

PERANCANGAN *SMART FARMING* DENGAN PEMBANGKIT *HYBRID* (PANEL SURYA & PICOHIDRO) BERBASIS *IOT* DI AREA PERTANIAN

¹Farhan Esa Maulaya, ²Irrine Budi Sulistiawati ³Alfarid Hendro Yuwono
Teknik Elektro S1, ITN Malang, Malang Indonesia

¹farhanmaulaya@gmail.com, ²irrine@lecturer.itn.ac.id, ³alfaridhendroyuwono@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Untuk meningkatkan produktivitas hasil panen pada pertanian yang masih tergantung pada iklim, curah hujan, sistem irigasi terkontrol, dan penggunaan bahan bakar konvensional untuk mesin diesel/pompa air yang semakin mahal, boros, dan tidak efektif, sehingga mengakibatkan biaya operasional lahan pertanian juga mahal. Sehingga dilakukan penelitian ini dengan tujuan merancang sistem smart farming yang bekerja melakukan irigasi otomatis pada area pertanian dengan sumber energi listrik panel surya dan picohidro. Dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mengolah data sensor dan mengontrol beban menggunakan modul Wi-Fi dan thingspeak memonitor hasil pembacaan sensor pada lahan pertanian. Pembacaan sensor *soil moisture* perharinya menunjukkan tingkat kelembaban tanah mengalami kenaikan dan penurunan sekitar 1-8% akibat perubahan cuaca. Perhitungan kebutuhan daya pompa air DC membutuhkan daya 400 watt dari baterai atau pembangkit listrik untuk melakukan irigasi sebanyak 30000 liter selama 8 jam pada lahan berukuran 60 m². Sistem monitoring berbasis IoT menggunakan thingspeak dapat menampilkan data setiap 1 menit atau sesuai program yang diinputkan operator, sehingga kondisi *real-time* dapat dimonitor setiap saat.

Kata Kunci: *Smart Farming, Pembangkit Hybrid, IoT Pertanian*

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini produksi dari hasil panen pada pertanian masih tergantung pada iklim, curah hujan dan sistem irigasi yang terkontrol. Ketika kondisi kemarau panjang dan sistem irigasi tidak berjalan dengan baik maka hasil bunga tidak bisa maksimal dan produktivitas panen menjadi lebih sedikit. Semakin luas pertanian, maka pemakaian Diesel atau pompa air dengan bahan bakar konvensional akan semakin mahal dan tidak efisien yang mengakibatkan biaya operasional mahal[1]. Hal ini menjadi peluang besar dalam pemanfaatan energi terbarukan yang dapat menggantikan energi fosil yang mulai ditinggalkan. Energi terbarukan yang bisa dipakai yaitu panel surya dan turbin air.

Pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga picoHidro (PLTPH) banyak terjadi pada bidang pertanian sebagai sumber energi baru terbarukan dengan biaya yang murah dan mudah, sehingga area pertanian dapat memanfaatkan energi listrik yang dihasilkan untuk sistem monitoring, irigasi, dan penyemprotan peptisida pada tanaman. Pada penelitian terdahulu melakukan studi kelayakan yang mendapat hasil bahwa pembangkit PLTS masih memerlukan investasi jangka pendek yang terbilang mahal dan hanya bisa menyediakan listrik setengah hari saja dari penyerapan radiasi matahari selama satu hari. Perlu sekali menyesuaikan sudut panel surya untuk bisa mendapatkan intensitas penyinaran yang optimal. Pada baterai saat proses pengisian dan pengosongan tidak tepat dapat mengakibatkan masa pakai baterai berkurang.

Oleh karena itu digunakan sistem *hybrid* pada pembangkit listrik, panel surya dan turbin air atau sebaliknya dengan sumber-sumber energi lainnya. Hal tersebut dapat menaikkan produksi dari energi listrik pada sistem dan menurunkan resiko terjadinya kekurangan energi listrik[2]. Ketika pagi sampai dengan sore hari dan saat terjadi musim kemarau dapat memakai panel surya yang dapat menyerap radiasi matahari, sehingga menghasilkan sumber listrik yang maksimal. Sedangkan pada saat pagi hingga malam, asalkan tidak pada musim kemarau tentunya terdapat aliran air sungai yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk memutar turbin air pada pembangkit listrik tenaga picohidro.

Untuk menjaga kestabilan dari tanah yang digunakan untuk lahan pertanian, maka diperlukan sistem *smart farming* yang memakai perangkat sensor dan sistem *IoT* supaya dapat menghidupkan dan menghidupkan pompa air, mengukur kelembaban tanah, monitoring kondisi cuaca, sampai dengan mengukur volume hasil dari panen[3]. Akan tetapi, perlu adanya sistem *Internet of Thing (IoT)* bisa menyambungkan sebuah peralatan tertentu dengan memanfaatkan internet

sebagai media menjalankan suatu kegiatan atau berbagai fungsi lainnya, agar tanah di area pertanian dapat diatur sebaik mungkin untuk proses monitoring suhu, kelembaban tanah, dan tingkat kecerahan pada masa pertumbuhan tanaman secara teratur[4].

B. Rumusan Masalah

Menurut penjelasan latar belakang sebelumnya bahwa:

1. Bagaimana merancang pembangkit listrik *hybrid* (Panel surya & Picohidro) yang sesuai dengan daerah yang dijadikan penelitian untuk *charging* baterai dan sumber energi listrik pompa air sebagai sistem irigasi?
2. Bagaimana sistem kerja dari pembangkit listrik *hybrid* (Panel surya & Picohidro) untuk *smart farming* yang berbasis *IoT* di area pertanian?
3. Bagaimana membuat alat yang mampu *memonitoring* kelembaban tanah, tegangan, dan arus pembangkit secara *real-time* berbasis *IoT* untuk sistem kontrol pada pompa air?

C. Tujuan

Dari penjelasan rumusan masalah sebelumnya, maka dapat dibuat tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil membuat perancangan smart farming berbasis *IoT* dengan menggunakan pembangkit *hybrid* panel surya dan picohidro.
2. Pembangkit *hybrid* memberikan sumber listrik untuk pompa air bekerja apabila mikrokontroler ESP32 mendapat input dari sensor kelembaban tanah dibawah 80% (Nilai ADC > 817).
3. Dengan menggunakan *IoT thingspeak* yang mampu menampilkan data dalam waktu tiap menit atau sesuai program yang diinputkan operator, maka kondisi *real-time* dapat dimonitor setiap saat

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Sistem Pertanian

Perkembangan pertanian di Indonesia sangat perlu diperhatikan, karena banyak penduduk Indonesia yang bekerja sektor ini dan berperan penting dalam menyediakan pangan bagi masyarakat serta mendukung perekonomian negara. Dengan banyaknya potensi yang ada di bidang pertanian, maka diperlukan dukungan sumber daya yang baik untuk memajukan program pemerintah dibidang pertanian serta mampu meningkatkan dan membantu petani agar merubah kehidupan petani menjadi sejahtera[5]. Semakin berkembangnya zaman sekarang yang mulai memasuki revolusi industri 4.0, sistem pertanian juga semakin modern yang memanfaatkan teknologi baru seperti *Internet of Things* (*IoT*) bisa menyambungkan suatu peralatan tertentu dengan mamakai internet yang berguna menjalankan suatu kegiatan atau berbagai fungsi kerja.

Pertanian cerdas (*Smart Farming*) merupakan suatu sistem pertanian yang modern menggunakan teknologi yang canggih untuk meningkatkan hasil produktivitas pertanian lebih maksimal[6], ditambah lagi dengan penggabungan dua

pembangkit yaitu panel surya dan picohidro yang digunakan untuk sumber energi listrik bagi peralatan smart farming yang tentunya ramah lingkungan dan tidak akan ada habisnya, maka sistem irigasi smart farming pada area pertanian akan berjalan dengan optimal. Sehingga meringankan pekerjaan para petani, menjaga suhu dan kelembaban tanaman supaya tetap dalam keadaan normal, dan memaksimalkan hasil panen. Dibantu juga sistem monitoring dengan *IoT* untuk mengetahui berapa hasil energi yang dihasilkan oleh pembangkit dan kondisi tanaman dari jarak jauh.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah sebuah pembangkit yang dapat mengubah energi surya (matahari) menjadi energi listrik arus searah (DC) menggunakan panel surya yang memakai bahan dari semikonduktor silikon (Si) murni, atau bahan lainnya[7]. Prinsip kerja pembangkit ini menggunakan sejumlah sel surya yang dihubungkan seri dan parallel menjadi panel surya, untuk dapat meningkatkan tegangan dan juga arus yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan sebagai pemakaian sistem catu daya beban [8]. Kemudian daya tersebut di stabilkan menggunakan *solar charge controller*, apabila ingin mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) pada sistem satu fasa ataupun tiga fasa dengan kapasitas yang besar bisa memakai inverter, dan memakai baterai sebagai penyimpanan daya listrik (*storage*).

Perkembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terus menunjukkan pertumbuhan yang positif dan pesat setiap tahun nya seperti teknologi panel surya yang lebih efisien, biaya yang semakin terjangkau, mudah untuk diintegrasikan ke dalam infrastruktur jaringan listrik umum atau dalam bangunan, penyimpanan energi yang lebih baik, bisa digunakan di skala besar dan komersial, regulasi dan dukungan pemerintah yang semakin insentif.[9].



