan rumit, mahal dan sulit untuk dioperasikan. Namun pemerintah sudah lebih dari 15 tahun operasional di beberapa wilayah Indonesia. Sistem Energi Surya merupakan sistem yang mudah dalam pengoperasiannya serta memerlukan biaya operasional dan pemeliharaan yang cukup rendah. Pemanfaatan panel surya bisa digunakan pada sektor pertanian atau perkebunan, baik pertanian dengan skala yang kecil ataupun besar.

Dalam perkembangan ilmu pertanian sistem hidroponik mulai banyak di kenalkan pada masyarakat yaitu sistem bercocok tanam dengan menggunakan media berupa air yang ditambahkan sebuah nutrisi, dalam pengembangan sistem hidroponik ada dikenal dengan teknik N.F.T (Nutrient film technique) yaitu dimana nutrisi dialirkan terus menerus menggunakan pompa dengan air yang dangkal. Pada teknik ini penggunaan pompa air yang terus menerus mengakibatkan pengeluaran biaya penggunaan listrik

PLN yang tidak sedikit dan kemudian akan sedikit memberatkan para petani hidroponik. Untuk itu pemanfaatan energi terbarukan (renewable energy) dirasa sangat tepat untuk menggantikan penggunaan listrik konvensional, disamping untuk mengurangi pengeluaran biaya listrik, energi terbarukan juga dapat mendukung terciptanya green energy dan mengurangi penggunaan listrik energi fosil yang semakin menipis. penggunaan energi matahari (solar panel) merupakan pilihan yang tepat dikarenakan penyinaran matahari yang berlangsung antara 7 sampai 8 jam sehari merupakan potensi yang baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Solar panel di definisikan sebagai teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik dari suatu bahan semikonduktor ketika terkena paparan sinar matahari. Solar panel terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. dengan menggunakan prinsip yang disebut efek photovoltaic. Efek photovoltaic itu sendiri adalah suatu fenomena di mana muncul tegangan listrik karena adanya suatu hubungan atau kontak dari dua elektroda, dimana keduanya dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itulah, solar panel sering disebut juga dengan sel photovoltaic (PV). Efek photovoltaic ini ditemukan pertama kali oleh Henri Becquerel pada tahun 1839.

Solar Panel



Pada dasarnya, solar panel ini merupakan dioda foto yang mempunyai permukaan yang sangat besar. Permukaan solar panel yang luas, mampu menjadikan

perangkat solar panel ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan juga menghasilkan tegangan dan arus yang lebih kuat dari dioda foto pada umumnya. Contohnya, sebuah solar panel yang terbuat dari semikonduktor silikon saat terkena cahaya matahari mampu menghasilkan tegangan sebesar 0,5V dan arus sebesar 0,1A. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi performa dari solar panel adalah bahan pembuatnya, resistansi beban, intensitas cahaya matahari, dan suhu atau temperatur. Hal-hal tersebut perlu diperhatikan. Saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah solar panel (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Sel silikon di dalam solar panel yang disinari matahari/ surya. Saat ini, banyak yang telah mengaplikasikan perangkat solar cell ini ke berbagai jenis penggunaan. Perangkat solar panel ini sering kita jumpai sebagai sumber listrik untuk kalkulator, mainan, pengisi baterai hingga ke pembangkit listrik, dan bahkan sebagai sumber listrik untuk menggerakkan satelit yang mengorbit bumi.

Battery Charger merupakan otak pengaturan sistem pengisian dari solar panel yang didesain multi fungsi. Charger bisa difungsikan sistem normal atau *auto load*. Pada posisi normal tegangan keluaran tetap bekerja walaupun pada saat pengisian dari solar panel maupun tanpa pengisian. Posisi *auto load* tegangan keluaran load tidak akan bekerja selama tegangan/ arus dari solar panel mengisi baterai. *solar charger controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti.

