

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT HYBRID PLTS DAN PLTB PADA SISTEM SMART FARMING BERBASIS IoT DI AREA PERTANIAN

¹Rizky Fadillah, ²Irrine Budi Sulistiawati, ³Alfarid Hendro Yuwono

Teknik Elektro S1, ITN Malang, Malang Indonesia

¹rizkyfadillah602@gmail.com, ²irrine@lecturer.itn.ac.id, ³alfaridhendroyuwono@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Produksi pertanian padi yang pada saat ini masih bergantung pada iklim, curah hujan, dan sistem irigasi. Pada musim kemarau, beberapa daerah pertanian kondisi tanah mengalami kekeringan dan sistem irigasi tidak berjalan dengan baik. Irigasi daerah pertanian dapat dilakukan dengan mesin diesel dengan biaya bahan bakar yang mengakibatkan biaya operasional mahal. Penggunaan irigasi pintar pada pertanian dengan menggunakan *hybrid* panel surya dan kincir angin menjadi solusi yang ramah lingkungan. Dengan menggunakan *mikrokontroler* ESP32 untuk mengolah data sensor dan mengirimkan data tersebut dengan IoT yang akan dikirimkan melalui thingspeak agar dapat dimonitoring secara waktu nyata. Hasil pembangkit *hybrid* PLTS dan PLTB pada area pertanian dengan sistem smart farming didapatkan hasil pembangkit *hybrid* yang stabil dalam menghasilkan energi listrik dengan keluaran tegangan, arus, dan daya per-harinya akan tetapi tergantung dengan cuaca. Untuk hasil pembacaan sensor kelembaban FC-28, perharinya tingkat kelembaban tanah mengalami kenaikan dan penurunan yang diakibatkan perubahan cuaca. Dalam perhitungan kebutuhan daya didapat bahwa pompa air DC dinyalakan membutuhkan daya 100 watt dari baterai untuk melakukan irigasi sebanyak 7560 liter selama 2 jam pada lahan berukuran 28 m². Dan juga sistem monitoring berbasis IoT menggunakan thingspeak juga berjalan dengan baik dapat menampilkan data setiap 1 menit yang sesuai *real-time* yang ada setiap harinya.

Kata Kunci: Pertanian Pintar, Pembangkit Hybrid, IoT

I. PENDAHULUAN

A. Pendahuluan

Revolusi Industri 4.0 *Internet of Things* (IoT) adalah komponen yang penting dan memiliki banyak fungsi dalam berbagai bidang [1]. Dalam sektor pertanian, IoT dapat digunakan sebagai kontrol dan monitoring pertanian [2]. *Smart farming* merupakan salah satu bentuk dari implementasi IoT. *Smart farming* menyediakan data yang

dapat di monitoring oleh IoT agar dapat membantu produktivitas hasil pertanian secara optimal. Sistem monitoring berbasis IoT berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah pada tanaman tanpa harus diperiksa secara manual, kelembaban tanaman padi di lahan pertanian $\leq 80\%$ atau nilai keluaran nilai diskrit ADC sensor ≥ 819 [3]. Sistem IoT digunakan untuk memonitoring daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, kincir angin, dan penggunaan baterai [4]. Proses kontrol dan monitoring pada Pembangkit *hybrid* berbasis IoT pada Smart farming dirancang untuk mengukur berapa banyak energi yang tersedia untuk penggunaan langsung (cerah), sebagian bertenaga baterai (cuaca mendung), bertenaga baterai penuh (malam hari) dan yang paling penting digunakan untuk monitoring irigasi, mengontrol kelembaban tanah tanaman padi.

