

Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Catu Daya Pompa Air Submersible

Suratno¹, Bayu Dwi Cahyono²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75121
bayudcahyono.18642015@gmail.com

Abstrak- Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS) sangat bagus untuk digunakan di wilayah Indonesia yang memiliki potensi intensitas penyinaran matahari sebesar 207.8 GW serta memiliki sistem dan instalasi yang praktis. Pengguna PLTS di Indonesia jumlahnya terus meningkat terutama dalam skala rumah tangga. Namun sebagian besar masyarakat dihadapkan dengan berbagai macam permasalahan tentang bagaimana memilih panel surya dan komponen-komponen yang memiliki kualitas yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk merancang, mengetahui serta kemampuan menguji kualitas panel surya dengan membandingkan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel. Parameter yang menjadi tolak ukur dalam pengukuran adalah suhu pada permukaan panel surya dan iradiasi cahaya matahari untuk mengetahui kinerja dan menghitung nilai efisiensi panel surya. Berdasarkan acuan dan referensi yang digunakan, hasil dari perancangan ini menggunakan dua buah panel surya monocrystalline sebesar 320 Wattpeak dengan beban pompa air \pm 350 W. Efisiensi konversi energi matahari terbesar yang diperoleh adalah sebesar 37,64% dan efisiensi konversi terkecil adalah sebesar 9,91%. Dengan rata-rata efisiensi konversi energi terhitung antara 18,46 % sampai dengan 20,62 %. Efisiensi pompa air submersible yang disupai oleh sistem sebesar 77.3 %. Perancangan ini diharapkan mampu membantu para pembaca dalam proses pembelajaran dan dapat menjadi acuan dalam proses perencanaan.

Kata kunci: PLTS, Panel Surya, Iradiasi Matahari, Solar Charge Controller, Power Inverter, Baterai VRLA, Pompa Air Submersible.

I. PENDAHULUAN

Salah satu cara untuk mengatasi masalah kekeringan adalah dengan membangun desa mandiri air. Kekeringan sering terjadi ketika memasuki musim kemarau. Hal ini disebabkan belum adanya sistem distribusi air yang terintegrasi yang dapat menyimpan air bersih. Akan membutuhkan banyak biaya dan energi untuk memompa dan mendistribusikan air. Akan tetapi bagi masyarakat yang hidup di wilayah pelosok daerah, mobilisasi dan akses yang sulit mengakibatkan tidak adanya jaringan listrik yang mengalir menuju wilayah mereka untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Adanya permasalahan tersebut menjadikan sebuah investasi pengembangan jaringan listrik ataupun pembangunan pembangkit listrik baru menjadi tidak efektif, ditambah dengan adanya biaya operasional yang tidak murah mengakibatkan terhambatnya akses energi listrik di wilayah pelosok.

Pemerintah Republik Indonesia melalui Badan Riset dan Inovasi Nasional selaku lembaga pemerintah yang bertugas menyelenggarakan penelitian, pengembangan, pengkajian, dan

penerapan riset dan inovasi di Indonesia, telah menyiapkan riset prioritas energi baru terbarukan dalam Prioritas Riset Nasional 2020–2024. Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan diyakini dapat memberikan solusi energi dimasa depan dan memberikan banyak manfaat, tidak hanya untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional, namun juga manfaat bagi lingkungan. Pemanfaatan energi baru terbarukan diyakini akan mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan energi fosil, menggantinya dengan sumber energi yang tak akan habis seperti air, matahari, angin, laut, sampah, hingga biofuel.

Salah satu energi alternatif yang memiliki potensi terbesar di Indonesia adalah energi surya atau tenaga matahari. Kelebihan energi matahari adalah bebas dari polusi. Energi surya yang dimaksimalkan dapat memberikan fleksibilitas dalam menggerakkan generator untuk menyelesaikan proses produksi energi listrik yang mendesak sambil meminimalkan biaya. Teknologi ramah lingkungan ini sangat murah, solusi bagi daerah yang terkena dampak kekeringan, dan sulitnya mendapatkan air minum bersih. Teknologi energi terbarukan ini sangat bermanfaat bagi masyarakat yang kesulitan alam mengakses air bersih.

Perkembangan teknologi dalam waktu singkat telah mencapai perkembangan yang sangat pesat. Setelah banyak digunakan oleh perusahaan besar, teknologi fotovoltaiik kini semakin banyak digunakan dalam kebutuhan rumah dan lampu jalan. Memanfaatkan PLTS untuk keperluan modernisasi dalam berbagai bidang kehidupan dapat membantu masyarakat desa dalam mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi berbahan fosil.

Pemanfaatan energi matahari tidak memerlukan biaya yang cukup banyak karena sudah tersedia secara gratis. PLTS juga dapat dengan mudah dipindah–pindahkan sesuai kebutuhan. Pemanfaatan PLTS sebagai sumber untuk menggerakkan mesin pompa air memberikan alternatif untuk mengurangi biaya rutin penggunaan mesin pompa air yang bersumber dari PLN. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini akan melakukan rancang bangun sistem pembangkit listrik tenaga surya pada mesin pompa air submersible dengan menggunakan panel surya sebagai sumber energinya.

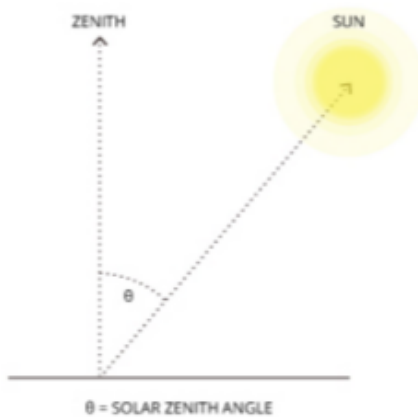
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi Matahari

Energi matahari merupakan sumber energi yang sangat penting dan dibutuhkan oleh bumi dan seluruh penghuninya. Energi surya berdampak di berbagai fenomena yang terjadi di bumi mulai dari pergantian musim, pergerakan arus laut,

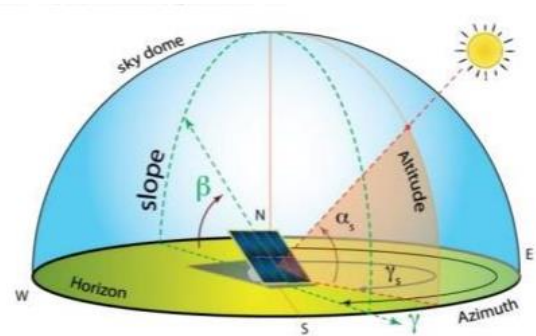
perubahan cuaca, pergantian iklim, radiasi matahari, fenomena aurora di kutub.

Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai solar irradiance atau iradiasi matahari yang diukur melalui besarnya energi surya pada suatu luas permukaan. Karakteristik sumber energi surya sangat penting dalam pengukuran performa dari fotovoltaik. Radiasi di permukaan bumi dapat dijelaskan melalui tiga komponen yaitu *Direct Normal Irradiance (DNI)*, *Diffuse Horizontal Irradiance (DHI)*, dan *Global Horizontal Irradiance (GHI)*. Untuk yang pertama adalah *Direct Normal Irradiance (DNI)*, DNI merupakan jumlah iradiasi pada matahari yang diterima oleh permukaan yang tegak lurus ataupun normal terhadap datangnya sinar dari arah matahari per satuan luas. Nilai DNI sangat dipengaruhi oleh sudut antara zenith atau sudut theta (θ) terhadap sinar matahari datang. Yang kedua adalah *Diffuse Horizontal Irradiance (DHI)*, DHI merupakan jumlah iradiasi matahari yang diterima per satuan luas yang tidak secara langsung akan tetapi terhamburkan (*scattered*) oleh partikel dan molekul di atmosfer. Dan komponen yang ketiga dan terakhir adalah *Global Horizontal Irradiance (GHI)*, GHI adalah jumlah radiasi matahari yang diterima pada permukaan horizontal.