Mengingat PLTS sangat tergantung pada kecukupan energi matahari yang diterima panel surya, maka diperlukan media penyimpanan energi sementara bila sewaktu-waktu panel tidak mendapatkan cukup sinar matahari atau untuk penggunaan listrik malam hari. Baterai harus ada pada sistem PLTS terutama tipe Off Grid. Beberapa teknologi baterai yang umum dikenal adalah lead acid, alkalin, Ni-Fe, Ni-Cad dan Li-ion. Masing-masing jenis baterai memiliki kelemahan dan kelebihan baik dari segi teknis maupun

ekonomi (harga). Baterai lead acid dinilai lebih unggul dari jenis lain jika mempertimbangkan kedua aspek tersebut. Baterai lead acid untuk sistem PLTS berbeda dengan baterai lead acid untuk operasi starting mesin-mesin seperti baterai mobil. Pada PLTS, baterai yang berfungsi untuk penyimpanan (storage) juga berbeda dari baterai untuk buffer atau stabilitas. Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan deep cycle lead acid, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (discharge) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah panel surya dan inverter. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan. Atau dampak yang paling minimal adalah baterai tidak dapat dioperasikan sesuai kapasitasnya.

Power Inverter atau biasanya disebut dengan Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari Power Inverter tersebut dapat berupa Baterai, maupun Solar panel. Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan baterai ataupun Solar panel untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar pompa. Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidrolik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan-peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka fluida akan

naik dari kedalaman tertentu, Sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi discharge akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan.

Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama kehidupannya. Pada sistem PLTS, biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian baterai.

Biaya investasi awal PLTS pompa air berbasis solar panel mencakup biaya-biaya seperti: biaya peralatan, biaya pekerjaan. Biaya-biaya tersebut merupakan nilai kontrak untuk pembangunan PLTS pompa air berbasis solar panel. Faktor diskonto (Discount factor) adalah faktor yang digunakan untuk menilaisekarangkan penerimaan- penerimaan di masa mendatang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran pada masa sekarang.

Net Present Value (NPV) menyatakan bahwa seluruh aliran kas bersih dinilai sekarang atas dasar faktor diskon (discount factor). Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut:

- Investasi dinilai layak, apabila Net Present Value (NPV) bernilai positif (> 0).
- Investasi dinilai tidak layak, apabila Net Present Value (NPV) bernilai negative (< 0).

Profitability Index merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Teknik ini juga sering disebut dengan model rasio manfaat biaya (benefit cost ratio). Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut:

- Investasi dinilai layak, apabila Profitability Index (PI) bernilai lebih besar dari satu (> 1).
- Investasi dinilai tidak layak, apabila Profitability Index (PI) bernilai lebih kecil dari satu (< 1).

Payback Periode adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Kriteria pengambilan

keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah :

- Investasi dinilai layak, apabila DPP memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek (periode cutoff).
- Investasi dinilai tidak layak, apabila DPP memiliki periode waktu lebih panjang dari umur proyek (periode cutoff).

III. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Studi Literatur yaitu dengan mempelajari teori dasar energi matahari, jaringan listrik, photovoltaic, elektronika dasar khususnya melalui buku-buku, jurnal-jurnal, majalah ilmiah, tesis, browsing internet, maupun referensi lain yang dapat dijadikan landasan teori.

- Observasi, dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan seperti data beban, modul/array, baterai/aki, inverter dan charge controller.