Gambar 1. Panel surya

C. Pembangkit Listrik Tenaga PicoHidro

Suatu pembangkit energi listrik yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan energi kinetik yang ada di aliran air untuk menggerakkan turbin air yang hanya memiliki kapasitas sangat kecil yaitu minimumnya 100 watt dan maksimumnya bisa sampai 5 kW disebut dengan pembangkit listrik tenaga picohidro (PLTPH). Cara kerja pembangkit ini memanfaatkan energi kinetik air, sehingga sudu turbin dapat berputar dan poros turbin juga bisa ikut berputar, selanjutnya turbin tersebut dihubungkan generator supaya ikut berputar yang pada akhirnya dapat menghasilkan listrik AC (*Alternating Current*), kemudian output listrik AC diubah menjadi listrik DC (*Direct Current*) menggunakan *rectifier* supaya dapat digunakan untuk beban listrik DC seperti pompa air[10]. Sehingga pembangkit listrik dapat menghasilkan energi listrik dengan debit air sedikit dan bisa beroperasi di daerah terpencil selama 24 jam pada debit air yang sesuai.



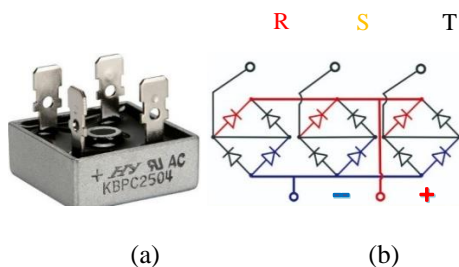
Gambar 2. Pembangkit Picohidro

D. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) merupakan gabungan antara beberapa jenis pembangkit listrik energi baru terbarukan seperti halnya pembangkit listrik tenaga surya dengan tenaga angin, pembangkit listrik tenaga biomassa dengan tenaga surya, pembangkit listrik tenaga geothermal dengan tenaga surya, dan lain-lainnya [11]. Seperti pembangkit listrik hybrid yang dipakai dalam penelitian ini adalah penggabungan antara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Pembangkit Listrik Tenaga PicoHidro (PLTPH) yang memiliki tujuan mengoptimalkan energi listrik dengan cara memanfaatkan kelebihan dari dua atau lebih pembangkit tenaga listrik yang beroperasi terpadu sebagai sistem yang efisien. Karena panel surya hanya menghasilkan energi listrik dari pagi hingga sore hari, maka pada malam hari energi air dapat membantu menghasilkan energi listrik untuk memasok energi listrik ke beban atau sebagai sistem pengecasan baterai, sehingga keluaran daya dari pembangkit listrik *hybrid* ini akan terus ada selama 24 jam.

E. Rectifier 3 Fasa

Perangkat elektronika pada rangkaian catu daya untuk mengubah arus maupun tegangan AC (Arus bolak-balik) menjadi tegangan DC (Arus searah) dengan cara mengalirkan arus listrik dari perangkat yang biasa disebut dengan rectifier [12]. Dioda yang berjumlah 4 buah dirangkai secara jembatan (*dioda bridge*) dengan gelombang penuh yang memiliki peran penting yaitu sebagai komponen pengubah arus. Dioda memakai bahan semikonduktor (silikon ataupun germanium) tipe positif dan tipe negatif yang disatukan, sehingga dioda banyak digunakan sebagai penyearah pada rangkaian elektronika, karena berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari satu arah akan tetapi menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Bisa dilihat dari gambar 2.3 (b) bahwa output dari generator yang masuk pada rectifier adalah arus listrik AC tiga fasa yaitu R, S, T. Kemudian diubah oleh rectifier 3 fasa yang didalamnya terdapat dioda sebanyak 4 buah per fasanya berfungsi sebagai pengubah dari arus listrik AC jadi arus listrik DC yaitu plus (+) dan minus (-) supaya bisa digunakan pada beban listrik DC.



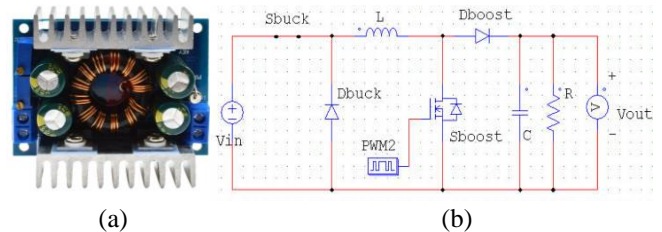
Gambar 2. (a) Rectifier, (b) Rangkaian Rectifier 3 Fasa

F. Modul Boost-Buck Konverter

Modul ini merupakan sebuah sistem konversi energi yang banyak digunakan pada energi baru terbarukan untuk mengoptimalkan pengambilan daya dari sumber energi yang dihasilkan, supaya dapat menyesuaikan dengan beban atau mengkonversi daya agar sesuai dengan kondisi lingkungan yang setiap saat selalu berubah. Tidak hanya itu, *Boost-Buck converter* juga dapat mengubah tegangan listrik DC (*Direct Current*) dari input jadi tegangan listrik DC output yang bisa lebih tinggi atau rendah tergantung pengaturannya [13]. Konverter ini dikenal sebagai konverter buck-boost atau *inverter buck-boost*, tergantung arah perubahan tegangan yang dibutuhkan.

a. Boost Konverter

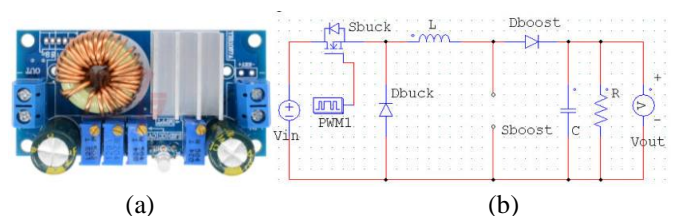
Dengan nilai tegangan masukan berada di bawah nilai tegangan yang diinginkan, maka rangkaian beroperasi pada boost konverter. MOSFET (*metal-oxide-semiconductor field-effect transistor*) pada Sboost akan memperoleh sinyal switching dari PWM 2. Sedangkan MOSFET Sbuck memperoleh sinyal switching pada PWM 1 dengan memiliki nilai duty cycle (D) sama dengan 1 dan selalu menyala/on (close) [14]. Sehingga nilai tegangan keluaran dapat dikontrol oleh MOSFET Sboost untuk dinaikkan tegangannya sesuai keinginan.



Gambar 3. (a) Modul Boost Konverter, (b) Rangkaian Boost Konverter

b. Buck Konverter

Pada saat nilai tegangan masukan di atas nilai tegangan yang diperlukan, maka rangkaian beroperasi pada buck konverter. MOSFET Sbuck memperoleh sinyal switching dari PWM1. Sedangkan MOSFET Sboost mendapat sinyal switching dari PWM2 yang memiliki nilai sama dengan 0 pada duty-cycle (D), maka MOSFET boost dapat dikontrol setiap saat pada kondisi mati/off (open). Maka nilai tegangan keluaran akan dikontrol melalui MOSFET buck supaya dapat diturunkan tegangannya sesuai keinginan.



Gambar 4. (a) Modul Buck Konverter, (b) Rangkaian Buck Konverter

G. Internet Of Things

Sebuah konsep sistem yang memiliki tujuan untuk memperluas konektivitas internet yang terhubung selalu pada jaringan dan dapat digunakan sebagai penghubung mesin,

peralatan elektronik, dan benda lainnya, memakai sensor jaringan dan juga aktuator supaya dapat mengelola data dengan kinerjanya sendiri, maka perangkat tersebut dapat beroperasi berdasarkan informasi baru yang didapat secara independent dan dapat dikendalikan dari jarak jauh biasa disebut dengan sistem Internet of Things (IoT)[15].

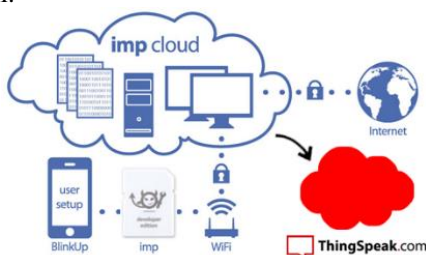


Gambar 5. Sistem Internet of Things

Prinsip Kerja *Internet of Things* (IoT) dapat dilihat pada gambar 5 yaitu dengan menggunakan suatu argumentasi pemrograman yang dimana setiap perintah pada argumennya terhubung secara otomatis dengan mesin seperti cctv, kelistrikan rumah, sistem keamanan, tv, dan masih banyak lagi tanpa operator manusia melalui jarak jauh. Internet berfungsi sebagai penghubung kedua interaksi dari mesin listrik dengan memberi pengenalan IP address pada setiap perangkat dan memakai jaringan internet supaya dapat berkomunikasi dengan perangkat lainnya yang mempunyai alamat IP address[16]. Sementara manusia hanya memiliki tugas sebagai pengawas dan juga mengatur bekerjanya alat tersebut secara langsung.

H. Cloud ThingSpeak

ThingSpeak adalah suatu platform *Internet of Things* (IoT) dengan fungsi untuk mengumpulkan, menyimpan, menampilkan, dan menganalisis data perangkat IoT dengan menggunakan protokol HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*). ThingSpeak memudahkan pengguna untuk membuat proyek berbasis IoT yang melibatkan sensor, perangkat cerdas, dan mikrokontroler dengan bantuan adanya jaringan LAN (*Local Area Network*). untuk mengirim data yang sudah terbaca ke platform ini.

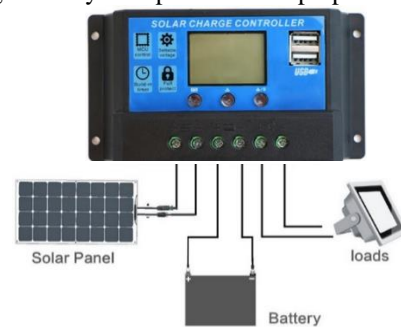


Gambar 6. Cloud ThingSpeak

Setelah data dari semua perangkat sudah terbaca, kemudian data tersebut di simpan pada cloud ThingSpeak untuk dapat dilakukan analisis dan pemantauan dari jarak jauh tanpa harus ke lokasi supaya pengguna bisa memonitoring data secara *realtime*. Data yang berada pada webserver ThingSpeak, selanjutnya diambil oleh aplikasi di android menggunakan koneksi jaringan internet. Sehingga, data yang ditampilkan aplikasi android thingspeak sama seperti data pada webserver Thingspeak[17].