Gambar 1. Sudut Zenith antara Permukaan Bumi dan Matahari [5]

Beberapa macam optimasi dapat dilakukan untuk mendapatkan iradiasi matahari yang lebih banyak diantaranya adalah mengatur kedudukan modul fotovoltaik, mengikuti pergerakan arah matahari, menentukan posisi sudut kemiringan, sudut deklinasi, pemilihan bujur dan lintang, sudut zenith, sudut datang matahari, sudut permukaan azimuth, serta sudut terhadap pergerakan arah matahari. Posisi relatif matahari yang berada di langit (*sky dome*) terhadap posisi modul fotovoltaik untuk mendapatkan energi yang maksimal disebut dengan istilah orientasi matahari.



Gambar 2. Orientasi Sudut antara Panel Surya dan Matahari [5]

Berlimpahnya sumber EBT tersebut memberikan peluang bagi Indonesia untuk mandiri secara energi serta memiliki ketahanan energi yang memadai. Potensi EBT khususnya energi surya untuk membangkitkan energi listrik mempunyai potensi yang cukup baik dan merata di seluruh wilayah Indonesia. Hal tersebut disebabkan oleh wilayah Indonesia secara astronomis berada disekitar garis khatulistiwa sehingga cahaya matahari tersedia sepanjang tahun. Keunggulan dari memanfaatkan energi surya adalah sumber energi tersebut mudah untuk didapatkan, ramah lingkungan, serta dapat digunakan di berbagai macam kondisi geografis.

Tabel 1. Potensi Sumber Energi Baru Terbarukan Di Indonesia [5]

No.	Jenis Energi Primer	Potensi
1.	Angin	60,60 GW
2.	Bioenergi	32,60 GW
3.	Energi Laut	17,90 GW
4.	Panas Bumi	28,50 GW
5.	Surya	207,8 GW
6.	Tenaga Angin	94,30 GW

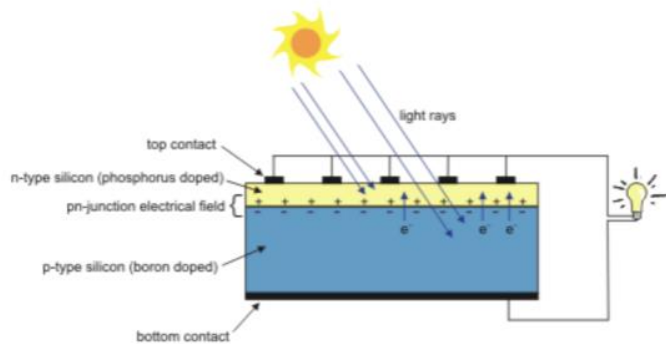
B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Energi surya merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial, dan karena matahari tidak pernah hilang dan dapat digunakan sebagai pembangkit listrik, ada prospek yang besar untuk dikembangkan. Di Samarinda, waktu penyinaran matahari berfluktuasi dimulai dari jam 6 pagi samai dengan jam 6 sore atau sekitar 12 jam setiap harinya dengan intensitas yang cukup. Untuk memanfaatkan energi matahari tersebut menjadi sumber energi listrik, diperlukan suatu alat yang bisa mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik berupa semikonduktor yang disebut sel surya. Pada proses pembangkit fotovoltaik ini sangat efisien karena tidak memerlukan keahlian khusus untuk memasang, mengoperasikan dan melakukan pemeliharaan. Pada daya yang relatif rendah, PLTS dapat digunakan untuk beban ringan atau daya yang dihasilkan dapat digunakan sebagai daya cadangan. Misalnya, dapat digunakan untuk beban ringan darurat kecil jika terjadi pemadaman listrik dengan generator tradisional. PLTS merupakan salah satu dari pembangkit listrik skala rumah tangga yang sangat sederhana dan mudah diterapkan dalam pemenuhan kebutuhan listrik harian, sehingga penggunaannya merupakan salah satu cara yang ramah lingkungan untuk menunjang kebutuhan listrik masyarakat dengan memanfaatkan sinar matahari. PLTS secara umum di masyarakt sering disebut juga dengan tenaga surya atau *solar energy*.

C. Modul Fotovoltaik

Salah satu komponen terpenting dari suatu sistem PLTS yang bertugas untuk mengonversi energi surya menjadi energi listrik adalah modul fotovoltaik. Perkembangan teknologi fotovoltaik dari generasi ke generasi hingga inovasi yang dibuat untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem PLTS mulai dari pasivisasi dielektrik, fotovoltaik bifasial, hingga interdigitasi kontak permukaan belakang.

Modul fotovoltaik memanfaatkan sebagian cahaya matahari yang menerpa sel fotovoltaik yang kemudian merubahnya menjadi energi listrik. Sel surya adalah media yang dapat mengubah energi matahari (sinar cahaya) menjadi energi listrik DC melalui bahan semikonduktor. Prinsip kerja sel fotovoltaik secara sederhana adalah memanfaatkan tumbukan partikel foton dari sinar matahari terhadap elektron pada sambungan p-n atau dikenal dengan sebutan p-n junction yang dapat diukur dalam satuan Volt atau eV. Foton dari cahaya membentur elektron valensi atom semikonduktor dengan energi yang besar sehingga elektron lepas dari atom dan bergerak ke daerah pita konduksi. Elektron yang tertumbuk akan bergerak melalui hole dimana pergerakan tersebut menghasilkan energi listrik seperti yang digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Prinsip Kerja Sel Fotovoltaik [5]

Pengelompokan dari sel fotovoltaik merupakan kumpulan dari beberapa sel fotovoltaik (*solar cell*) yang terhubung dalam satu sirkuit dinamakan modul fotovoltaik (*solar module*). Modul fotovoltaik kemudian dikapsulasi oleh material transparan (*transparent glass*) dan material Aluminium (Al). Tujuannya adalah untuk melindungi sel surya dari lingkungan luar dan memastikan penggunaan yang optimal. Kumpulan dari modul fotovoltaik yang terhubung secara elektrik dalam suatu struktur kerangka disebut dengan panel fotovoltaik (*solar panel*).

Modul fotovoltaik dibedakan kedalam beberapa jenis, diantaranya adalah:

1) Silikon Kristal Tunggal (*Mono-Crystalline*)

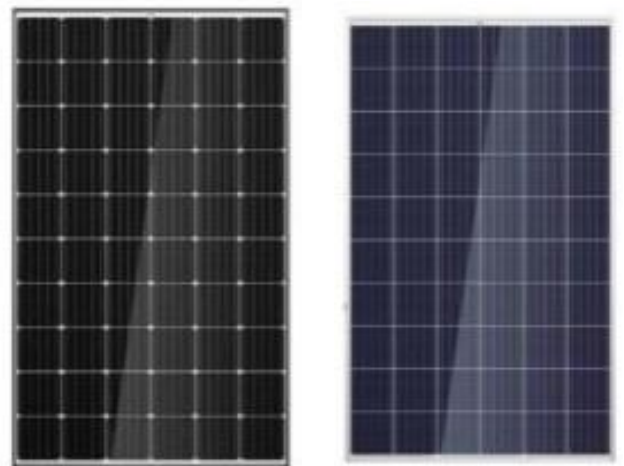
Material silikon kristal tunggal atau yang dikenal dengan sebutan *Mono-Crystalline* (m-Si) dibuat dengan tingkat kemurnian yang sangat tinggi (*high purity silicon ingots*). Salah satu metode konvensional yang umum digunakan untuk memurnikan Silikon yaitu dengan cara memutar batang Silikon padat pada suatu bejana yang berisikan Silikon cair. Hasil dari pemurnian diperoleh Kristal Silikon dalam bentuk silinder yang kemudian dipotong tipis menjadi wafer berbentuk kotak namun sudutnya tidak lancip. Wafer tersebut kemudian disusun menjadi satu modul fotovoltaik Monokristalin.