Energi terbarukan merupakan energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil yang secara bertahap akan habis keberadaannya, sumber energi terbarukan yang digunakan adalah panel surya dan turbin angin. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) banyak digunakan di bidang pertanian sebagai sumber energi terbarukan yang murah dan mudah digunakan, sehingga area pertanian dapat menghasilkan listrik untuk sistem monitoring dan drainase untuk kebutuhan air pada tanaman padi. Pembangkit tenaga surya membutuhkan investasi yang mahal dan hanya dapat menyediakan listrik dari pagi hingga sore hari dan diperlukan pengaturan sudut panel surya agar penyerapan irradiasi matahari dapat optimal. Dan untuk memenuhi kebutuhan energi pada malam hari, maka PLTS di *hybrid* dengan PLTB karena pada malam hari banyak angin yang dapat digunakan untuk memutar turbin pada pembangkit listrik tenaga bayu.

Produksi tanaman pertanian padi saat ini masih bergantung pada iklim, curah hujan, dan sistem irigasi yang terkendali. Pada musim kemarau, beberapa daerah pertanian kondisi tanah akan mengalami kekeringan. Ketika kondisi kekeringan berlangsung lama dan sistem irigasi tidak berjalan

dengan baik, produktivitas tanaman padi akan menurun. Jika terdapat kelebihan air di dalam tanah, maka perlu dilakukan pengolahan (*drainase*) agar tidak mengganggu kehidupan tanaman padi [5]. Irigasi daerah pertanian membutuhkan mesin diesel dan biaya bahan bakar yang cukup besar selama proses irigasi dan tidak efektif yang mengakibatkan biaya produktivitas pertanian padi akan semakin mahal. Jika petani tidak memiliki mesin diesel untuk irigasi, maka mereka harus menyewa mesin diesel untuk mengairi tanaman mereka. Semakin luas lahan pertanian yang mereka miliki, semakin banyak energi bahan bakar yang mereka miliki untuk menggunakan mesin diesel dan karenanya semakin tinggi biaya produktivitas pertanian. Namun bagi petani yang tidak memiliki mesin diesel dan tidak mampu menyewa mesin tersebut, proses irigasi dibatalkan dan mereka hanya berharap hujan di musim kemarau.

B. Rumusan Masalah

Menanggapi permasalahan dari latar belakang maka penulis melakukan penelitian mengenai Pembangkit *hybrid* berbasis IoT pada *Smart farming* untuk petani agar hasil produktivitas panen bisa maksimal dengan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sebuah pembangkit listrik *hybrid* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sebagai sumber daya energi untuk keperluan monitoring dan kontrol pompa air dalam pertanian berbasis *Internet of Things* (IoT)?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol dan monitoring kelembaban tanah menggunakan *Internet of Things* (IoT) untuk menghidupkan pompa air dalam pertanian?

C. Tujuan

Berdasarkan pembahasan rumusan masalah sebelumnya maka didapatkan tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Merancang sebuah pembangkit listrik *hybrid* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sebagai sumber daya energi untuk keperluan monitoring dan kontrol pompa air dalam pertanian berbasis *Internet of Things* (IoT).
2. Merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol dan monitoring kelembaban tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan *Thingspeak* untuk menghidupkan pompa air dalam pertanian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Pertanian

Memasuki Revolusi Industri 4.0, setiap negara mulai bersiap mengembangkan negara dan bangsanya sendiri untuk maju di berbagai bidang guna menghadapi tantangan global termasuk bidang pertanian. Kemajuan teknologi juga dapat dirasakan melalui adanya sistem dimana kita dapat

memprogram sistem elektronik. Satu diantaranya adalah teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) [6].