I. Solar Charge Controller

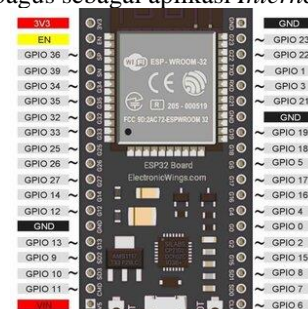
Suatu perangkat elektronika yang dipakai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk mengatur arus dan tegangan dalam system pengecasan baterai, baik energi yang masuk dan keluar dari baterai diisi daya-nya oleh panel surya biasa disebut dengan *Solar charge controller* (pengendali pengisian surya). Fungsi dari adanya alat ini pada panel surya adalah untuk melindungi baterai dari resiko terjadinya *overcharging* (kelebihan pengisian daya karena baterai sudah penuh) atau kelebihan tegangan panel surya, dan *overdischarging* (pengosongan berlebihan)[18], sehingga kinerja dari baterai dapat dipastikan tetap efisien dan optimal dalam sistem pengisian daya dari panel surya. Untuk cara kerjanya bisa dilihat pada gambar 2.8 yaitu sebuah panel surya masuk pada terminal input *solar charge controller*, kemudian output dari *solar charge controller* yang sudah di stabilkan menuju ke baterai untuk sistem pengecasan dan juga bisa langsung digunakan pada beban yang menggunakan listrik DC. Sedangkan untuk port USB nya bisa digunakan sebagai pengisian daya hanphone atau laptop.



Gambar 7. Solar Charge Controller

J. ESP32

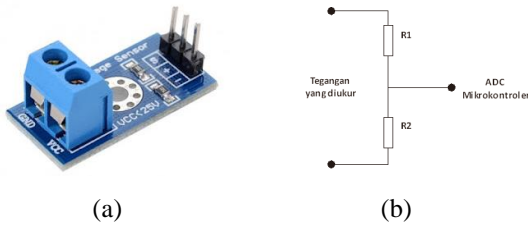
ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan di berbagai keperluan di bidang energi listrik maupun elektronika untuk melakukan setting kontrol alat atau sensor secara otomatis dan memungkinkan peralatan dengan teknologi lama maupun teknologi baru yang dapat melakukan komunikasi melalui network[19]. Hal ini bisa dilakukan karena pada ESP32 terdapat sejumlah pin GPIO untuk berbagai keperluan input, output, PWM (Pulse Width Modulation), memiliki dua inti prosesor Tensilica Xtensa 32-bit untuk dapat eksekusi data secara paralel dengan penanganan beban kerja yang lebih besar, dan juga terdapat modul Wi-Fi maupun Bluetooth 4.2 yang terintegrasi dengan perangkat ESP32, sehingga peralatan dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi dan dapat berkomunikasi dengan perangkat lain melalui Bluetooth. Dengan demikian mikrokontroler ESP32 sangat bagus sebagai aplikasi *Internet of Things* (IoT).



Gambar 8. ESP32

K. Sensor Tegangan

Sensor tegangan DC adalah sensor untuk mengukur tegangan listrik arus searah (DC) di rangkaian listrik DC dengan range pengukuran tegangan 0 –25 VDC. Sensor dapat beroperasi menggunakan tegangan masukan Vcc sebesar 5 volt DC dan menggunakan teknologi *efek Hall* atau prinsip pengukuran resistansi untuk mengukur tegangan pada sirkuit DC.

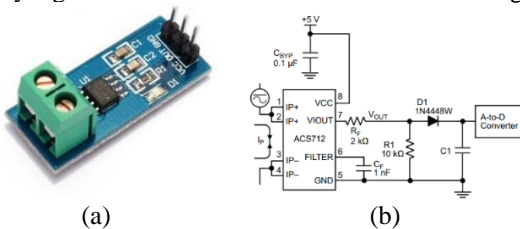


Gambar 9. (a) Sensor Tegangan, (b) Rangkaian Sensor Tegangan

Prinsip kerja perangkat ini didasarkan pada pembagian tegangan (*voltage divider*) dengan penekanan resistansi dari rangkaian paralel yang melewati block terminal, setelah itu pin untuk kontrol sensor dibuhungkan pada ESP32. Pada dasarnya, sensor ini terbuat dari beberapa resistor yang terhubung seri atau paralel dengan sumber tegangan yang akan diukur. Tegangan yang diukur diambil dari titik tengah atau ujung tertentu pada rangkaian. Perubahan resistansi atau nilai tegangan pada resistor dapat digunakan untuk mengukur perubahan tegangan secara keseluruhan. Karakteristik sensor ini adalah dengan menaikkan dan menurunkan tegangan pada sumber dari yang sebelumnya sebesar 2,6–25 Volt atau sebaliknya pada interval 0,5 Volt dalam pembacaan keluaran nilai dari sensor dan alat ukur avometer[20].

L. Sensor Arus ACS712

Sensor yang memakai teknologi Hall Effect current sensor juga untuk dapat mendeteksi arus searah (AC) atau bolak baik (DC) secara presisi dari pembacaan arus dalam suatu rangkaian listrik yang banyak terdapat di dunia industri, otomotif, komersial dan sistem jaringan komunikasi disebut dengan sensor arus ACS712[21]. Perangkat ini mengukur arus dengan keakuratan yang bagus dalam rentang pengukuran yang berbeda, seperti 5A, 20A, dan 30A, karena didalamnya ada rangkaian *low-offset linear Hall* yang memakai satu lintasan terbuat dari tembaga.



Gambar 10. (a) Sensor Arus ACS712, (b) Rangkaian Sensor Arus ACS712

Prinsip kerja sensor ini adalah arus dari beban pada rangkaian akan dibaca dan dialirkan dari kabel dari tembaga yang ada didalamnya, sehingga menciptakan medan magnet yang dapat diterima oleh *integrated Hall IC*, kemudian diubah jadi tegangan proporsional. Ketepatan pengukuran sensor ini dimaksimalkan dengan memakai komponen antara penghantar yang dapat menghasilkan medan magnet dengan cara *hall transducer* secara berdampingan satu sama lain.

M. Sensor Soil Moisture

Sensor yang mendeteksi kelembaban tanah untuk menentukan apakah ada kandungan air di tanah disebut dengan Sensor *Soil moisture* yang terdiri dua probe digunakan untuk melewati arus melalui tanah, setelah itu melakukan pembacaan resistansi sehingga mendapatkan tingkat kelembaban pada tanah. Dengan demikian semakin banyak air yang terdapat di tanah, maka membuat tanah lebih mudah mengalirkan listrik (memiliki resistansi kecil), sedangkan tanah kering akan sulit mengalirkan listrik (memiliki resistansi besar).



Gambar 11. Sensor Soil Moisture

Cara kerja dari sensor *soil moisture* mendeteksi tingkat kelembaban tanah yang diprogram dengan pembacaan pada pin ADC pada mikrokontroler dengan tingkat ketelitian 12 bit, maka akan terbaca nilai ADC dari range 0 – 4095, kemudian sensor akan mengirimkan sinyal informasi ke mikrokontroler tentang kondisi kelembaban tanah secara realtime. Sehingga ketika kelembaban tanah kering, maka nilai ADC akan bertambah besar ataupun sebaliknya kalau kelembaban tanah basah, maka nilai ADC akan semakin kecil[22].

N. Baterai 12V 45Ah

Baterai 12V 45Ah merupakan tempat penyimpanan daya yang dihasilkan oleh suatu sumber energi listrik yang memiliki tegangan nominal 12 volt dengan kapasitas 45 ampere-hour (Ah). Ini berarti baterai dapat menyediakan arus listrik sebesar 45 ampere dalam satu jam atau arus lebih rendah dalam waktu yang dapat lebih lama sebelum perlu dilakukan isi ulang agar baterai tidak cepat rusak. Baterai 12V banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem penyimpanan energi rumah tangga, kendaraan listrik, sistem tenaga surya, UPS (*Uninterruptible Power Supply*), dan lainnya. Apabila ingin membeli atau memakai baterai, pastikan terlebih dahulu kapasitasnya (dalam Ah) dan jenis penggunaan beban yang direncanakan untuk memastikan baterai tersebut dapat memenuhi kebutuhan energi sistem dan juga baterai perlu di- isi ulang atau diganti ketika sudah terpakai habis dayanya.

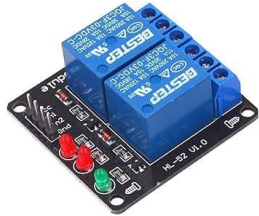


Gambar 12. Baterai 12V 45Ah

O. Relay DC Normally Open

Relay adalah saklar (switch) yang bisa dioperasikan menggunakan listrik dan juga termasuk dalam komponen Elektromechanical yang memiliki dua bagian yaitu elektromagnetik (koil) dan mekanikal (kontak saklar switch)[23]. Cara kerja dari relay adalah memberikan tegangan kerja terlebih dahulu terhadap relay sebesar 3.3V

agar relay dapat aktif, kemudian menggunakan elektromagnetik untuk menggerakkan kontak pada saklar dengan memanfaatkan arus listrik kecil (*low power*) akan menyalurkan energi listrik yang memiliki tegangan tinggi. Pada relay terdapat kumparan dengan inti besi yang apabila terkena aliran listrik maka kumparan bisa menjadi medan magnet yang kemudian menarik kontak, maka relay yang sebelumnya dalam keadaan *normally open* (NO) diubah menjadi *normally close* (NC) agar dapat mengalirkan listrik.