Monokristalin adalah sel surya yang berbentuk kepingan tipis yang terbuat dari kristal berbentuk batang berbahan silikon murni. Monokristalin merupakan jenis sel surya yang memiliki efisiensi energi yang tinggi karena bentuk sel yang identik satu sama lain dan memiliki kinerja yang tinggi. Efisiensi energi dari monokristalin sekitar 15–20%.

2) Silikon Polikristalin (*Poly-Crystalline*)

Material Polikristalin atau yang dikenal dengan sebutan *Poly Crystalline* (multi-Si) dapat dibuat dengan block casting yang dipanaskan dengan temperatur tinggi sehingga dihasilkan Polisilikon dengan tingkat kemurnian 99,99%. Hasil peleburan Polikristalin dicetak membentuk dadu (*brick*) yang kemudian dipotong tipis menjadi wafer. Tahap selanjutnya adalah proses pencampuran (*doping*) membentuk lapisan tipe-p dan tipe-n yang kemudian disambung (*wiring*) dan dilapis (*coating*) menghasilkan modul fotovoltaik polikristalin.

Polikristalin merupakan salah satu dari jenis sel surya yang memiliki bentuk persegi, sel surya ini terbuat dari kumpulan beberapa kristal silikon berbentuk batang yang disatukan melalui proses peleburan. Bahan pembuatan dari polikristalin tidak menggunakan silikon murni. Kemurnian silikon pada polikristalin lebih rendah dibandingkan dengan monokristalin. Bentuk sel surya yang dihasilkannya tidak identik satu sama lain sehingga efisiensi energi yang dihasilkannya hanya sekitar 13–16%. Tampilan fisiknya terlihat seperti memiliki pecahan kaca [5].



Gambar 4. Modul Surya Generasi 1 [5] (kiri) Monokristalin; (kanan) Polikristalin

D. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) atau disebut juga dengan kontrol pengisian baterai merupakan piranti elektronik yang berfungsi untuk mengatur arus yang masuk ke baterai dari modul fotovoltaik sehingga pengisian baterai menjadi optimal, dalam artian tidak terjadi kurang pengisian atau kelebihan pengisian. Untuk mendapatkan tingkat keluaran daya yang maksimal dari modul fotovoltaik maka diperlukan adanya algoritma sistem yang berfungsi memaksimalkan kerja modul fotovoltaik dapat mencapai titik kerja optimalnya. Jika penggunaan modul fotovoltaik langsung diintegrasikan ke baterai atau konsumen DC, modul fotovoltaik akan mencapai

titik operasi maksimum karena energi yang dihasilkan tergantung pada intensitas sinar matahari yang datang.

SCC biasanya memiliki kemampuan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Ketika baterai terisi penuh, panel surya akan secara otomatis menghentikan arus pengisian (tegangan *cut-off*). Prosedur ini dilakukan saat memantau level tegangan baterai. SCC mengisi baterai ke tingkat tegangan tertentu, tetapi ketika tingkat tegangan turun di bawah nilai tertentu, baterai diisi ulang. Sistem kerja dari SCC ini adalah pada saat tegangan pengisian baterai telah penuh maka control akan menghentikan suplai tegangan ke baterai, selanjutnya tegangan yang dihasilkan bisa langsung didistribusikan ke beban. Pada saat voltase pada batrai akan kosong maka control akan menghentikan pengambilan arus listrik pada baterai yang akan digunakan oleh beban. Pada saat voltase tertentu (umumnya 10% voltase yang tersisa pada baterai), maka pemutusan arus akan langsung dilakukan oleh *controller*.

Ada dua jenis pengontrol pengisian daya yang perlu dipertimbangkan: *controller Pulse Width Modulation (PWM)* dan *controller Maximum Power Point Tracking (MPPT)*. MPPT mempunyai efisiensi lebih tinggi diatas PWM dalam hal memanfaatkan daya panel surya untuk mengisi daya baterai secara maksimal. MPPT bekerja dengan cara membatasi nilai output untuk memastikan pengisian pada baterai tidak berlebihan. SCC MPPT akan memantau dan menyesuaikan energi listrik yang masuk untuk mengatur arus sistem tenaga surya. SCC MPPT menurunkan tegangan dan meningkatkan arus. Sebagai hasilnya, output keseluruhan akan meningkat dan akan mendapatkan efisiensi 90% atau lebih tinggi. SCC MPPT lebih umum digunakan saat ini sebagai penggunaan *controller* secara umum. Pengontrolannya dimisalkan seperti pada saat cuaca mendung, MPPT akan mengurangi arus yang diambil untuk mempertahankan tegangan yang diinginkan pada output panel. Ketika cuaca cerah, MPPT akan kembali menerima lebih banyak arus dari panel surya.

E. Baterai

Salah satu kunci dari pesatnya pertumbuhan PLTS adalah teknologi penyimpanan energi. Penyimpanan energi (*energy storage*) atau dapat disebut dengan akumulator merupakan suatu media penyimpanan berbagai bentuk energi untuk berbagai kepentingan terutama di bidang ketenagalistrikan. Energi yang dapat disimpan berupa energi potensial, kimia, listrik, dan lain sebagainya. Sebagian besar energi listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan dalam kondisi tertentu tidak dapat digunakan secara langsung dan harus disimpan terlebih dahulu. Energi hanya dikonsumsi pada malam hari, jika terjadi kegagalan, atau bila diperlukan dalam kondisi operasi tertentu.

Dari berbagai teknologi penyimpanan, salah satu metode penyimpanan energi yang paling umum digunakan dalam sistem energi surya saat ini dikenal sebagai sistem penyimpanan baterai, atau sistem penyimpanan energi baterai "BESS" atau yang lebih dikenal dengan *Battery Energy Storage System*. Sederhananya, baterai terdiri dari dua sel elektrokimia dengan polaritas positif (anoda) dan negatif (katoda) dan elektrolit yang bertindak sebagai konduktor. Output arus yang dihasilkan adalah DC. Baterai umumnya menggunakan sistem tegangan 6 VDC, 12 VDC, 24 VDC atau 48 VDC. Baterai memiliki kemampuan untuk pengisian (*charge*) dan juga pelepasan

(*discharge*). Karena kemampuannya untuk diisi ulang (*re-chargeable*) maka baterai pada sistem PLTS disebut dengan baterai sekunder. Walaupun sifatnya tidak menghasilkan energi listrik, namun fungsi penyimpanan energi perlu diperhatikan dalam perencanaan sistem PLTS baik dengan konfigurasi yang berdiri sendiri ataupun terhubung ke jaringan. Tanpa BESS, energi surya hanya dapat dimanfaatkan mulai pagi hingga sore hari saja. Dengan penambahan BESS maka energi listrik dapat disimpan pada saat matahari bersinar dan digunakan pada malam hari.

F. Power Inverter

Power Inverter atau sering disebut dengan Inverter merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi 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 inverter tersebut dapat berasal dari baterai atau aki maupun langsung dari Sel Surya (*solar cell*). Inverter lebih efektif digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Dengan adanya Inverter, daya listrik yang dihasilkan oleh baterai ataupun Sel Surya dapat digunakan 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 220 Volt.

Bentuk gelombang yang dihasilkan oleh Inverter beberapa 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 digunakan. Pada saat ini, bentuk-bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Untuk frekuensi listrik yang dihasilkan umumnya sekitar 50 Hz atau 60 Hz, dengan tegangan output yang dihasilkan sekitar 120 Volt atau 240 Volt. Output daya listrik yang paling umum ditemui adalah sekitar 150 Watt sampai dengan 3.000 Watt.

G. Pompa Air Submersible

Pompa Submersible ini merupakan pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya ialah mengubah energi kinetis atau kecepatan putaran menjadi suatu energi potensial. Energi potensial ini yang digunakan untuk mendorong air atau cairann dari sumber air ke permukaan. Energi ini dihasilkan dari suatu impeller yang berputar dalam casing atau rumah pompa. Jadi cara kerja pompa submersible ini berbeda dengan jenis pompa Jet Pump. Pada pompa submersible ini kerjanya ialah dengan cara mendorong airnya menuju ke permukaan.