- Perhitungan dan analisis pembahasan

Analisis data yang dilakukan dengan mengolah data berdasarkan aspek teknis dan aspek biaya sebagai berikut:

1. Menghitung energi listrik yang akan disuplai dari PLTS.
2. Menghitung Area Array
3. Menghitung jumlah panel surya
4. Menghitung kapasitas inverter harga saat ini, kemudian menghitung

kelayakan biaya investasi PLTS menggunakan metoda NPV, PI dan DPP. Menghitung biaya energi PLTS meliputi:

1. Biaya Siklus Hidup (LCC)
2. Faktor Pemulihan Modal
3. Biaya energi PLTS

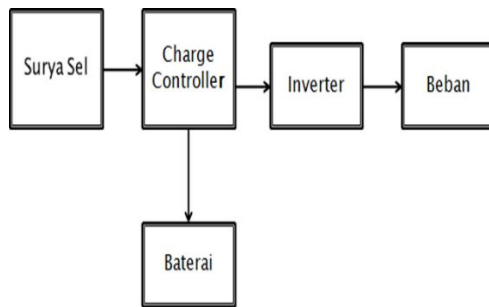
Menganalisa kelayakan investasi PLTS dengan cara:

1. Menghitung NPV
2. Menghitung PI
3. Menghitung DPP

- Membuat simpulan dan saran.

Sistem PLTS untuk pompa air hidroponik sama atau tidak jauh beda dengan sistem PLTS lainnya. Dimana sumber energinya dari tenaga surya, yang ditangkap oleh modul surya, untuk diubah menjadi energi listrik. Dari modul surya energi listrik ditampung oleh baterai. Kemudian energi listrik bisa digunakan dengan beban DC.

Blok Diagram



IV. PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, sistem sirkulasi pengairan pada pertanian model hidroponik yang akan menjadi objek, hidroponik seperti yang di ketahui membutuhkan sirkulasi air terus menerus selama 24 jam. Dengan daya maksimum sebesar 3000 liter/jam dapat melakukan pemompaan sirkulasi air idealnya sampai 190–200 lubang tanaman hidroponik. Dengan sirkulasi terus menerus selama 24 jam, maka akan menghabiskan daya listrik sebesar 50 watt x 24 jam = 1200 Wh/1,2kWh

Cadangan energi = 30% x daya listrik perhari
 = 30% x 1200Wh
 = 360Wh

Rugi – rugi sistem + jtr = 30% x daya listrik perhari

$$= 30\% \times 1200\text{Wh} \\ = 360\text{Wh}$$

Total daya yang dibutuhkan = cadangan energi + rugi – rugi sistem + daya listrik per hari
 = 360 + 360 + 1200
 =

1920Wh/1,92kWh

Estimasi kebutuhan listrik pada pompa air hidroponik sebesar 1920Wh/hari

Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (Wattpeak) dengan area array adalah 3,1761 m², Peak Sun Insolation (PSI) adalah 1000W/m² dan efisiensi panel surya adalah 16%, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (Wattpeak) sebagai berikut :

$$P \text{ wattpeak} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{PV} [\text{Watt}] \\ = 3,1761 \times 1000 \times 0,16 \\ = 508 \text{ Wattpeak}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, estimasi total kebutuhan energi harian untuk pompa air hidroponik sebesar 1,920kWh per hari dengan daya yang dibangkitkan sebesar 508 Wattpeak. Sehingga untuk dapat memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut diperlukan PLTS dengan daya yang dibangkitkan sebesar 600Wp.

Menghitung Jumlah Panel Surya

Panel surya yang dipergunakan sebagai acuan adalah panel surya yang terpasang pada PLTS Terpusat. Panel surya ini memiliki spesifikasi PMPP sebesar 100Wp per panel.

$$\text{jumlah panel surya} = P_{\text{wattpeak}} / P_{\text{mpp}} \\ = 600 / 100 \\ = 6 \text{ unit}$$

- Menghitung Kapasitas Charge controller
 Kapasitas Charge controller pada array adalah sebesar:

$$\text{Capacity charger controller} = (\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}) / (\text{system voltage}) \\ = (600 \times 1,25) / 35 \\ = 21,42 \text{ Ampere}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas Charge controller yang terpasang pada PLTS pompa air hidroponik minimum 21,42 Ampere atau lebih.

- Menghitung Kapasitas Baterai

Untuk menentukan kapasitas baterai yang akan digunakan, harus ditentukan terlebih dahulu besarnya arus yang diperlukan.