Gambar 13. Relay DC Normally Open

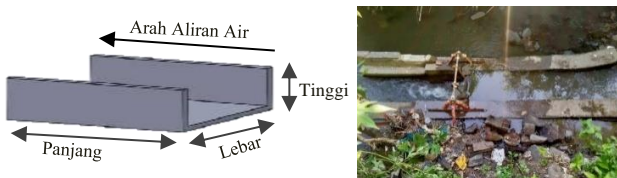
P. Pompa Air DC 12V

Pompa air DC 12V merupakan peralatan listrik mekanis yang dipergunakan untuk menaikkan atau memompa air dari tempat rendah menuju ketempat yang lebih tinggi atau sebaliknya. pompa air dc beroperasi dengan sumber tegangan listrik dari sebesar 12 volt (DC). Pompa semacam ini banyak digunakan pada sistem penyiraman otomatis, peralatan portabel, atau sistem pemompaan yang membutuhkan daya DC yang tidak terlalu tinggi. Umumnya pompa air ini lebih mudah diinstal dan sering digunakan dengan sumber daya listrik yang terbatas atau perlu disesuaikan dengan sistem yang beroperasi pada tegangan rendah. Akan tetapi pada pompa air DC memiliki spesifikasi berbeda-beda dalam hal daya pompa, kapasitas aliran air, tekanan, dan ukuran fisiknya, tergantung pada kebutuhannya. Sehingga perlu diperhitungkan dalam pemilihan pompa dengan kebutuhan spesifik untuk memastikan kinerjanya sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 14. Pompa Air DC 12V

Q. Persamaan Potensi Daya Aliran Air Sungai



Gambar 15. Ukuran Sungai Yang Mengalir

Sebelum melakukan pembangunan picohidro, terlebih dahulu perlu melakukan pengukuran luasan dari sungai untuk dapat mengetahui berapa pontensi daya yang bisa dibangkitkan dari sungai tersebut supaya bisa menentuka berapa kapasitas pembangkit hybrid yang nantinya dibangun dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

➤ Kecepatan air:

$$V = \frac{D}{T} \tag{1}$$

Ket :

V = Kecepatan aliran air (m/s)

D = Jarak (m)

t = Waktu (s)

➤ Luas penampang aliran air:

$$A = L \times d \tag{2}$$

Ket :

A = Luas penampang aliran (m²)

L = Lebar penampang (m)

d = Kedalaman sungai (m)

➤ Debit air:

$$Q = A \times V \tag{3}$$

Ket :

Q = Debit air (m³/s)

A = Kecepatan aliran air (m²)

V = Luas penampang aliran (m/s)

➤ Daya potensi air:

$$P_a = \rho \times g \times Q \times H \tag{4}$$

Ket :

P_{air} = Daya potensi air (Watt)

ρ = Masa jenis air (1000 kg/m³)

g = Gravitasi (m/s²)

Q = Debit air (m³/s)

H = Tinggi aliran air (m)

R. Persamaan Volume Lahan Pertanian Padi



Gambar 16. Lahan Pertanian Padi

Persamaan ini digunakan untuk menentukan berapa volume lahan pertanian yang nantinya butuh dilakukan irigasi, sehingga memudahkan dalam analisis dan dapat mengetahui berapa luasan aktual pada lahan pertanian. Persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$V = P \times L \times T \tag{5}$$

Ket :

$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$

$P = \text{Panjang (m)}$

$L = \text{Lebar (m)}$

$T = \text{Tinggi (m)}$

S. Persamaan Kebutuhan Daya Pompa Air DC

Persamaan ini digunakan untuk menentukan berapa daya yang dibutuhkan pompa air DC dalam beberapa jam untuk melakukan irigasi lahan pertanian, sehingga memudahkan dalam analisis dan dapat mengetahui berapa kapasitas daya yang harus dipersiapkan untuk pompa air. Persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$T = \frac{V}{Q} \quad (6)$$

Ket :

$T = \text{Waktu (jam atau menit)}$

$V = \text{Volume (liter atau dm}^3\text{)}$

$Q = \text{Debit (liter/jam atau dm}^3\text{/jam)}$

Volume yang dapat dipenuhi dari pompa DC adalah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = Q \times T \quad (7)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT) Teknik Elektro untuk perakitan alat yang dibuat dan di daerah belakang Gedung D3 mesin kampus II ITN Malang untuk pengambilan data nya.

B. Alat dan Bahan

Untuk alat dan bahan yang diperlukan untuk perakitan alat penelitian terdapat beberapa komponen seperti berikut:

Tabel 1. Kebutuhan Alat dan Bahan

Nama Perangkat	Jenis	Jumlah
Panel Surya 100 Wp	Poly-Crystalline	1
PicoHidro 100W	Turbin Pelton	1
Solar Charge Controller	Max 10 Ampere	2
Modul Boost Konverter	Max 10 Ampere	1
Modul Buck Konverter	Max 5 Ampere	2
Rectifier 3 Phasa	KBPC2504	1
Mikrokontroler ESP32	Dev-Module	2
Sensor Tegangan	DC 24V	2
Sensor Arus	ACS712	2
Sensor Soil Moisture	FC-28	1
Baterai	TAG 12V 45Ah	1
Relay DC	Normally-Open	1
Pompa Air	DC 12V	1

Untuk detail spesifikasi alat dan bahan yang dipakai pada penelitian ini bisa dilihat sebagai berikut:

1. Panel Surya

Tabel 2. Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi	Keterangan
Peak Power (Pmax)	100 Wp
Optimum Operating Voltage (Vmp)	18.0 V
Optimum Operating Current (Imp)	5.55 A
Open Circuit Volt (Voc)	21.24 V
Short Circuit Current (Isc)	6.22 A
Module Effisiensi (EFF)	17.6%
Dimensions (MM)	1020*670*30

2. Boost Konverter

Tabel 3. Spesifikasi Modul Boost Konverter

Spesifikasi	Keterangan
Input Voltage	5 - 30V (DC)
Input Ampere	8A Max
Output Voltage	1.25 - 30V (DC)
Output Ampere	5 - 10A
Working Temperature	-40 until + 85 degrees
Operating Frequency	150 KHz
Size	60*53*22mm
Conversion Efficiency	93%

3. Modul Buck Konverter

Tabel 4. Spesifikasi Modul Buck Konverter

Spesifikasi	Keterangan
Input Voltage	6 - 36V (DC)
Output Voltage	1.25 - 36V (DC)
Output Ampere	0.05 - 5A
Working Temperature	-40 until + 85 degrees
Operating Frequency	180 KHz
Conversion Efficiency	95%

4. Solar Charge Controller (SCC)

Tabel 5. Spesifikasi Alat Solar Charge Controller

Spesifikasi	Keterangan
Charge & Discharge Current	20A
Battery Voltage	12 / 24V
Max Solar Input	<50V
Float Charge	13.7V (Default, Adjustable)
Discharge Stop	10.7V (Default, Adjustable)
Discharge Reconnct	12.6V (Default, Adjustable)
USB Output	5V / 3A
Self-Consumes	<10mA
Operating Temperature	-35°C~+80°C
Size / Weight	150*78*35mm / 150g

5. Mikrokontroler ESP32

Tabel 6. Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Spesifikasi	Keterangan
CPU	Tensilica Xtensia LX6 32bit Dual – Core
Frequency	160/240 MHz
SRAM	520 KB
FLASH	2 – 64 MB
Tegangan	2.2 – 3.6 V
Arus	80 mA
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.2BR/EDR+BLE
UART	3
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (12-bit)
DAC	2 (8-bit)

6. Sensor Pengukur Tegangan

Tabel 7. Spesifikasi Sensor Pengukur Tegangan

Spesifikasi	Keterangan
Operation Voltage	5V (DC)
Input Voltage	0 - 25V (DC)
Size	25*13mm
Conversion Efficiency	98%

7. Sensor Pengukur Arus ACS712

Tabel 8. Spesifikasi Sensor Pengukur Arus ACS712

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	4.5 – 5.5V (DC)
Jarak Pengukuran Arus	20A (AC atau DC)
Resistansi	1.2 mΩ
Jarak Sensitivitas	66 – 185 mV/A
Nilai Error	1.5%

8. Sensor Soil Moisture

Tabel 9. Spesifikasi Sensor Soil Moisture

Spesifikasi	Keterangan
Power Supply	3.3 – 5V (DC)
Output Voltage Signal	0 – 5V
Measuring Range	0 – 99.9%
Current	15mA
PCB Size	32*14mm
Error Value	1.5%

9. Pompa Air DC

Tabel 10. Spesifikasi Pompa Air DC

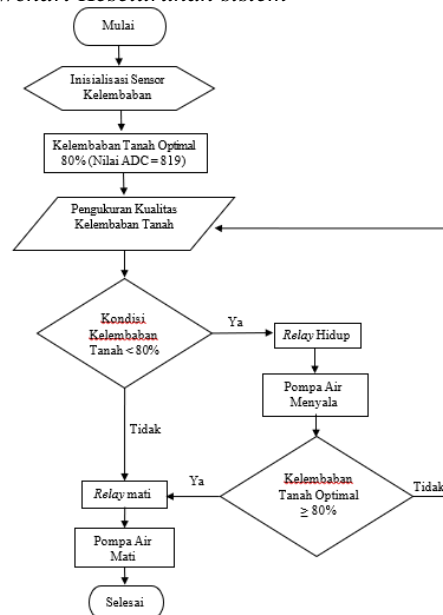
Spesifikasi	Keterangan
Power Supply	12V (DC)
Volume Keluaran	63 L / min
Diameter Outlet	1” / 255 mm
Daya Listrik	50 W / 5800 rpm
Daya Dorong	4 meter / 13.1 Ft (Max)
Daya Tekan	0.6 bar (Max)
Temperatur Air	0 – 60° C

C. Perancangan Penelitian

Deskripsi dari sistem yang ada pada penelitian ini adalah membahas tentang perancangan sistem *smart farming* yang bermanfaat di daerah pertanian dengan menggunakan pembangkit *hybrid* energi baru terbarukan yaitu panel surya dan picohidro yang saling terhubung satu sama lain untuk mengurangi penggunaan bahan bakar konvensional dan sebagai sumber energi listrik alternatif pada beban listrik DC. Penelitian ini bertujuan membantu para petani dalam mempertahankan kondisi tanah supaya tetap optimal untuk pertumbuhan tanaman dan menjaga sumber energi listrik ke pompa air maupun untuk pengisian baterai supaya tetap terjaga tidak sampai habis untuk menjaga *lifetime* dari baterai dan pompa air.