Pompa air submersible lebih efisien karena pompa ini tidak boros energi untuk menarik cairan ke dalam pompa, seperti pada pompa jenis lainnya. Dan juga motor mesinnya dapat didinginkan langsung oleh cairan yang ada di sekitarnya, sehingga bisa mencegah terjadinya *overheating* pada pompa. Untuk pompa submersible harus tenggelam di dalam air atau cairan yang akan dipompakannya. Motor pompa dibungkus dan dikemas secara rapat dan kedap air. Di sekelilingnya akan diisi dengan minyak guna melindunginya dari kerusakan yakni

mencegah masuknya cairan apapun yang dapat menyebabkan korsleting ke dalam motor pompa.

Pompa ini digerakkan oleh motor yang menyatu dengan bodi pompa dan tertutup rapat. Kabel listrik untuk menggerakkan motor terhubung dengan pompa dengan koneksi khusus yang memastikan air tidak dapat masuk ke dalam motor pompa meskipun dalam kondisi terendam. Secara teknis cara kerja pompa submersible sama dengan pompa air pada umumnya, yaitu mengubah energi motor listrik menjadi energi tekanan dengan putaran impeller pompa. Putaran ini menciptakan kondisi yang mendorong air keluar dari pompa melalui sisi [12].

III. METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian

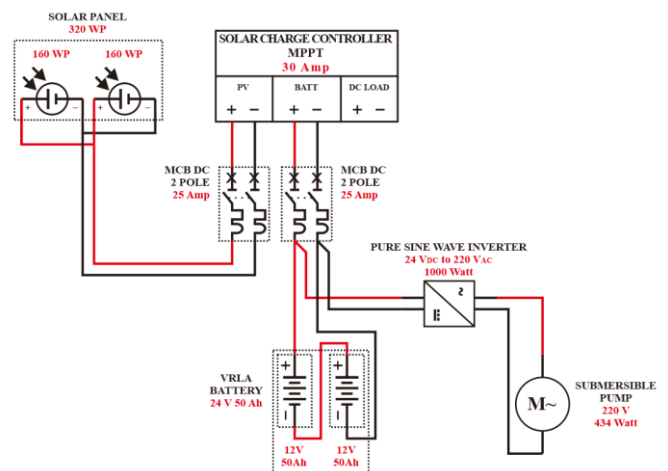
Langkah awal yang penulis dalam mengerjakan penelitian ini adalah melakukan pencarian data-data penelitian berdasarkan pada buku pedoman, jurnal-jurnal skripsi dan sumber lainnya yang berkaitan dengan pembangkit listrik tenaga surya sebagai acuan dalam perancangan alat dan penulisan skripsi. Urutan langkah-langkah yang dilalui penulis dalam melaksanakan penelitian sebagai berikut:

- Diawal perancangan PLTS sebagai catu daya pompa air submersible, kegiatan pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan observasi dengan mencari referensi dari berbagai sumber seperti buku-buku, jurnal ilmiah dan datasheet, tentang komponen yang digunakan, cara perhitungan dan perencanaan modul surya serta jenis beban yang digunakan.
- Membuat rancangan sistem yang akan digunakan, didalamnya termasuk melakukan perhitungan kapasitas sel surya, perhitungan baterai, penentuan komponen yang akan digunakan, dan penggunaan beban harian sesuai dengan acuan referensi yang digunakan. Perhitungan yang baik dan benar ditunjukkan agar menghasilkan kinerja yang maksimal pada alat. Setelah menghitung kapasitas sel surya dan penggunaan beban harian, maka dapat dilakukan proses pemilihan komponen-komponen yang digunakan untuk pembuatan alat. Pemilihan komponen dipilih berdasarkan cara kerja, efisiensi dan biaya investasi.
- Setelah perancangan alat telah selesai maka dapat memulai proses pembuatan kerangka alat berdasarkan perancangan alat. Setelah pembuatan kerangka alat maka dapat memulai proses pemasangan komponen yang digunakan pada kerangka alat yaitu mulai dari pemasangan modul surya, SCC, inverter, baterai serta instalasi kabel. Setelah pemasangan komponen, maka dilanjutkan dengan pemeriksaan alat mulai dari pengecekan komponen yang terpasang, kerapian instalasi dan fungsi dari tiap tiap komponen.
- Setelah proses perencanaan selesai maka dilakukan pengujian pada komponen tersebut untuk mengetahui apakah nilai daripada alat tersebut sesuai dengan parameter datasheet yang digunakan. Jika komponen sudah sesuai dengan yang diharapkan maka dapat dilanjutkan pada tahap perancangan alat.

- Setelah pemeriksaan alat telah dilakukan maka dapat dilakukan pengujian dan pengambilan data yang diperlukan pada alat tersebut.
- Jika cara kerja alat dan nilai yang dihasilkan sudah sesuai dengan yang diharapkan maka dapat dilanjutkan dengan penulisan skripsi namun apabila belum sesuai maka dapat kembali pada tahap pemeriksaan alat untuk dilakukan pemeriksaan kembali pada tiap-tiap komponen yang digunakan.

B. Gambaran Umum Sistem PLTS

Gambaran umum sistem PLTS yang akan dirancang sebagai catu daya pompa air submersible memiliki komponen utama yaitu terdiri dari beberapa bagian yang diantaranya adalah modul surya, SCC, baterai, inverter dan pompa air submersible. Gambaran umum sistem dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Single Line Diagram Sistem PLTS

Gambaran umum sistem dibuat agar proses kerja sistem dapat dilihat secara bertahap sehingga memudahkan dalam proses perancangan. Dari gambaran umum sistem pada gambar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Panel surya yang digunakan sebanyak dua buah berjenis *Monocrystalline* dengan masing-masing daya maksimal yang dapat dihasilkan panel sebesar 160 WP sebagai sumber energi listrik dari sistem ini.
2. *Mini Circuit Breaker* berfungsi untuk mengisolasi rangkaian sistem dari gangguan arus lebih dan hubungan singkat.
3. SCC yang berfungsi mencegah pengisian energi baterai yang berlebihan dengan membatasi jumlah dan laju pengisian daya ke baterai.
4. Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai yang digunakan berupa jenis *lead acid* VRLA.
5. Inverter yang berfungsi mengubah daya Arus Searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik standar (AC) yang digunakan oleh beban. Jenis inverter digunakan berupa *pure sine wave* dengan kapasitas mengikuti besarnya daya maksimal pada beban.
6. Beban yang digunakan pada alat ini adalah pompa air submersible dengan daya yang tertera pada nameplate 180 Watt.

C. Perencanaan Komponen Sistem PLTS

1. Perhitungan Beban Pompa Air Submersible

Beban yang akan digunakan pada pengujian ini adalah pompa air jenis submersible dengan nameplate daya sebesar 180 Watt, dengan tegangan masukan sebesar 220 Volt AC.