Smart farming merupakan sistem pertanian maju dan modern yang didukung oleh teknologi. Sistem pertanian yang maju dan modern menggunakan energi ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan dua pembangkit yaitu energi surya dan energi angin yang dapat mengoptimalkan hasil energi listrik yang di dapat, kemudian digunakan sebagai sistem irigasi pada area pertanian padi. Optimasi sistem irigasi pada pertanian ini telah digunakan di beberapa daerah untuk mengoptimalkan pekerjaan pertanian, memprediksi hasil pertanian tanaman padi dan mengurangi biaya produksi pada hasil panen, sehingga hasil panen dapat meningkat dan murah

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi surya (Cahaya matahari) kemudian di ubah menjadi energi listrik (proses *photovoltaic*) [7]. Dan untuk komponen utama pada PLTS adalah Panel surya, yang berfungsi mengkonversi Cahaya matahari langsung menjadi energi listrik DC (*direct current*). Secara umum, sel fotovoltaik terbagi atas 2 tipe yaitu:

1) Mono-crystalline



Gambar 1. Panel Surya Mono-crystalline

Terbuat dari silikon kristal tunggal dan berwarna hitam, *elektron* ini yang menghasilkan listrik, dapat bergerak lebih bebas karena memiliki ruang lebih banyak. Effisiensinya 11.5 - 14%, namun biayanya sangat mahal [8].

2) Poly-crystalline



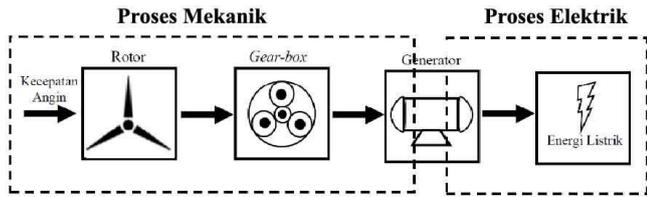
Gambar 2. Panel Surya Polycrystalline

Terbuat dari multi kristal dan berwarna biru, karena terdapat banyak kristal di setiap sel, *elektron* untuk pembangkit listrik tidak dapat bergerak bebas, effisiensinya 15%, tetapi biayanya lebih murah dibanding *mono-crystalline* [8].

C. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah sebuah pembangkit listrik energi baru terbarukan yang memanfaatkan energi kinetik angin untuk menggerakkan turbin angin/kincir

angin, Energi angin diubah dalam bentuk kecepatan angin dengan menggunakan kincir yang dapat memutar generator. Kemudian energi putar dari turbin akan menggerakkan generator untuk membangkitkan energi listrik [9].



Gambar 3. Proses mekanik menjadi elektrik pada PLTB

Kincir angin merupakan alat yang memanfaatkan kecepatan atau energi kinetik angin, mengkonversinya menjadi energi mekanik melalui putaran poros, yang selanjutnya digunakan untuk memutar generator dan menghasilkan listrik, untuk menentukan daya kincir angin menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$P_v = \frac{1}{2} \times \rho \alpha \times A \times v^3 \quad (1)$$

Keterangan:

P = Daya Angin (watt)

ρ = Ketetapan angin (1,225 kg/s)

v = Kecepatan angin pada waktu tertentu (m/s)

A = Luas daerah sapuan angin (m²)

Untuk mencari luas daerah sapuan angin pada kincir angin menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$A = \pi \times r^2 \quad (2)$$

Keterangan:

π = Ketetapan (3,14 atau $\frac{22}{7}$)

r = jari jari turbin angin (meter)

Pada pembangkit listrik tenaga bayu terdapat 2 tipe kincir angin, yaitu:

1) Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)



Gambar 4. Kincir Angin Sumbu Horizontal

Kincir angin ini terdiri dari bilah yang menangkap energi angin pada sumbu *horizontal* dan sejajar dengan tanah. Kincir angin sumbu *horizontal* bekerja paling baik di lingkungan dengan angin yang stabil dan turbulensi rendah [10].