Dengan menggunakan sensor-sensor sebagai alat pembacaan terhadap kondisi yang terjadi di lapangan, kemudian hasil dari pembacaan sensor tersebut di-*monitoring* berbasis *IoT* untuk dapat mengetahui adanya perubahan terhadap kondisi tanah dan proses pengisian daya ke baterai dari kedua sumber pembangkit dalam mempertahankan kondisi baterai supaya tidak sampai mengalami kekosongan daya dan juga suplai daya ke beban secara *real-time* dari jarak jauh.

D. Flowchart Keseluruhan sistem

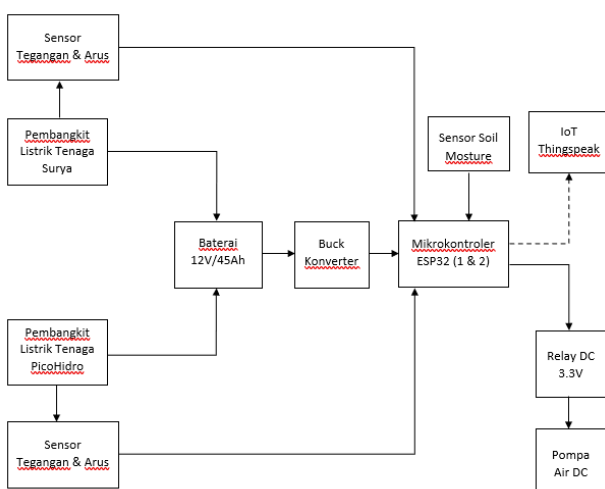


Gambar 18. Flowchart Keseluruhan Sistem

Untuk penjelasan algoritma flowchart sistem pada gambar 18 adalah sebagai berikut:

1. Mulai sistem,
2. Menginisialisasi sensor kelembaban tanah,
3. Menetapkan nilai kelembaban tanah optimal adalah 80% (Nilai ADC = 819),
4. Melakukan pengukuran terhadap kualitas kelembaban tanah,
5. Apakah kondisi kelembaban tanah kurang dari 80% (Nilai ADC > 819) ?
 - 5.1 Tidak, maka relay tetap mati dan pompa air juga mati, karena kondisi kelembaban tanah lebih dari atau sama dengan 80% (Nilai ADC \leq 819),
 - 5.2 Ya, maka relay hidup dan pompa air juga hidup, karena kondisi kelembaban tanah kurang dari 80% (Nilai ADC > 819),
 - 5.2.1 Apakah kelembaban tanah sudah optimal lebih dari atau sama dengan 80% (Nilai ADC \leq 819)?
 - 5.2.1.1 Tidak, maka sistem mengulangi kondisi ke-empat,
 - 5.2.1.2 Ya, maka relay mati dan pompa air juga mati, karena kelembaban tanah sudah optimal,
6. Selesai.

E. Blok Diagram Alat



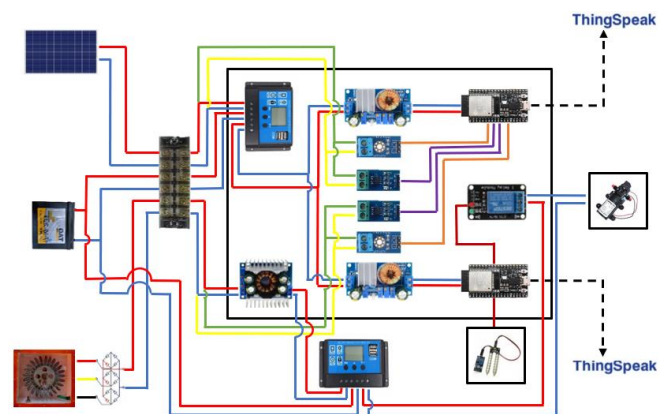
Gambar 19. Blok Diagram Alat

Pada penelitian ini menggunakan dua jenis pembangkit yaitu pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga picohidro dengan kapasitas yang berbeda dan

memilik keunggulan masing-masing, kemudian digabungkan menjadi pembangkit *hybrid* untuk mengoptimalkan keluaran energi listrik yang apabila saat langit berawan mengakibatkan energi listrik yang bisa dihasilkan oleh panel surya lebih sedikit, maka masih terdapat sumber energi listrik dari picohidro sampai malam hari atau apabila aliran air pada picohidro kecil yang mengakibatkan energi yang dihasilkan sedikit, maka masih terdapat panel surya sebagai sumber energi listrik sampai sore hari. Pada pembangkit listrik tenaga surya terdapat *solar charge controller* dan juga pembangkit listrik tenaga picohidro terdapat *rectifier 3 fasa* yang digunakan untuk merubah dari listrik AC (*Alternating Current*) jadi listrik DC (*Direct Current*) dan *boost converter*, komponen tersebut berfungsi untuk menjaga keluaran energi listrik dari kedua pembangkit *hybrid* tetap stabil dan juga aman sebagai sistem pengecasan pada baterai tetap pada tegangan 12V.

Selanjutnya daya yang sudah disimpan di baterai diturunkan tegangannya menjadi 3.3V (DC) menggunakan *buck converter* untuk menghidupkan mikrokontroler ESP32 (1) dan ESP32 (2). Fungsi ESP32 (1) adalah untuk mengontrol dan juga mengambil data keluaran daya yang sudah terbaca oleh sensor tegangan dan sensor arus (ACS712) yang dipasang pada kedua pembangkit hybrid agar dapat dimonitoring. Sedangkan ESP32 (2) memiliki fungsi untuk mengontrol dan juga mengambil data hasil pengukuran kelembaban tanah di area pertanian dari sensor *soil moisture* yang apabila terjadi perubahan pada kelembaban tanah secara signifikan, maka ESP32 (2) akan mengirimkan sinyal kepada relay DC 3.3V supaya menyala, sehingga dapat mengalirkan daya listrik untuk menghidupkan pompa air DC sebagai sistem irigasi pada area pertanian. Setelah data sudah terbaca oleh sensor-sensor, ESP32 (1) dan ESP32 (2) mengirimkan data tersebut ke sistem *IoT ThingSpeak* agar dapat dimonitoring dari jarak jauh secara *real-time*.

D. Perancangan Perangkat Keras

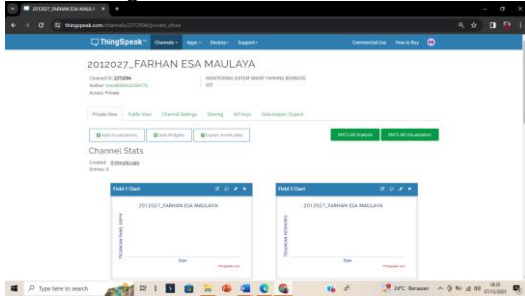


Gambar 20. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada sistem smart farming memakai pembangkit hybrid (panel surya & picohidro) membutuhkan komponen yaitu panel surya, picohidro, *rectifier*, *solar charge controller*, *boost konverter*, *buck konverter*, sensor tegangan, sensor arus, ESP32, relay DC 3.3V, sensor soil moisture, baterai 12V 45Ah, dan pompa air agar dapat menjalankan sistem sesuai dengan kinerja yang diinginkan.

E. Perancangan Sistem Monitoring Berbasis IoT

Pada sistem monitoring yang berbasis IoT penelitian ini menggunakan analytic dari website thingspeak dengan parameter yang sudah di program *Arduino IDE* yang sudah terhubung dengan ESP32 agar dapat mengupload ke cloud thingspeak. Sistem monitoring ini akan menampilkan parameter yang berupa grafik nilai pembacaan tegangan, arus, daya, dan kelembaban tanah yang sudah dilakukan oleh masing-masing pembacaan sensor yang terpasang. Dengan tampilan awal sebagai berikut:



Gambar 21. Perancangan Sistem Analytic Thingspeak

V. HASIL DAN ANALISIS

A. Penentuan Debit Air Sungai

Untuk penentuan pembuatan picohidro diperlukan survei lokasi tempat penelitian dengan cara menilai potensi dari sungai apakah sesuai untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga picohidro dengan menggunakan metode pengukuran metode terapung mendapat panjang penampang lintasan 374 cm, lebar dari penampang 46 cm dan ketinggian rata-rata pada air 20 cm dengan waktu tempuh rata-rata 2,50 detik.