Total Charge (Amp-hours) = energi / sistem voltage

$$= 1920 \text{ Wh} / 24 \text{ volt} \\ = 80 \text{ Ah per hari.}$$

system charging current = (total charger) / (solar insolation value)

$$\text{system charging current} = (80 \text{ Ah}) / 4,1 \\ = 19,51 \text{ A}$$

Battery capacity = system charging current (reserve days) / DoD

$$\text{Battery capacity} = 19,51 (2 \text{ days}) / (50\%)$$

$$\text{Battery capacity} = 78,04 \text{ A}$$

Dengan kapasitas baterai 78,04 Ah dan menggunakan baterai 12 V berkapasitas 12 Ah, maka diperoleh jumlah baterai sebagai berikut :

Jumlah baterai = 78,04/12 = 6,50 baterai dibulatkan menjadi 7 baterai. Dikarenakan baterai yang umum dipasaran memiliki tegangan terminal 12 V maka untuk memperoleh tegangan terminal 24 V, baterai tersebut akan dihubungkan secara seri. Dengan demikian jumlah total baterai yang akan di gunakan adalah:

$$\text{Total baterai yang digunakan} = \text{jumlah baterai} \times 2 \\ = 7 \times 2 = 14.$$

- Menghitung Kapasitas Inverter

Pada sistem pengairan hidroponik menggunakan pompa air panel surya terdapat satu unit inverter dengan kapasitas :

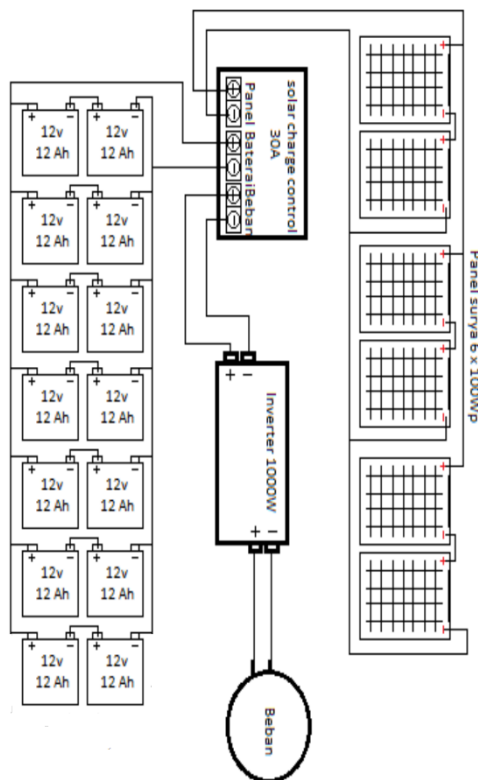
$$\text{Capacity of inverter} = \text{Demand watt} \times \text{safety factor} \\ = 600 \times 1,25 [\text{Watt}] \\ = 750 \text{ watt}$$

Kapasitas inverter yang terdapat dipasaran mendekati perhitungan kapasitas inverter adalah sebesar 1000Watt.

- Analisis Biaya Dan Kelayakan Investasi

Biaya Operasional dan Pemeliharaan PLTS (Rp)	Rp 166.850.00,-
Biaya Siklus Hidup (LCC)	
Umur Proyek (tahun)	25
Suku Bunga (%)	4,75%
Biaya pemeliharaan & operasional	Rp 2.719.154.00,-
Total Biaya Siklus Hidup Selama 25 Tahun (Rp)	Rp19.569.154.00,-
Biaya energi (cost of energy)	Rp 1.711.00,-
Analisa kelayakan investasi	
Net present value	Rp 4.640.106.00,-
Profitability index	1,27
Discount payback periode	±18 tahun

- Gambar rangkain perencanaan



- Perbandingan biaya penggunaan solar panel dengan listrik dari PT.PLN(persero)