Tabel 2. Spesifikasi Pompa Air Submersible

No	Keterangan	Spesifikasi	
1	Type	3MCDM2/8	
2	Tegangan (V)	220V	
3	Frekuensi (f)	50 Hz	
4	Phasa	1 ~	
5	Daya (HP)	0,25 HP	
6	Daya (kW)	0,18 kW	
7	Rpm	2.850 r/min	
8	Daya Dorong	Debit Air	
		35 meter	5 L/min
		29 meter	25 L/min
		14 meter	45 L/min



Gambar 5. Pompa Air Submersible

Sebelum dilakukan pengujian terhadap sistem PLTS, penulis melakukan pengujian kinerja pompa air submersible menggunakan sumber PLN. Pada saat dilakukan pengujian pada pompa besaran daya dengan sumber PLN, nilai pengukuran berbeda dengan daya yang tertera pada nameplate, hasil pengujian tersebut adalah ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Data Pengujian Pompa Air Submersible Dengan Sumber Pln

V _{AC} (Volt)	I _{AC} (Ampere)	PF	Daya (Watt)
229,8	1,91	0,99	434

Proses perhitungan beban dilakukan secara matematis yang akan membahas penggunaan daya pada pompa submersible. Daya yang akan digunakan pompa air submersible dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Pemakaian Energi} &= \text{Daya} \times \text{Waktu Pemakaian} \\
 &= 434 \text{ Watt} \times 4 \text{ Hour} \\
 &= 1.736 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Kapasitas Panel Surya Pada Sistem PLTS

Dalam perencanaan sistem PLTS ini, untuk menentukan jumlah panel surya yang digunakan adalah mengetahui terlebih dahulu nilai Wattpeak yang merupakan besarnya atau optimalnya nominal daya tertinggi yang dapat dihasilkan dari sebuah panel surya. Dan titik puncak penyinaran matahari berlangsung sekitar 5 jam. Panel surya yang akan digunakan pada perencanaan sistem PLTS ini memiliki kapasitas P_m

sebesar 160 Wattpeak. Dari parameter tersebut, maka dapat diketahui kebutuhan panel surya dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Panel Surya} &= \frac{\left(\frac{\text{Watt}}{\text{optimum time (hour)}} \right)}{P_m} \\
 &= \frac{\left(\frac{1.736 \text{ Wh}}{5 \text{ h}} \right)}{160 \text{ Wp}} \\
 &= 2,17 \approx 2 \text{ Modul Surya}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besaran dari nilai V_{mp} array dan I_{mp} array pada modul surya, perlu melihat nilai spesifikasi yang diterapkan pada panel surya yang dipakai. Panel surya yang digunakan disusun secara paralel sehingga didapatkan tegangan sistem 12 Volt yang nilainya dapat disesuaikan dengan rating SCC yang digunakan dikisaran tegangan 12/24 VDC.

Tabel 4. Karakteristik Panel Surya

Rated Maximum Power (P _m)	160W
Tolerance	+/- 5%
Voltage at P _{max} (V _{mp})	18,24 V
Current at P _{max} (I _{mp})	8,77 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	21,58 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	9,30 A
Normal Operating Cell Temp (NOCT)	47 +/- 2°C
Maximum System Voltage	1.000 V _{DC}
Operating Temperature	- 40 to + 85°C
Series Fuse Rating (A)	15 A
Application Class	Class A
Fire Safety Class	Class C
Cell Technology	Mono - Si
Dimension (mm)	1.290X690X30 mm



Gambar 6. Panel Surya Monocrystalline 160WP

3. Perhitungan Kapasitas SCC Pada Sistem PLTS

Kapasitas SCC dihitung berdasarkan besar daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh array panel surya. Nilai array terukur yang terdapat pada dua panel 160 Wp yang digunakan adalah sebesar 320 Watt. Setelah mengetahui nilai daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh array panel surya, maka kapasitas SCC dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas SCC} &= \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \\
 &= \frac{320 \text{ Watt} \times 1.25}{18,2 \text{ Volt}} \\
 &= 21,978 \text{ Ampere} \approx 22 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, kapasitas SCC yang digunakan pada perencanaan ini sebanyak 1 buah dengan minimum spesifikasi 22 Ampere. Pada perancangan kali ini, penulis menggunakan Maximum Power Point Tracker Solar Charge Controller dengan merek STEC berkapasitas sebesar

30 Ampere. Spesifikasi karakteristik kelistrikan dan mekanik ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5. Karakteristik Scc

Model	SYP-3007
System Voltage	12V/24V
Rated Current	Automatic
Max PV Voltage	30 A
	75 V
	390 W (12 V) / 780 W (24 V)



Gambar 7. Solar Charge Controller Jenis MPPT

4. Perhitungan Kapasitas Baterai Pada Sistem PLTS

Dalam menentukan kapasitas atau kemampuan baterai dalam menyimpan energi listrik yang berasal dari panel surya yang akan digunakan sebagai penyedia energi daya listrik ke beban secara efisien. Maka, besar kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah.

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Baterai 12 Volt} &= \frac{\text{Watt} \times \text{Autonom Days}}{(DoD \times Vs)} \\
 &= \frac{1.736 \text{ Watt} \times 3 \text{ hari}}{(0,8 \times 12 \text{ Volt})} \\
 &= \frac{5.208}{9,6} \\
 &= 542,5 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Baterai 24 Volt} &= \frac{\text{Watt} \times \text{Autonom Days}}{(DoD \times Vs)} \\
 &= \frac{1.736 \text{ Watt} \times 3 \text{ hari}}{(0,8 \times 24 \text{ Volt})} \\
 &= \frac{5.208}{19,2} \\
 &= 271,25 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Pada perancangan ini, kapasitas baterai yang akan digunakan dapat ditentukan berdasarkan energi listrik yang dibutuhkan pada pompa air submersible selama 4 jam yaitu 1.736 Watt. Selain itu untuk mengetahui kapasitas yang dihasilkan dari baterai adalah dengan mengalikan antara tegangan dan arus yang tertera pada baterai yaitu 12 Volt 50 Ah, yaitu 600 Wh.



Gambar 8. Baterai VRLA 12Volt 50Ah

5. Perhitungan Kapasitas Inverter Pada Sistem PLTS

Kapasitas inverter ditentukan berdasarkan besarnya daya maksimal yang digunakan oleh beban pompa air submersible dan nilai safety factor. Sebagian besar instalasi akan memiliki rasio safety factor antara 1,15 sampai dengan 1,25 dari nilai nominal beban sesuai dengan pedoman PUIL 2011, dalam perencanaan ini digunakan safety factor terbesar yaitu 1,25. Kapasitas inverter dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Inverter} &= P \times \text{Safety Factor} \\
 &= 434 \text{ Watt} \times 1,25 \\
 &= 542,2 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Jika kapasitas inverter yang digunakan sesuai dengan jenis beban dan perhitungan diatas, maka inverter yang digunakan adalah *Inverter Pure Sine Wave* dengan daya 1.000 Watt. Pada perancangan sistem PLTS ini, penulis menggunakan inverter sebesar 1.000 Watt untuk mengantisipasi apabila terjadi lonjakan daya yang mungkin terjadi pada pompa air submersible. . Inverter yang digunakan pada perancangan ini dilengkapi dengan sistem *automatic thermal shutdown* yang dapat mencegah terjadinya overload dan overheating dengan *cooling system*.

Tabel 6. Karakteristik Inverter

Dimension	18 x 95 x 55 mm
Other Input Voltage	DC 12 V
Output Voltage	AC 220 V
Frequency	50 Hz
Max Output Power	1000 W
Continuous Power	500 W
Inverter Efficiency	95 %



Gambar 9. Inverter Jenis Pure Sine Wave

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

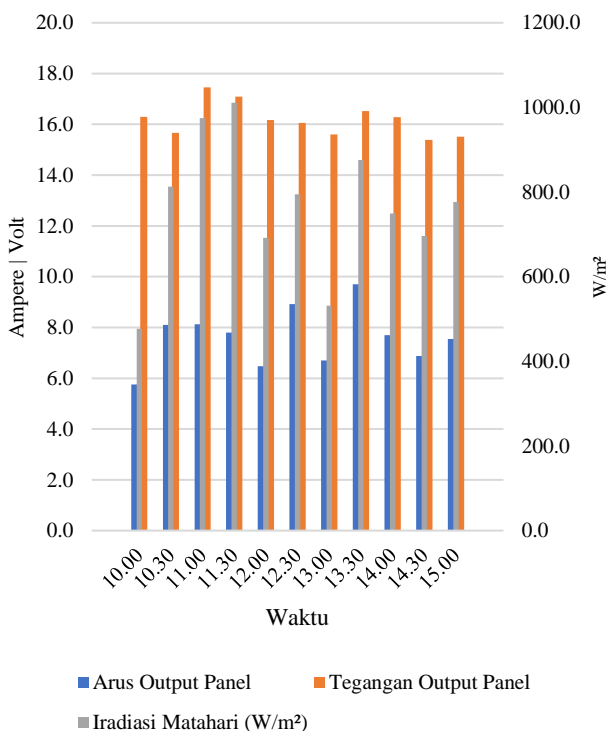
A. Pengujian Sistem PLTS Tanpa Beban

Pada pengujian ini, pengukuran yang dilakukan pada sistem PLTS adalah tanpa menggunakan beban pompa air submersible. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur besarnya nilai tegangan dan arus kerja panel surya pada saat melakukan pengisian pada baterai. Sudut kemiringan panel surya yang penulis gunakan pada penelitian ini berada pada posisi sudut kemiringan 30° menghadap ke arah utara, hal ini bertujuan agar panel surya memperoleh penyinaran maksimal selama pengujian sistem tanpa merubah atau mengatur posisi dari panel surya ke arah sudut datangnya sinar matahari. Adapun hasil pengukuran sistem PLTS tanpa beban dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7 Rata-Rata Hasil Pengujian Sistem Plts Tanpa Beban Selama 4 Hari