Dari data pengukuran tersebut bisa digunakan untuk mencari potensi daya air dari sungai dengan persamaan seperti berikut :

- Kecepatan air menggunakan persamaan :

$$V = \frac{D}{T}$$

$$= \frac{3,74}{2,50}$$

$$= 1,496 \text{ m/s}$$

- Luas penampang aliran memakai persamaan :

$$A = L \times d$$

$$= 0,46 \times 0,20$$

$$= 0,092 \text{ m}^2$$

- Maka mendapat debit air memakai persamaan :

$$Q = A \times V$$

$$= 0,092 \times 1,496$$

$$= 0,1376 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Setelah memperoleh debit air, maka dapat dicari daya potensi dari air memakai persamaan dengan tinggi aliran air 0,21 m, maka hasilnya:

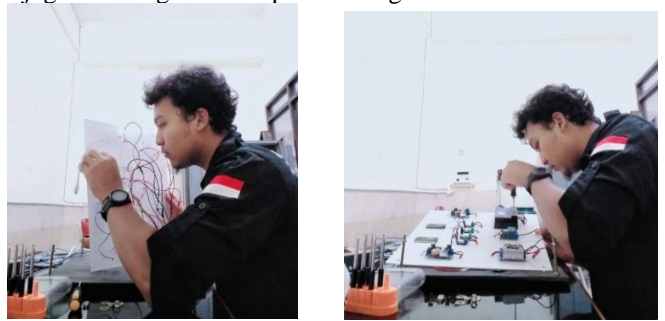
$$P_a = \rho \times g \times Q \times H$$

$$= 1000 \times 9,8 \times 0,1376 \times 0,20$$

$$= 269,69, \text{ watt}$$

B. Deskripsi Perancangan Alat

Deskripsi alat ini menjelaskan tentang proses dari awal sampai akhir perancangan *smart farming* menggunakan pembangkit hybrid di area pertanian. Pada tahap pertama, membuat tempat atau modul untuk meletakkan komponen-komponen listrik yang terbuat dari kaca akrilik berbentuk persegi, kemudian meletakkan komponen-komponen seperti *solar charge controller*, boost konverter, buck konverter, ESP32, sensor tegangan, sensor arus, sensor *soil moisture*, relay DC 3,3V, dan pompa air DC pada kaca akrilik yang sudah dibuat. Setelah itu menghubungkan komponen-komponen tadi sesuai dengan pin yang sudah ditentukan dan juga alur diagram blok pada bab tiga.



Gambar 22. Proses Pemasangan Komponen-Komponen

Pada tahap kedua, melakukan pemrograman ESP32 (1&2) dan kalibrasi pada sensor-sensor yang sudah terpasang yaitu sensor tegangan, sensor arus, dan sensor *soil moisture* supaya ESP32 dapat mengontrol sensor-sensor dalam mengukur keluaran energi listrik dari pembangkit hybrid dan kondisi kelembaban tanah yang ideal sekitar 80% (nilai ADC = 817). Sehingga pembacaan sensor-sensor sesuai dengan kondisi sebenarnya dan sistem bisa bekerja apabila kondisi kelembaban tanah tidak ideal akan menghidupkan pompa air DC.



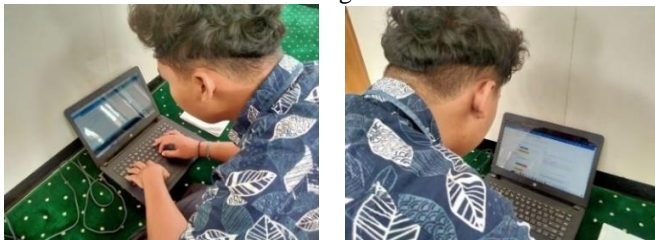
Gambar 23. Proses Pemrograman dan Kalibrasi Sensor

Pada tahap ketiga, menghubungkan pembangkit *hybrid* pada modul yaitu panel surya disambungkan dengan *solar charge controller* supaya keluaran energi listrik dari panel surya tetap stabil 12V dengan arus searah (DC), kemudian picohidro dihubungkan dengan rectifier 3 fasa dan boost konverter supaya keluaran energi listrik picohidro menjadi 1 fasa dan stabil 12V dengan arus searah (DC). Setelah itu keluaran dari pembangkit hybrid tersebut dihubungkan ke baterai untuk sistem pengecasan dan suplai ke beban.



Gambar 24. Proses Pemasangan Pembangkit Hybrid

Pada tahap keempat, mensetting dan juga menghubungkan webserver thingspeak pada ESP32 (1&2) dengan menyesuaikan channel ID dan API key yang terdapat di webserver thingspeak, setelah itu mendaftarkan ID dan API key tersebut ke software arduino IDE supaya dapat terhubung dengan board ESP (1&2), sehingga webserver thingspeak dapat menampilkan hasil pembacaan sensor tegangan, arus, dan *soil moisture* dalam bentuk grafik.



Gambar 25. Proses Menghubungkan Thingspeak dengan ESP32

Setelah semua tahap sudah selesai, Maka terciptalah alat *smart farming* dengan pembangkit *hybrid* berbasis *IoT* di area pertanian yang dapat dilihat dari Gambar 4.5 berikut,



Gambar 26. Hasil Perancangan Alat

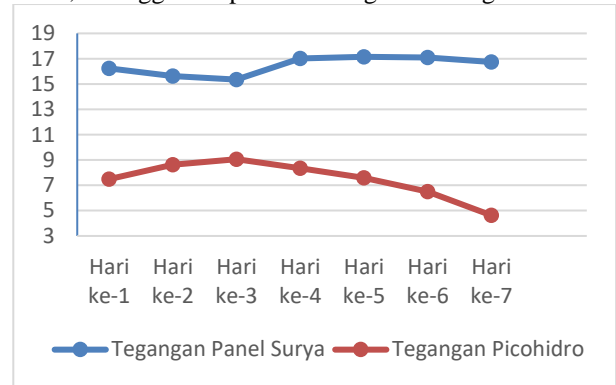
C. Proses Pengukuran Tegangan Pada Pembangkit Hybrid

Pada tahap ini dilakukan proses pengukuran keluaran tegangan pada pembangkit *hybrid* selama 7 hari dari tanggal 6-12 desember 2023, dengan setiap harinya dilakukan pengukuran dari jam 08.00-16.00 WIB. Dari hasil pengukuran sensor tegangan didapatkan rata-rata data setiap harinya yaitu:

Tabel 11. Hasil Rata-Rata Pengukuran Sensor Tegangan Pada Pembangkit Hybrid

Hari	Tegangan Panel surya (V)	Tegangan Picohidro (V)	Keterangan Cuaca
Hari ke - 1	16.23	7.48	Hujan Gerimis
Hari ke - 2	15.63	8.62	Hujan Deras
Hari ke - 3	15.35	9.06	Hujan Deras
Hari ke - 4	17.03	8.35	Cerah
Hari ke - 5	17.15	7.58	Cerah
Hari ke - 6	17.09	6.49	Cerah
Hari ke - 7	16.75	4.63	Sedikit Berawan

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa keluaran tegangan dari pembangkit mengalami penurunan dan kenaikan. Hal tersebut dipengaruhi oleh cuaca di lingkungan sekitar, sehingga didapatkan hasil grafik sebagai berikut:



Gambar 27. Grafik Tegangan Pembangkit Hybrid

Dari gambar 27 menunjukkan bahwa hasil keluaran tegangan kedua pembangkit berbanding terbalik yang mana pada percobaan hari ke-1 sampai hari ke-3 tegangan panel surya semakin turun, sedangkan tegangan picohidro semakin naik, hal tersebut bisa terjadi akibat adanya curah hujan yang tinggi, sehingga radiasi matahari berkurang dan debit air meningkat. Kemudian tegangan dari panel surya semakin meningkat, sedangkan tegangan picohidro semakin turun dari hari ke-4 sampai hari ke-7, karena cuaca sedang cerah yang mana radiasi matahari semakin meningkat dan debit air semakin berkurang.

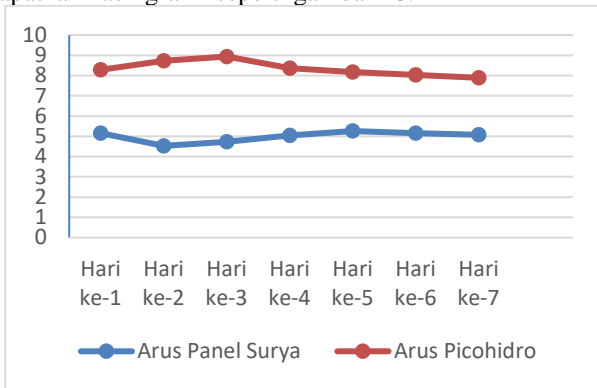
D. Proses Pengukuran Arus Pada Pembangkit Hybrid

Pada tahap ketiga pada penelitian ini yaitu proses pengukuran keluaran arus pada pembangkit *hybrid* selama 7 hari dari tanggal 6-12 desember 2023, dengan setiap harinya dilakukan pengukuran pada jam 08.00-16.00 WIB. Dari hasil pengukuran sensor arus didapatkan rata-rata data setiap harinya yaitu:

Tabel 12. Hasil Rata-Rata Pengukuran Sensor Arus Pada Pembangkit Hybrid

Hari	Arus Panel surya (A)	Arus Picohidro (A)	Keterangan Cuaca
Hari ke - 1	5.15	8.28	Hujan Gerimis
Hari ke - 2	4.53	8.72	Hujan Deras
Hari ke - 3	4.73	8.94	Hujan Deras
Hari ke - 4	5.24	8.37	Cerah
Hari ke - 5	5.26	8.17	Cerah
Hari ke - 6	5.16	8.03	Cerah
Hari ke - 7	5.08	7.89	Sedikit Berawan

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa keluaran arus dari pembangkit mengalami penurunan dan kenaikan yang lebih konstan. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya beban pompa air, komponen elektronika, dan baterai, sehingga didapatkan hasil grafik seperti gambar 28:



Gambar 28. Grafik Arus Pembangkit Hybrid

Dari gambar 28 menunjukkan bahwa hasil keluaran arus kedua pembangkit sama-sama mengalami kenaikan dan penurunan yang signifikan yang mana pada hari ke-1, 4, 5, 6, dan 7 arus panel surya mengalami kenaikan, sedangkan arus picohidro mengalami penurunan, hal tersebut bisa terjadi akibat adanya pergantian cuaca yaitu cerah dan berawan di lingkungan sekitar, beban yang harus disuplai oleh pembangkit, maupun sistem pengecasan pada baterai membutuhkan arus yang besar. Kemudian terjadi penurunan pada arus panel surya, sedangkan terjadi kenaikan arus picohidro pada saat hari ke-2 dan 3, karena adanya perubahan cuaca yaitu hujan deras, maka arus panel surya dan picohidro bisa berbeda dari hari lainnya.