2) Vertikal Axis Wind Turbin (VAWT)



Gambar 5. Kincir Angin Sumbu Vertikal

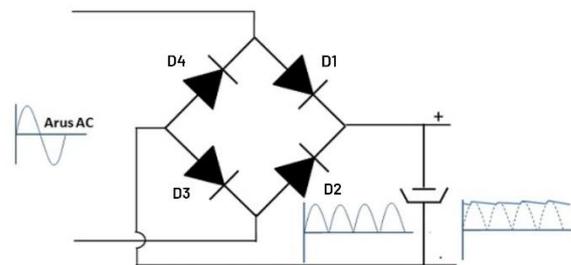
Kincir angin ini terdiri dari bilah yang tegak lurus dengan tanah dan berputar mengelilingi sumbu *vertikal*. Kincir angin sumbu *vertikal* ini kurang bagus dalam kondisi angin yang berkecepatan tinggi, karena membutuhkan torsi awal yang rendah dan masalah stabilitas dinamis dari kincirnya [10]

D. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) merupakan sebuah pembangkit listrik yang terhubung dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda [11]. Misalnya seperti PLTS dihubungkan dengan PLTA, PLTB dihubungkan dengan PLTA dan PLTS yang dihubungkan dengan PLTB yang berfungsi mengoptimalkan hasil energi listrik yang diperoleh Panel surya dapat menghasilkan listrik yang banyak dari pagi hingga sore hari, dan pada malam hari banyak angin yang dapat digunakan untuk memutar turbin pada pembangkit listrik tenaga bayu

E. Penyearah (Rectifier)

Sebuah komponen elektronika yang dapat mengubah arus AC (Arus bolak-balik) menjadi arus DC (Arus searah) menggunakan komponen konverter yaitu *dioda*. *Dioda* merupakan komponen elektronik yang hanya mengalirkan arus pada satu arah, *dioda* terbuat dari bahan semikonduktor jenis silikon dan germanium [12].



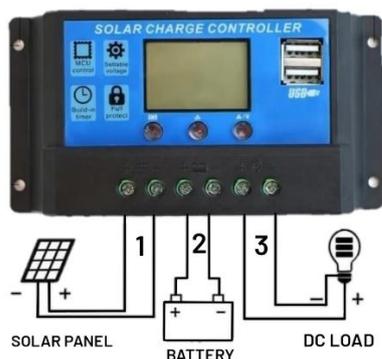
Gambar 6. Rectifier Gelombang Penuh

Tegangan yang diproduksi oleh *rectifier* belum sepenuhnya stabil seperti tegangan DC biasanya. Oleh karena itu, diperlukan Kapasitor yang berfungsi sebagai *filter* (penyaring) untuk meredam fluktuasi yang terjadi selama proses penyearahan Gelombang AC, sehingga output DC menjadi lebih stabil.

F. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengontrol dan menstabilkan arus searah (*direct current*) ke baterai dan arus dari baterai ke beban.

Dengan *solar controller*, proses pemutusan aliran listrik dari panel surya ke baterai dan pemindahan beban listrik dari baterai ke beban dapat dikontrol secara otomatis.



Gambar 7. Solar Charge Controller

Jadi tanpa SCC, baterai akan rusak karena pengisian pada tegangan yang tidak stabil atau bisa over-charging yang dapat mengurangi masa pakai baterai. Pada gambar 7, terdapat 3 keluaran pada *solar charge controller* yaitu:

1. Keluaran 1 adalah untuk sistem panel surya
2. Keluaran 2 adalah untuk pengecasan baterai, dan
3. Keluaran 3 untuk menghidupkan beban DC.

Kendali panel surya yang paling umum digunakan ada 2 jenis sebagai berikut:

1) *SCC tipe PWM (Pulse Width Modulation)*

PWM adalah tipe kontroler SCC yang mengendalikan aliran energi ke baterai dengan cara menurunkan arus secara perlahan, proses ini dikenal sebagai “modulasi lebar pulsa”. Ketika baterai sudah terisi penuh, kontroler pengisian PWM akan terus menyuplai sedikit energi untuk menjaga baterai tetap terisi penuh. Kontroler PWM sangat cocok untuk aplikasi berskala kecil karena sistem panel surya dan baterai harus memiliki tegangan yang sama. Namun, penggunaan PWM kurang disarankan untuk instalasi berskala besar [13].