	Keluaran Panel		Pengisian Baterai		Iradiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Panel (°C)
	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)		
10.00	5,8	16,30	6,5	12,44	476,7	28,4
10.30	8,1	15,67	7,8	12,86	812,6	30,1
11.00	8,1	17,46	10,6	12,78	974,7	29,8
11.30	7,8	17,09	9,5	12,94	1011,1	30,6
12.00	6,5	16,17	6,8	12,59	692,0	31,3
12.30	8,9	16,05	8,5	12,91	794,3	33,6
13.00	6,7	15,61	7,4	12,64	531,1	34,0
13.30	9,7	16,53	9,7	12,61	875,3	33,3
14.00	7,7	16,28	8,4	12,58	749,6	31,6
14.30	6,9	15,39	5,6	12,46	696,0	31,3
15.00	7,6	15,52	9,0	12,53	776,4	33,2

Keterangan Tabel : Data diambil pada Hari Kamis, 21 Juli 2022 Di Politeknik Negeri Samarinda, LabJurusanTeknik Elektro Kec. Samarinda Sebrang, Kota Samarinda, Kal-Tim Koordinat (-0.5342768, 117.1251253)



Gambar 10. Perbandingan Arus dan Tegangan Keluaran Panel Surya Terhadap Iradiasi Matahari

Dalam pengujian yang dilakukan selama empat hari pengukuran pada sistem PLTS memperoleh nilai yang bervariasi, nilai-nilai tersebut diukur berdasarkan pada intensitas iradiasi cahaya matahari yang mengenai permukaan panel surya. Cahaya matahari yang tertutup oleh suatu bayangan atau awan akan mempengaruhi nilai tegangan dan arus yang dihasilkan dari panel surya. Semakin tinggi nilai iradiasi cahaya matahari, maka tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya juga semakin besar. Besarnya arus yang dihasilkan oleh panel surya bergantung pada besarnya nilai iradiasi matahari yang diterima oleh permukaan panel surya. Tegangan yang dihasilkan oleh panel nilainya melebihi dari arus pengisian baterai yakni ±12 Volt, hal ini dikarenakan nilai tegangan tersebut merupakan nilai maksimal yang dihasilkan oleh panel surya pada saat keadaan intensitas radiasi matahari tinggi, kemudian untuk menyesuaikan dengan tegangan pengisian baterai sebesar 12 Volt, digunakan SCC untuk melakukan otomatisasi pada pengisian baterai. Oleh karena itu, dalam pengisian baterai nilai arusnya akan lebih tinggi daripada nilai tegangan keluaran panel untuk menyesuaikan dengan daya yang dihasilkan.

Secara keseluruhan, untuk menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian baterai dipengaruhi oleh kondisi cuaca di sekitar penempatan panel surya. Untuk mengetahui perkiraan waktu pengisian dari baterai dapat menggunakan persamaan berikut:

$$t = \frac{C}{I} (1+20\%)$$

$$= \frac{100 \text{ Ah}}{17,54 \text{ A}} (1,2)$$

$$= 5,70 \approx \pm 6 \text{ jam}$$

Berdasarkan perhitungan yang didapatkan, untuk melakukan pengisian pada baterai dengan kapasitas 100 Ah dibutuhkan waktu kurang lebih 6 jam dengan arus maksimum yang dihasilkan dari panel surya. Kapasitas arus maksimum yang tertera sesuai dengan nameplate panel surya yaitu 17,58 Ampere dengan dua buah panel surya yang terhubung secara paralel.

Selain itu waktu pengisian tersebut dengan catatan, bahwa waktu tersebut merupakan waktu pengisian apabila keadaan baterai kosong atau tidak bisa untuk mengalirkan daya kepada beban utama yaitu pompa air submersible.

B. Uji Coba Sistem PLTS dengan Pompa Air Submersible Menggunakan Input 12 Volt DC

Tabel 8. Pengujian Sistem Plts Dengan Beban Pompa Dengan Daya Input Inverter 12 VoltDC Baterai 100 Ah

Menit Ke -	Pengukuran Baterai (DC)			Pengukuran Pompa Air (AC)			
	Teg. (V)	Arus (A)	Daya (W)	Teg. (V)	Arus (A)	PF	Daya (W)
1	11,97	39,7	475,21	195,0	1,90	0,99	365
10	11,87	38,9	461,74	188,4	1,89	0,99	354
20	11,84	38,8	459,39	189,5	1,90	0,99	358
30	11,45	38,4	439,68	182,3	1,92	0,99	352
32 - 33	Pada waktu ini, inverter mengalami <i>fault</i> , dikarenakan panas berlebih pada komponen inverter. Arus input inverter cenderung stabil setiap waktunya sehingga mengakibatkan komponen di dalam inverter menjadi panas.						
Rat-rata	11,78	38,9	459,01	188,8	1,90	0,99	357

Dari hasil pengujian pompa air submersible, dapat dilihat dari data pengukuran pada baterai yang digunakan, nilai yang terukur pada menit ke-1 menunjukkan bahwa terdapat sedikit penurunan pada nilai tegangan dan arus yakni sebesar 11,97 Volt DC dimana tegangan baterai itu sendiri bernilai 12 Volt DC. Turunnya tegangan dan arus pada baterai terjadi karena energi pada baterai digunakan untuk mensuplai beban. Semakin lama baterai digunakan sebagai suplai pada beban, maka nilai tegangan akan mengalami penurunan, setelah pompa beroperasi selama 30 menit, tegangan berkurang menjadi 11,45 Volt DC. Perubahan ini juga terjadi pada nilai arus dan daya. Seiring dengan lamanya baterai digunakan, maka energi yang tersimpan pada pompa juga mengalami penurunan.

Untuk pengukuran pada beban yakni dari parameter keluaran dari inverter, tegangan terukur pada saat menit ke-1 adalah 195,0 Volt AC. Nilai tersebut turun sekitar 89% dari tegangan kerja pompa air yang seharusnya sebesar 220 Volt AC. Penurunan tegangan yang dihasilkan oleh inverter disebabkan oleh besarnya arus dari baterai yakni sebesar 39,7 Ampere. Tingginya arus masukan ke inverter tersebut mengakibatkan inverter tidak dapat bekerja secara maksimal. Tingginya arus yang diproses oleh inverter mengakibatkan komponen inverter cepat panas. Seiring dengan berjalannya waktu operasi dari inverter dengan arus yang tinggi, maka inverter akan bertambah panas. Ketika terjadi panas berlebih, maka inverter akan mengalami *fault* dan secara otomatis inverter akan berhenti bekerja karena sistem *automatic thermal shutdown* pada inverter telah bekerja untuk mencegah inverter dari keadaan *overheating*.