E. Proses Perhitungan Daya Pada Pembangkit Hybrid

Pada tahap selanjutnya yaitu proses perhitungan keluaran daya pada pembangkit hybrid selama 7 hari dari tanggal 6-12 desember 2023, dengan setiap harinya dilakukan pengukuran dari jam 08.00-16.00 WIB. Dengan menggunakan persamaan :

$$P = V \times I \quad (8)$$

Ket :

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Untuk contoh hasil perhitungan daya perharinya dilakukan pada tanggal 06 desember 2023 adalah sebagai berikut:

a. Daya Panel Surya

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 17.15 \times 5.17 \\ &= 88.67 \text{ Watt} \end{aligned}$$

b. Daya Picohidro

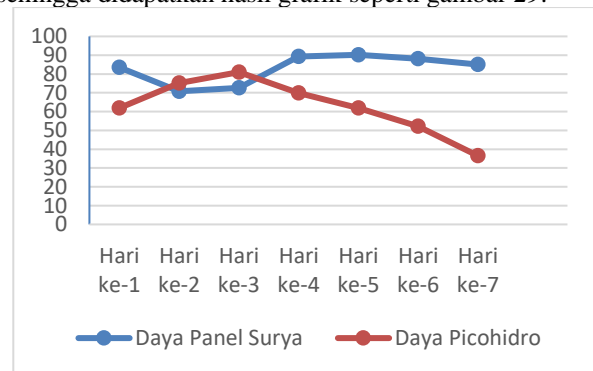
$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 7.37 \times 7.72 \\ &= 56.89 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan daya didapatkan rata-rata data setiap harinya yaitu pada tabel 13:

Tabel 13. Hasil Rata-Rata Pengukuran Daya Pada Pembangkit Hybrid

Hari	Daya Panel surya (W)	Daya Picohidro (W)	Keterangan Cuaca
Hari ke - 1	83.58	61.93	Hujan Gerimis
Hari ke - 2	70.80	75.16	Hujan Deras
Hari ke - 3	72.60	80.99	Hujan Deras
Hari ke - 4	89.23	69.88	Cerah
Hari ke - 5	90.20	61.92	Cerah
Hari ke - 6	88.18	52.11	Cerah
Hari ke - 7	85.09	36.53	Sedikit Berawan

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa keluaran daya dari pembangkit mengalami penurunan dan kenaikan. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya perubahan cuaca disekitar yang mengakibatkan hasil energi listrik berkurang, sehingga didapatkan hasil grafik seperti gambar 29:



Gambar 29. Grafik Daya Pembangkit Hybrid

Dari gambar 29 menunjukkan bahwa hasil keluaran daya kedua pembangkit sama-sama mengalami kenaikan dan penurunan yang mana pada hari ke-2, 3, dan 4 daya panel surya sangat rendah, sedangkan daya picohidro sangat tinggi, hal tersebut bisa terjadi karena cuaca lingkungan pada hari itu sedang hujan, jadi penyerapan energi panel surya cenderung sedikit, sedangkan picohidro dapat menghasilkan energi yang banyak karena debit air sedang meningkat. Kemudian daya dari panel surya sangat tinggi, sedangkan daya picohidro semakin rendah pada hari ke-1, 5, 6, dan 7, karena pada hari itu cuaca sedang cerah, sehingga penyerapan energi panel surya lebih maksimal, sedangkan picohidro tidak dapat banyak menghasilkan energi yang disebabkan oleh penurunan debit air.

F. Proses Pengujian Sensor Soil Moisture Pada Area Pertanian

Pada tahap keempat pada penelitian ini yaitu proses pengukuran sensor kelembaban pada area pertanian hybrid selama 7 hari dari tanggal 6-12 desember 2023, dengan setiap harinya dilakukan pengukuran dari jam 08.00-16.00 WIB. Dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Kelembaban_Tanah} = (100 - ((\text{Nilai ADC} / 4095.00) \times 100))$$

Ket :

Kelembaban_Tanah = Hasilnya dalam bentuk persentase (%)

Nilai ADC = Bernilai antara 0 sampai 4095.00

keluaran sinyal ESP32 (Idealnya 819 untuk mendapatkan 80%)

Untuk contoh hasil pengukuran perharinya dengan rumus diatas yang sudah diprogram pada ESP32 dilakukan pada tanggal 06 desember 2023 adalah sebagai berikut:

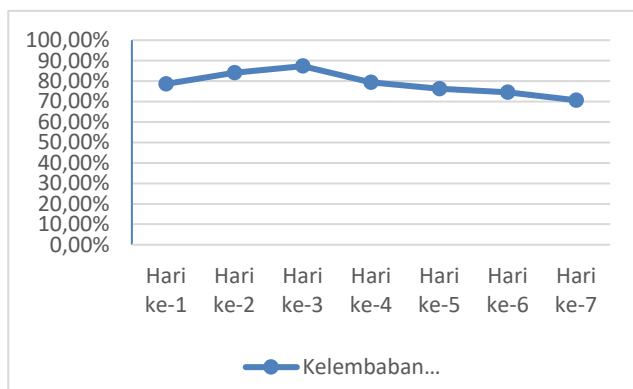
$$\begin{aligned} \text{Kelembaban Tanah} &= (100 - ((\text{Nilai ADC} / 4095.00) \times 100)) \\ &= (100 - ((832.54 / 4095.00) \times 100)) \\ &= (100 - (0.2033 \times 100)) \\ &= (100 - 20.33) \\ &= 79.67 \% \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran sensor *soil moisture* didapatkan rata-rata data setiap harinya yaitu:

Tabel 14. Hasil Pengukuran Sensor Kelembaban Tanah

Hari	Nilai ADC	Kelembaban Tanah (%)	Status Tanah
Hari ke - 1	873.05	78.68	Sedikit Kering
Hari ke - 2	651.06	84.10	Lembab Ideal
Hari ke - 3	518.40	87.32	Lembab Ideal
Hari ke - 4	835.45	79.47	Sedikit Kering
Hari ke - 5	966.72	76.22	Kering
Hari ke - 6	1042.35	74.54	Kering
Hari ke - 7	1201.89	70.64	Kering

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa tingkat kelembaban tanah yang dibaca oleh sensor *soil moisture* mengalami penurunan dan kenaikan. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya perubahan cuaca disekitar yang mengakibatkan tanah pada area pertanian mengalami kekeringan atau b, sehingga didapatkan hasil grafik seperti gambar 30:



Gambar 30. Grafik Tingkat Kelembaban Tanah

Dari gambar 30 menunjukkan bahwatingkat kelembaban tanah yang dibaca sensor *soil moisture* mengalami kenaikan dan penurunan yang mana pada hari ke-2, 3 tingkat kelembaban tanah terlihat ideal dengan nilai ADC kurang dari 819, karena cuaca lingkungan pada hari itu atau satu hari sebelumnya sedang hujan, jadi tanah pada area pertanian sedang tergenang air yang mengindikasikan bahwa tanah sedang lembab. Kemudian tingkat kelembaban tanah pada hari ke-1, 4, 5, 6, dan 7 terlihat turun dengan nilai ADC yang lebih dari 819, dikarenakan pada hari itu cuaca sedang cerah, sehingga tanah pada area pertanian tidak begitu mengandung air yang mengindikasikan bahwa tanah sedang kering, maka diperlukan irigasi yang cukup dengan pompa air pada hari tersebut untuk memperbaiki tingkat kelembaban tanah supaya tetap ideal.

G. Penentuan Volume Lahan Pertanian Padi

Luas lahan pertanian yang saya jadikan objek penelitian ini memiliki ukuran: panjang 10 m, lebar 6 m, dan tinggi 0.5 meter. Untuk rumus mencari volume lahan pertanian menggunakan volume persegi panjang dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= P \times L \times T \\ &= 10 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \\ &= 30 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari Hasil tersebut, kemudian diubah nilainya dalam satuan liter, dengan cara sebagai berikut:

$$30 \text{ m}^3 = 30000 \text{ dm}^3 = 30000 \text{ Liter}$$

Jadi volume lahan pertanian yang digunakan sebagai objek penelitian adalah 30000 Liter.

H. Perhitungan Daya Pompa Air DC

Untuk menghitung kebutuhan air irigasi perlu dilakukan perhitungan daya pompa air, supaya lahan pertanian dengan volume 30 m^3 atau 30000 liter dapat teraliri air dengan baik, maka perhitungan waktu untuk mengisi penuh air pada lahan pertanian menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{30000 \text{ liter}}{63 \text{ liter/menit}} \end{aligned}$$

$$= 476 \text{ menit atau } 8 \text{ jam}$$

I. Kebutuhan Energi Listrik Pompa Air DC

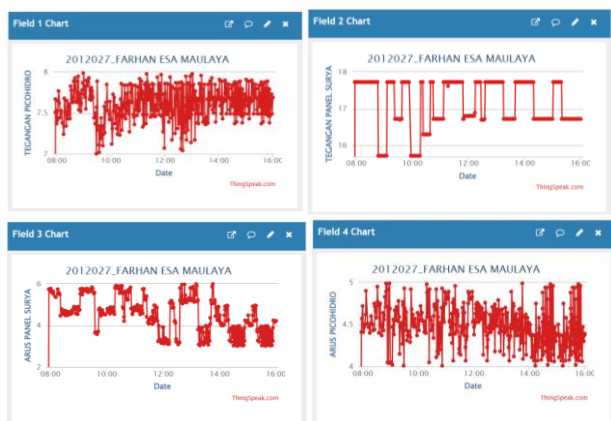
Untuk kebutuhan energi listrik pompa air DC dalam sehari agar dapat menyala untuk kebutuhan irigasi harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan energi} &= \text{Daya pompa air} \times \text{Lama pemakaian} \\ &= 50 \text{ Watt} \times 8 \text{ jam} \\ &= 400 \text{ watt} \end{aligned}$$

Jadi pompa air DC membutuhkan energi listrik sebesar 400 watt dari baterai atau pembangkit listrik dalam waktu 476 menit atau 8 jam.