2) *SCC tipe MPPT (Maximum Power Point Tracking)*

MPPT bekerja dengan cara menurunkan voltase dan meningkatkan arus, sehingga meningkatkan output secara total. Misalnya, pada kondisi mendung, MPPT akan mengurangi arus yang diambil untuk menjaga tegangan *output* panel pada level yang diinginkan. Sedangkan pada cuaca cerah, MPPT akan menerima arus yang lebih banyak dari panel surya [13].

G. Buck Converter



Gambar 8. Buck Konverter

Buck converter merupakan satu diantara jenis konverter DC-DC yang fungsinya untuk mengubah nilai tegangan DC. Ketika nilai tegangan *input* lebih tinggi dari nilai tegangan yang diinginkan, rangkaian akan beroperasi dalam mode *buck* yang akan memiliki tegangan *output* lebih rendah dari tegangan *input* [14].

H. Boost Converter

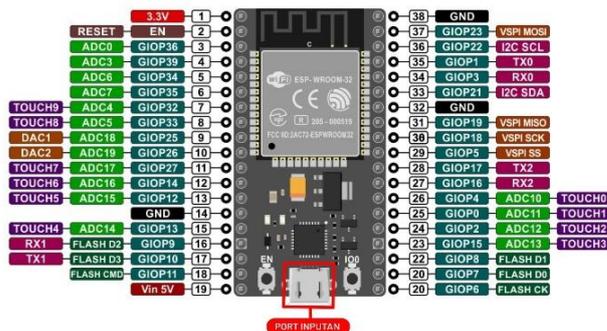


Gambar 9. Boost Konverter

Boost converter merupakan konverter DC-DC yang berfungsi untuk menaikkan tegangan. Ketika nilai tegangan *input* lebih rendah dari tegangan yang dibutuhkan, rangkaian akan beroperasi dalam mode *boost* yang akan memiliki tegangan *output* lebih tinggi dibanding tegangan *input* [14].

I. Mikrokontroler

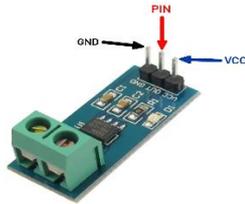
Mikrokontroler dilengkapi dengan *port input* dan *output*, *Port input* digunakan untuk menerima data atau informasi dari komputer/laptop ke *mikrokontroler*, sementara *port output* digunakan untuk mengirimkan data atau informasi dari mikrokontroler. Dengan adanya *port output*, *mikrokontroler* dapat mengontrol perangkat seperti sensor tegangan, arus, kelembaban, dan lainnya. Biasanya, IC *mikrokontroler* dapat beroperasi pada tegangan 5V [15].



Gambar 10. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 berfungsi memproses *input* berupa pembacaan sensor arus, sensor tegangan yang dihasilkan panel surya dan memproses *input* pembacaan sensor kelembaban pada area pertanian. ESP32 juga memiliki modul Wi-Fi yang dapat mengirim data ke ThingSpeak yang dapat di *smartphone* atau laptop dengan koneksi internet, oleh karena itu, pengguna dapat melihat data pembacaan sensor secara *real-time*.

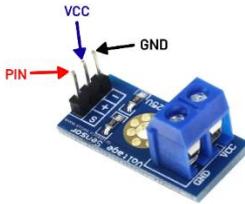
J. Sensor Arus ACS712



Gambar 11. Sensor Arus

Sensor arus merupakan modul yang mendeteksi arus yang mengalir pada suatu rangkaian melalui kabel tembaga. Sensor arus ini mendeteksi arus berdasarkan jenis variasi arus maksimum yaitu 5A, 20A, 30A [16]. Sensor arus ACS712 dengan tegangan 5V ESP32 dihubungkan melalui kabel biru ke pin VCC sensor arus ACS712, kemudian *ground* ESP32 melalui kabel hitam dengan pin *ground*, Sensor arus ACS712 dan pin 34 dan 35 ESP32 dihubungkan ke pin sinyal *output* dengan kabel merah.