C. Uji Coba Sistem PLTS dengan Pompa Air Submersible Menggunakan Input 24 Volt DC

Tabel 9. Pengujian Sistem Plts Dengan Beban Pompa Dengan Daya Input Inverter 24 VoltDC Baterai 50 Ah

Menit Ke -	Pengukuran Baterai (DC)			Pengukuran Pompa Air (AC)			
	Teg. (V)	Arus (A)	Daya (W)	Teg. (V)	Arus (A)	PF	Daya (W)
1	22,87	18,7	427,67	207,5	1,87	0,99	378
10	22,37	18,9	422,79	202,2	1,82	0,99	367
20	21,97	19,0	417,43	197,8	1,82	0,99	358
30	21,11	18,6	392,65	190,0	1,86	0,99	351
40	21,09	18,3	385,95	177,9	1,91	0,99	336
41 - 42	Pada waktu ini, inverter mengalami <i>fault</i> , dikarenakan kapasitas energi pada baterai sudah mulai menurun. Hal tersebut dapat dilihat dari penurunan tegangan dan arus pada pengukuran baterai.						
Rata-rata	21,88	18,7	409,30	195,1	1,86	0,99	358

Dari hasil pengujian pompa air submersible, dapat dilihat dari data pengukuran diatas, nilai yang terukur pada menit ke-1 menunjukkan bahwa terdapat sedikit penurunan pada nilai tegangan dan arus yakni sebesar 22,87 Volt DC dimana tegangan baterai itu sendiri bernilai 24 Volt DC, hal ini dapat diartikan bahwa baterai tidak dalam kondisi terisi penuh. Diluar kapasitas baterai yang tidak penuh, turunnya tegangan dan arus pada baterai terjadi karena energi pada baterai digunakan untuk mensuplai beban. Semakin lama baterai digunakan sebagai suplai pada beban, maka nilai tegangan akan mengalami penurunan, setelah pompa beroperasi selama 40 menit, tegangan berkurang menjadi 21,09 Volt DC. Perubahan ini juga terjadi pada nilai arus dan daya. Seiring dengan lamanya baterai digunakan, maka energi yang tersimpan pada pompa juga mengalami penurunan. Untuk pengukuran pada beban yakni dari parameter keluaran dari inverter, tegangan terukur pada

saat menit ke-1 adalah 207,5 Volt AC. Nilai tersebut turun sekitar 94% dari tegangan kerja pompa air yang seharusnya sebesar 220 Volt AC. Jika mengacu pada toleransi penurunan tegangan listrik yang berlaku di PLN sesuai dengan PUIL, toleransi penurunan tegangan berkisar pada nilai $\pm 10\%$ dari nilai tegangan kerja 220 Volt. Maka pada pengujian pompa air submersible dengan sistem PLTS saat menggunakan inverter 24 Volt, memiliki nilai yang lebih baik dibanding dengan inverter 12 Volt.

Meskipun tegangan keluaran yang dihasilkan inverter 24 Volt lebih baik, penurunan tegangan tetap terjadi, hal ini dipengaruhi oleh kapasitas baterai yang digunakan. Karena pada percobaan ini digunakan dua baterai dengan jenis VRLA 12 Volt yang dipasang seri untuk mendapatkan input inverter sebesar 24 Volt dengan kapasitas 50 Ah. Hal ini dapat dilihat dari cepatnya penurunan tegangan yang terjadi. Penurunan tegangan pada inverter 12 Volt lebih lambat karena kapasitas baterainya 100 Ah, sedangkan pada inverter 24 Volt penurunan tegangan terjadi lebih cepat karena kapasitas baterainya hanya 50 Ah.

Pada pengujian inverter 12 Volt, kapasitas baterai memang lebih besar yakni 100 Ah, akan tetapi pada pengujian tersebut arus yang dibutuhkan inverter terlalu besar sehingga mengakibatkan inverter mengalami *overheat* dan kemudian terjadi *fault*. Sedangkan pada pengujian input inverter sebesar 24 Volt dengan kapasitas baterai 50 Ah arus yang mengalir lebih kecil, sehingga diawal penggunaan inverter tidak mengalami *overheat*. Tapi pada pengujian ini tegangan mengalami penurunan lebih dikarenakan kapasitas baterai yang lebih kecil dibandingkan dengan pengujian sebelumnya. Pada penggunaan inverter 24 Volt, *fault* terjadi karena kapasitas energi yang tersimpan pada baterai turun lebih cepat karena baterai hanya menyimpan energi 50 Ah pada keadaan terisi penuh. Penurunan kapasitas energi juga dipengaruhi oleh nilai DoD baterai. Sedangkan pada penggunaan inverter 12 Volt, *fault* terjadi karena tingginya arus masukan ke inverter tersebut mengakibatkan inverter mengalami *overheat* dan tidak dapat bekerja secara maksimal.

Dari hasil pengukuran yang diperoleh pada pengujian sistem PLTS dengan beban pompa air submersible, terjadi penurunan tegangan kerja dari pompa di setiap interval pengambilan data. Meskipun pengambilan data dilakukan dua kali dengan kapasitas inverter yang berbeda, penurunan tegangan tetap terjadi, baik pada tegangan keluaran baterai maupun tegangan kerja pompa. Penurunan tegangan tersebut dipengaruhi oleh kapasitas energi tersimpan pada baterai yang digunakan untuk menggerakkan pompa air. Daya rata-rata yang dibutuhkan oleh pompa memiliki nilai yang hampir sama yakni 357,25 Watt dan 358,00 Watt, akan tetapi daya yang dibutuhkan dari baterai untuk suplai daya rata-rata pada tegangan input 12 Volt sebesar 459,01 Watt, lebih besar jika dibandingkan dengan daya rata-rata pada tegangan input 24 Volt sebesar 409,30 Watt. Besarnya arus yang mengalir pada inverter akan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Selain itu, DoD pada baterai juga mempengaruhi lamanya penggunaan baterai sebagai suplai beban.

D. Analisis Hasil Pengujian Sistem PLTS

Dari hasil pengukuran yang diperoleh pada pengujian sistem PLTS dengan beban pompa air submersible, terjadi

penurunan tegangan kerja dari pompa di setiap interval pengambilan data. Penurunan tegangan tersebut dipengaruhi oleh kapasitas energi tersimpan pada baterai yang digunakan untuk menggerakkan pompa air. Dari pengujian sistem PLTS, daya rata-rata yang dibutuhkan oleh pompa memiliki nilai yang hampir sama yakni 357,25 Watt dan 358,00 Watt, akan tetapi daya yang dibutuhkan dari baterai 12 Volt untuk suplai daya rata-rata sebesar 459,01 Watt, lebih besar jika dibandingkan dengan baterai 24 volt memiliki daya rata-rata sebesar 409,30 Watt. Besarnya arus yang mengalir pada inverter akan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Selain itu, DoD pada baterai juga mempengaruhi lamanya penggunaan baterai sebagai suplai beban.

Tabel 10. Perbandingan Perencanaan Sistem Dengan Uji Coba Pompa Air Submersible Menggunakan Input 24 Volt

Keterangan	Perencanaan	Uji Coba
Tegangan Input	24 Volt	21,88 Volt
Waktu Operasi	± 240 Menit (4 jam)	± 40 Menit
Perbandingan	6 : 1	
Kapasitas Baterai	271,25 Ah	50 Ah
Perbandingan	5,42 : 1,00	

Dari tabel perbandingan diatas, hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem PLTS dapat digunakan sebagai suplai pompa air submersible. Dengan perbandingan waktu operasi pompa air 1 : 6, diperoleh perbandingan kapasitas baterai sebesar 1 : 5,42. Dari perbandingan yang diperoleh pada kapasitas baterai, tegangan input rata-rata pada uji coba didapat nilai 21,88 Volt. Dengan tegangan awal operasi pompa sebesar 22,87 Volt, dari nilai tersebut menyatakan bahwa baterai tidak dalam kondisi penuh. Jika kapasitas baterai penuh, maka akan diperoleh angka perbandingan yang lebih baik. Nilai akan mendekati atau menyamai nilai perbandingan waktu operasi pompa air submersible.