J. Proses Pengujian Sistem Monitoring Berbasis IoT Pada Thingspeak

Pada tahap ini dilakukan proses pengujian sistem monitoring menggunakan *anlytic thingspeak*, yang terlebih dahulu harus menyiapkan jaringan internet yang stabil, supaya pengiriman data oleh *ESP32* dan penerimaan data oleh *thingspeak* dapat dengan lancar. Untuk dapat terhubung dengan *thingspeak* harus menyesuaikan channel ID dan kode APIkey yang ada pada platform *thingspeak* dengan software Arduino IDE agar dapat terhubung dengan board *ESP32*. Sehingga data yang sudah terbaca oleh sensor-sensor dikirimkan menuju platform *thingspeak* untuk nantinya ditampilkan data berupa grafik secara otomatis setiap 1 menit sekali, dengan hasil data berupa grafik pada gambar 31 sebagai berikut :



Gambar 31. Hasil Grafik Pada Website Thingspeak

V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang saya lakukan dalam perancangan alat smart farming dengan pembangkit hybrid berbasis IoT bisa beroperasi dengan keluaran tegangan, arus, dan daya yang konstan, karena dengan penggabungan dua pembangkit yaitu panel surya dan picohidro daya yang digunakan untuk *charging* baterai dan sebagai sumber listrik beban bisa lebih optimal, apabila pada saat cuaca berawan panel surya berkurang dalam menghasilkan energi listrik masih ada picohidro yang bisa menghasilkan energi listrik begitupun sebaliknya. Untuk sistem kerja dari smart farming adalah ketika kondisi tanah tidak optimal yaitu dibawah 80% (nilai ADC > 817), maka otomatis sistem akan bekerja menghidupkan pompa air supaya dapat kondisi tanah kembali optimal. Untuk hasil pembacaan sensor *soil moisture* didapat data yang mengalami kenaikan dan penurunan sekitar 1-8% diakibatkan perubahan cuaca. Dalam perhitungan kebutuhan daya didapat bahwa pompa air DC ideal membutuhkan daya 400 watt dari baterai untuk melakukan irigasi sebanyak 30000 liter selama 8 jam pada lahan berukuran 60 m², jadi kebutuhan daya dari baterai berkapasitas 12V/45Ah masih sangat stabil untuk kebutuhan beban listrik. Dan juga sistem monitoring energi listrik yang dihasilkan pembangkit *hybrid* dan kelembaban tanah berbasis IoT menggunakan thingspeak berjalan dengan baik dapat menampilkan data berupa grafik setiap 1 menit yang sesuai *real-time* yang ada setiap harinya.

B. Saran

Saran untuk pengembangan dari penelitian ini supaya lebih baik lagi dari segi manajemen dayanya agar penggunaanya lebih terkontrol. Serta pada bagian percobaan sensor tegangan, arus, dan daya lebih dioptimalkan lagi supaya pembacaan nya bisa sesuai dengan pembacaan multimeter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. H. B. Apribowo, "Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Pertanian," vol. 21, no. 2, 2017.
- [2] S. Anisah, R. Fitri, A. A. Hutapea, and F. Hafiz, "Pembangkit Listrik Hybrid (Surya Dan Angin) Untuk Sumber Energi Pompa Air Sebagai Penyiraman Tanaman," *Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 6 no. 1, Juni 2023.
- [3] V. J. L. Engel and S. Suakanto, "Model Inferensi Konteks Internet of Things Dalam Sistem Pertanian Cerdas" , *Jurnal Telematika*, vol. 11, no. 2, 2016.
- [4] A. Rouf and W. Agustiono, "Literature Review: Pemanfaatan Sistem Informasi Pertanian Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT)," *Open Science Framework*, Jan. 2021. doi: [10.31219/osf.io/s53ge](https://doi.org/10.31219/osf.io/s53ge).
- [5] Jufitra Vintarno, Yogi Suprayogi Sugandi, and Josy Adiwisatra, "Perkembangan Penyuluhan Pertanian Dalam Mendukung Pertumbuhan Pertanian Di Indonesia," *Responsive*, Vol. 1, No. 3, PP. 90 - 96, Feb 2019.
- [6] Mutiara Bulan Maharani, "Pertanian Cerdas Internet of Things aktif ZigBee: Tinjauan Sistematis," Vol. 2, No.4, 2022.
- [7] Putu Pawitra Teguh Dharma Priatam, Muhammad Fitra Zambak, Suwarno, and Partaonan Harahap, "Analisa Radiasi Cahaya Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP", *Journal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, Juli 2021.
- [8] A. Rahayuningtyas and S. I. Kuala, "Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Skala Rumah Sederhana Pada Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Baru Terbarukan," vol. 4, no. 1, 2014.
- [9] I Nyoman Sugiarta, I Nengah Suparta, And I Wayan Teresna, " Perbandingan Suplai Energi Panel Surya Polycrystalline Pada Plts On-Grid", *Journal Engineering And Science*, Vol. 6, No. 1, 2020.
- [10] Yusmartato, Zulfadli Pelawi, Yusniati, Fauzi, and Shalahuddin Alayubi Sitanggang, "Pemanfaatan Aliran Air Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) Di Desa Bandar Rahmat Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batu Bara", *Journal of Electrical Technology*, Vol. 7, No.1, Februari 2022.
- [11] D. Hidayanti and G. Dewangga, "Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 15, no. 3, p. 93, Feb. 2020, doi: [10.32497/eksergi.v15i3.1784](https://doi.org/10.32497/eksergi.v15i3.1784).
- [12] V. G. Merdeka, N. Zahratul, D. D. Sutia, M. G. B. Darussalam, R. Febriliana, R. P. Anggraini, and N. Halilatushalihah, "Analisis Dioda Pada Rangkaian Rectifier Dengan Memakai Software Electronics Workbench," *Journal Ilmiah Informatian Technology d'Computare*, Vol. 12, Jan 2022.
- [13] H. Matalata And L. W. Johar, "Analisa Buck Converter Dan Boost Converter Pada Perubahan Duty Cycle Pwm Dengan Membandingkan Frekuensi Pwm 1,7 Khz Dan 3,3 Khz," *Jiubj*, Vol. 18, No. 1, P. 42, Feb. 2018, Doi: [10.33087/Jiubj.V18i1.431](https://doi.org/10.33087/Jiubj.V18i1.431).
- [14] E. Ginanjar, A. Mashar, and W. B. Mursanto, "Perancangan Buck Boost Converter Pada Sistem Pengisian Baterai Untuk Panel Surya Kapasitas 50 Wp," 2022.
- [15] S. Dwiyatno, E. Krisnaningsih, and D. R. Hidayat, "Smart Agriculture Monitoring Penyiraman Tanaman Berbasis Internet Of Things," *Jurnal Prosisko*, Vol. 9, No.1, 2022.
- [16] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengatur Lampu Memakai Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, Vol. 4, No. 1, 2018.

- [17] E. Sorongan, Q. Hidayati, and K. Priyono, "ThingSpeak sebagai Sistem Monitoring Tangki SPBU Berbasis Internet of Things," *JTERA*, vol. 3, no. 2, p. 219, Dec. 2018.
- [18] R. T. Jurnal, "Perencanaan Penggunaan Plts Di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat," *Energi*, Vol. 9, No. 1, Pp. 70–83, Nov. 2018, Doi: [10.33322/Energi.V9i1.58](https://doi.org/10.33322/Energi.V9i1.58).
- [19] P. T. Wikantama and R. Puspitasari, "Perancangan Perangkat Pengukur Ketinggian Banjir dengan ESP32 dan Telegram Berbasis IoT," *Elektriase*, vol. 13, no. 02, pp. 107–114, Nov. 2023, doi: [10.47709/elektriase.v13i02.3108](https://doi.org/10.47709/elektriase.v13i02.3108).
- [20] W. S. Budi, W. Indrasari, And R. Fahdiran, "Karakterisasi Sensor Arus Dan Tegangan Sebagai Aplikasi Maximum Power Point Tracker Pada Sistem Penyimpanan Energi Listrik Panel Surya," Presented At The Seminar Nasional Fisika Unj, vol.6, Dec. 2020. Doi: [10.21009/03.Snf2020.01.Fa.13](https://doi.org/10.21009/03.Snf2020.01.Fa.13).
- [21] A. Apriantina, "Rancang Bangun Pemantauan Penggunaan Daya Listrik Berbasis Arduino Untuk Alat Elektronik," *Journal Teknik Computer*, Vol. 2, No. 03, 2022.
- [22] R. Jupita, A. N. Tio, A. Rifaini, C. Saputri, And M. Fahrizal, "Otomatisasi Penyiraman Tanaman Dengan Sensor Soil Moisture," *Journal Teknik Computer*, Vol. 7, No. 02, 2021.
- [23] A. Budiyanto, G. B. Pramudita, and S. Adinandra, "Kontrol Relay dan Kecepatan Kipas Angin Direct Current (DC) Dengan Memakai Sensor Suhu LM35 Berbasis Internet of Things (IoT)," *tech*, vol. 19, no. 01, pp. 43–54, Apr. 2020.

VII. BIODATA PENULIS



Farhan Esa Maulaya, lahir di Tulungagung, 17 Desember 2001. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 3 Boyolangu tahun 2020. Setelah itu pada tahun 2020 penulis melanjutkan Pendidikan Studi diperguruan tinggi swasta Institut

Teknologi Nasional Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Energi listrik. Akhir kata dari penulis mengucapkan terimakasih dan rasa syukur yang sebanyak-banyaknya atas selesainya penelitian ini dengan judul "Perancangan Smart Farming Dengan Pembangkit Hybrid (Panel Surya & Picohidro) Berbasis IoT Di Area pertanian".