Jika dihitung pemakaian selama 24 jam/Hari maka:

$$50\text{watt} \times 24 \text{ jam} = 1200\text{Wh}$$

$$\text{Total daya} = 1,2\text{kWh}$$

Maka:

$$1,2 \times \text{Rp } 1.467,28,- \text{ (untuk golongan 1300VA)} = \text{Rp } 1.760,73,-/\text{hari}$$

Biaya perbulan

$$\text{Rp } 1.760,73,- \times 30 \text{ hari} = \text{Rp } 52.822,08,-/\text{bulan}$$

Biaya pertahun

$$\text{Rp } 52.822,08,- \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp } 633.864,96,-/\text{tahun}$$

Biaya selama 25 tahun

$$\text{Rp } 633.864,96,- \times 25 \text{ tahun} = \text{Rp. } 15.846.624,-$$

Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa perbandingan biaya antara penggunaan panel surya dengan penggunaan listrik dari PT.PLN (persero) sebesar:

Penggunaan Panel Surya:

Biaya investasi awal + kas keluar selama 25 tahun

$$\text{Rp } 12.400.000 + \text{Rp } 3.100.000$$

$$= \text{Rp } 15.500.000,00,-$$

Penggunaan listrik dari PT.PLN(persero)

$$= \text{Rp } 15.846.624,00,-$$

Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan panel surya lebih kecil di banding penggunaan listrik dari PT.PLN (persero) dan di nyatakan layak.

V. Penutupan

Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan PLTS pompa air hidroponik dengan teknik NFT (Nutrient film technique), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil perhitungan, estimasi total kebutuhan energi harian pompa air hidroponik dengan teknik NFT (Nutrient film technique), sebesar 1920Watt/1,92 kWh per hari dengan daya yang dibangkitkan sebesar 508 Wp. Sehingga daya yang dibangkitkan PLTS sebesar 600 Wp.
- Pada PLTS pompa air hidroponik direncanakan terdapat 1(satu) rangkaian array yang menghasilkan daya sebesar 508Wp, sehingga total panel surya berjumlah 6 unit.
- Total investasi awal meliputi meliputi biaya umum, harga perkomponen yang

di butuhkan, serta pekerjaan biaya pemasangan untuk PLTS pompa air hidroponik, menggunakan dana sebesar Rp.12.400.000,00,-

- Penggunaan anggaran terbesar yaitu pengadaan sistem baterai dengan nilai Rp.6.000.000,00 atau 48,36%, sedangkan penggunaan anggaran terkecil yaitu pada pengadaan sistem kabel dan soket penghubung dengan besaran nilai Rp.100.000,00 atau 0,80% .
- Total biaya pemeliharaan dan operasional untuk PLTS pompa air hidroponik sebesar Rp.124.000,00 setiap tahunnya. Besar nilai sekarang (present value) untuk biaya pemeliharaan dan operasional (MPW) PLTS pompa air hidroponik selama umur proyek 25 tahun dengan tingkat diskonto 4,75% adalah sebesar Rp 2.020.828.00,-. Berdasarkan biaya investasi awal (I) dan perhitungan MPW maka biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS pompa air hidroponik selama umur proyek 25 tahun adalah sebesar Rp 14.420.828.00,-
- Perhitungan biaya energi (cost of energy) suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), factor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan. Biaya energi (cost of energy) PLTS pompa air hidroponik sebesar Rp 1.126,41/kWh. Hasil analisis kelayakan investasi yaitu: Net Present (NPV) yang bernilai positif sebesar Value Rp3.225.644,52,- Profitability Index (PI) yang bernilai 1,26, dan Discounted Payback Period (DPP) sekitar 20 tahun. Dengan ketiga teknik analisis, menunjukkan bahwa investasi PLTS pompa air hidroponik dengan teknik NFT (nutrition film technice) termasuk layak untuk dilaksanakan.