Dari pengujian dan pengukuran yang dilakukan pada sistem PLTS maka penulis mendapatkan beberapa hasil bahwa dari hasil pengujian sistem PLTS menggunakan tegangan input 24 Volt dengan baterai berkapasitas 50 Ah, pompa air dapat menyala selama 40 menit. Secara umum sistem PLTS ini bisa diaplikasikan dan dimanfaatkan pada masyarakat umum sesuai dengan keadaan tersebut. Sistem akan bekerja sesuai dengan perencanaan apabila kapasitas pada komponen-komponen yang digunakan sudah sesuai dengan perencanaan yang sudah dilakukan. Seperti yang ditunjukkan oleh tabel pembanding dari perencanaan untuk menyalakan pompa selama 4 jam dengan hasil ujicoba. Pada tabel tersebut, memperlihatkan bahwa dengan baterai 24 Volt 50Ah pompa menyala selama ±40 menit. Dengan perhitungan setiap penambahan baterai 24 Volt 50 Ah, akan menambah masa operasi pompa selama 40 menit atau lebih jika baterai dalam keadaan penuh.

Jika kapasitas baterai yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan perencanaan, maka pompa dapat digunakan atau menyala selama perhitungan yang telah direncanakan. Jika jangka waktu penggunaan pompa air submersible melebihi dari perencanaan, maka perlu dilakukan perencanaan ulang pada sistem PLTS. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya waktu pengoperasian pompa, akan mempengaruhi kapasitas baterai yang sudah direncanakan. Penambahan baterai ini akan mempengaruhi lama waktu pengisian baterai menggunakan panel surya. Sehingga untuk melakukan pengisian yang lebih cepat dengan adanya penambahan baterai, maka diperlukan panel surya yang lebih banyak. Selain itu, komponen –

komponen seperti SCC, MCB, dan Inverter akan mengalami perubahan kapasitas.

Pengukuran debit air pompa submersible dilakukan dengan cara manual yaitu dengan menggunakan wadah ukur 18 liter, dengan wadah ukur tersebut didapatkan waktu pengisian 18.43 detik. Debit air yang dihasilkan oleh pompa air submersible adalah sekitar 1,024 liter/detik. Maka secara umum pompa air submersible yang digunakan memiliki debit air ±1 liter/detik, dengan ketinggian 0 meter dari permukaan sumber air. Dengan demikian didapatkan bahwa selama pompa air beroperasi selama 40 menit, total debit yang berhasil dipompa adalah ± 14.400 liter. Agar sistem PLTS ini bisa beroperasi dalam jangka waktu yang panjang, akan lebih baik apabila air yang dipompa tersebut disimpan dulu pada reservoir atau tandon, sehingga pompa tidak terlalu sering digunakan jika masyarakat membutuhkan air.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, perhitungan, dan pembahasan yang telah dilaksanakan dari kegiatan perencanaan sistem PLTS sebagai catu daya pompa air submersible, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya bergantung dari iradiasi sinar matahari, sehingga akan mencapai nilai pengukuran tertinggi pada saat cuaca panas.
2. Beban pompa air submersible yang digunakan mempunyai kapasitas daya terukur ±350 Watt. Daya output dari pompa air submersible tidak sesuai dengan *nameplate* yang tertera yaitu sebesar 180 Watt.
3. Terjadi penurunan (*drop*) tegangan pada saat pompa air bekerja yang mengakibatkan inverter mengalami panas berlebih (*overheat*) hanya dalam waktu 15–30 menit setelah digunakan dengan menggunakan sumber 12 Volt dari baterai. Hal ini terjadi karena disipasi komponen di dalam inverter yang tidak baik karena arus yang mengalir sangat tinggi yakni 38 Ampere DC. Selain itu *fan* yang terpasang pada inverter tidak bekerja dengan baik untuk mendinginkan komponen.
4. Pada rancang bangun sistem PLTS ini, akan menghasilkan listrik yang bagus jika menggunakan inverter dengan tegangan masukan 24 Volt.

B. Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan mengenai hasil penelitian dan perencanaan sistem PLTS sebagai catu daya pompa air submersible adalah sebagai berikut:

1. Hasil uji coba yang dilakukan dengan menggunakan inverter dengan input 12 Volt DC kurang bekerja secara maksimal. Sehingga diharapkan untuk mengganti inverter dengan tegangan input 24 Volt DC dengan *continuous power* yang lebih besar agar arus yang digunakan tidak terlalu besar, untuk mencegah terjadinya *fault* pada inverter.
2. Penggunaan sistem PLTS sebagai catu daya pompa air submersible ini dibatasi pada perencanaan yang sudah dilakukan. Apabila pompa digunakan melebihi dari waktu

- yang sudah direncanakan, maka perlu dilakukan perencanaan ulang di setiap komponen yang digunakan.
3. Menggunakan *reservoir* atau tandon sebagai penyimpanan air sementara dari sumber air yang telah dipompa, agar penggunaan pompa tidak melebihi dari perencanaan yang sudah dilakukan. Sehingga sistem ini bisa beroperasi dengan baik untuk jangka waktu yang lama.
 4. Perancangan sistem PLTS ini diharapkan dapat menjadi pembelajaran dalam penggunaan energi baru terbarukan yang ramah lingkungan dalam kehidupan sehari-hari khususnya bagi mahasiswa Teknik Elektro.

REFERENSI

- [1] Arifin, Zaenal, Aries Jehan Tamamy, Nur Islahudin, "Perancangan Mesin Pompa Air Tenaga Surya untuk Mengurangi Konsumsi Listrik Skala Rumah," Jurnal Nasional Teknik Elektro, Vol. 9, No. 2, 2020.
- [2] Sevira Rambanisa Hamzah, Chairul G. Irianto, Ishak Kasim, "Sistem PLTS Untuk Pompa Air Irigasi Pertanian di Kota Depok," Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Vol. 17, No. 1. Halaman 73–86, 2019.
- [3] Kadek Bayu Kusuma, Cok Gede Indra Partha, I Wayan Sukerayasa, "Perancangan Sistem Pompa Air DC Dengan Plts 20 kWp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh," Jurnal SPEKTRUM, Vol. 7, No. 2, 2020.
- [4] F. Hidayanti, "Aplikasi Sel Surya," Jakarta Selatan: LP_UNAS, 2020.
- [5] H. B. Tambuan, "Sistem Pembangkit Tenaga Surya," Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- [6] H. R. Iskandar, "Praktis Belajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya," Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- [7] A. Sudrajat, "Sistem-Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya," Jakarta: BPPT-Press, 2007.
- [8] Poppy Honora, "Pemanfaatan Tenaga Surya Sebagai Penggerak Pompa Air DC Pada Tanaman Hidroponik," Skripsi. Medan: Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [9] Tubagus Jaka Suriya, "Analisa Perhitungan Tegangan Dan Arus Pada Penggunaan Motor Pompa Air DC Yang Disuplai Oleh Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya," Tugas Akhir. Medan: Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2018.
- [10] Akmal Syahyuddin, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Pengereng Padi Berbasis Rice Cooker Machine," Skripsi. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar. 2020.
- [11] Syamsudin M., "Membuat Sendiri Pembangkit Listrik Tenaga Surya," Bukudigital.net, 2013.
- [12] Ardhi Kusuma, "Memahami Cara Kerja Pompa Submersible," Sanspower, 2020. [Online]. Available: <https://www.sanspower.com/cara-kerja-pompa-air-submersible.html>. [Accessed 03 Juli 2022]
- [13] Yuhai, "Analisis Penggunaan Panel Surya Pada Rancang Bangun Mesin Perontok Gabah", Skripsi, Politeknik Negeri Samarinda, 2020.
- [14] Ridho Shafa Ramadhan, "Perancangan Kapasitas Sel Surya dan Beban Pada Automatic Hand Washer With Workstation", Tugas Akhir, Politeknik Negeri Samarinda, 2020.
- [15] Builder Indonesia, "DOD Baterai dan SOC Baterai," builder.id, 2022. [Online]. Available: <https://www.builder.id/dod-baterai-dan-soc-baterai/>. [Accessed 09 Agustus 2022]