Saran

Dari analisa dan pembahasan serta kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini, saran yang dapat dikemukakan sebagai berikut:

- Perlu kajian tentang penggunaan sistem PLTS yang lain, yang dimana pada komponen yang dijadikan rancangan sistem PLTS menjadi lebih ekonomis dan baik untuk di implementasikan.
- Data yang diperlukan sebisa mungkin sesuai dengan keperluan yang harus

diperhitungkan agar hasil yang didapat sesuai dengan yang direncanakan.

- Melakukan perencanaan PLTS pompa air hidroponik di tempat lain untuk melihat kelayakan dari implementasi sistem PLTS dengan melihat pertumbuhan beban.
- Perlu dilakukan kajian lebih lanjut agar waktu pengembalian modal lebih cepat, sehingga menarik bagi siapa saja yang mengembangkan PLTS sebagai energi.
- Untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari yang maksimum, sebaiknya modul surya dipasang dengan menggunakan alat yang biasa mengikuti arah matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- . W. N. (2019). Rancang Bangun Solar Sel Pada Gedung Perkantoran Sebagai Energi Listrik Alternatif (Studi Kasus : Gedung Kantor Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sintang Provinsi Kalimantan Barat). Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, (Vol 1, No 1 (2019): Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN), 1–9. Retrieved from <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/32141>
- Sandro Putra, C. R. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal. Seminar Nasional Cendekiawan, 6(1), 23.4.
- Ramadhan, S. ., & Rangkuti, C. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti. Seminar Nasional Cendekiawan 2016, 1–11. Retrieved from <http://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/jetri/article/view/1445>
- Kossi, V. R. (2018). Perencanaan PLTS Terpusat (Off-Grid) Di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN, 2(1).
- Abit Duka, E. T., Setiawan, I. N., & Ibi Weking, A. (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung. Jurnal SPEKTRUM, 5(2), 67. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p09>
- Nafis, S., Aman, M., & Hadiyono, A. (2015). Tenaga Surya Pada Sistem Ketenaga listrikan NIAS The Economic

- Analysis Of Solar System Power Plant. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 14(2), 83–94.
- Ariani, W. D., & Winardi, B. (2014). Analisis Kapasitas Dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara. *Transient*, 3 No.2(Juni 2014), 158.
 - Multi, A. (2018). Rancangan Sistem Penerangan Gedung Bertingkat Menggunakan PLTS, (May).
 - Harahap, P. (2019). Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan Plts Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan. *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, 2(1), 152–157.
 - Sihotang, G. H. (n.d.). PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP DI HOTEL KINI PONTIANAK Ganda Hartawan Sihotang.
 - Sianipar, R. (2014). Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, 11(2), 61–78.
 - Hasibuan, A. R. (2019). Efisiensi Output Panel Surya Terhadap Perubahan Temperatur Menggunakan Simulasi Cahaya Lampu Sebagai Sumber Cahaya Pengganti Matahari.

BIODATA PENULIS

N a m a : Krisnandar
Jenis Kelamin : Pria
Tempat / Tanggal Lahir : Aekhitetoras,9 September 1997
Status : Belum Nikah
A g a m a : Islam
Asal Ijazah Sekolah : Nama Sekolah Kota Sekolah Tahun Ijazah
SD : SD N 112316 Merbau 2009
SLTP : SMP N 2 Merbau Merbau 2012
SLTA : SMA N 1 Merbau Merbau 2015
N P M : 1507220044
Program Studi / Jurusan : Teknik Elektro
Alamat Rumah Saat di Medan : jl.Purwosari,gg baru no 15A Medan Timur
Medan
Alamat Rumah Asal : Dusun III,desa Aekhitetoras,kec Marbau
Kab Labuhan Batu Utara
No Telpon./HP : 0822 9476 3385
Email : krisnandar999@gmail.com
Nama Orang Tua : Subadi (ayah)
Sugiatik (ibu)
Pekerjaan Orang Tua : Petani
Alamat Orang Tua : Dusun III,desa Aekhitetoras,kec Marbau
Kab Labuhan Batu Utara



Medan, 11 November 2020
Penulis

Krisnandar