K. Sensor Tegangan

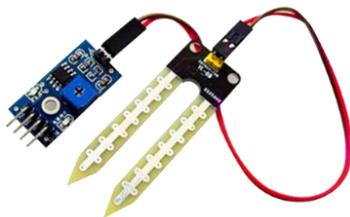


Gambar 12. Sensor Tegangan

Sensor Tegangan merupakan modul yang mendeteksi tegangan yang mengalir pada suatu rangkaian yang dihubungkan melalui kabel tembaga [16]. Sensor tegangan dengan kabel biru ke pin VCC sensor tegangan akan dihubungkan ke 5V ESP32, kemudian *ground* ESP32 melalui kabel hitam dengan pin *ground*, Kemudian kabel merah digunakan untuk pin sinyal *output* yang dihubungkan ke pin 32 dan 33 pada ESP32.

L. Sensor Kelembaban

Sensor Kelembaban jenis FC-28, yang dimana sensor ini dapat mendeteksi kelembaban tanah pada area pertanian menggunakan konduktor terhadap muatan listrik yang ada pada media tanah [17].



Gambar 13. Sensor FC-28

Pada sensor FC-28 terdapat dua komponen yaitu, komponen pertama adalah probe yang dirancang seperti dua ujung terbuka, yang berfungsi mirip dengan potensiometer yang resistansinya berubah sesuai dengan tingkat kelembaban tanah di area pertanian. Komponen kedua adalah komponen elektronik yang menghubungkan probe ke *mikrokontroler*

ESP32. Modul ini dapat menyesuaikan tingkat sensitivitas melalui potensiometer, sehingga kadar air pada tanah melebihi nilai ambang batas, modul akan memberikan *output LOW* atau *HIGH*.

Nilai ADC dari sensor kelembaban 12 bit menghasilkan *output* data digital 12 bit, di mana sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 atau 4095 nilai diskrit. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Nilai Diskrit} = (2^n - 1) \quad (3)$$

Dengan pangkat n^n adalah nilai bit dari spesifikasi sensor. Namun untuk pembacaan kelembaban tanah sebagai data, maka dirubah menjadi nilai persentase (%) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kelembaban} = (100 - ((\text{Nilai ADC} / 4095) \times 100)) \quad (4)$$

Dari persamaan 3 dan 4, nilai persentase berbanding terbalik dengan nilai keluaran sensor kelembaban tanah:

1. Ketika kelembaban tanah tinggi di area pertanian, maka menghasilkan nilai ADC yang lebih rendah, sebagai contoh pengukuran pada area pertanian menghasilkan nilai keluaran sensor ADC adalah 0 atau nilai persen menghasilkan 100%, maka dinyatakan tingkat air sangat banyak atau tanah lembab pada area pertanian.
2. Ketika kelembaban tanah rendah di area pertanian, maka menghasilkan nilai ADC yang lebih tinggi, sebagai contoh pengukuran pada area pertanian menghasilkan nilai keluaran sensor ADC adalah 2457 atau nilai persen menghasilkan 40%, maka dinyatakan tingkat air lebih sedikit atau mengalami kekeringan pada area pertanian.

M. Relay



Gambar 14. Relay

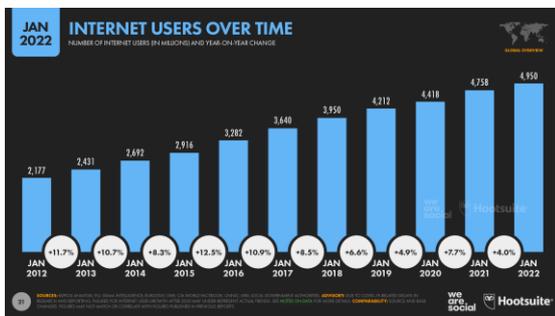
Modul *relay* adalah sebuah komponen elektrik, berfungsi sebagai saklar penghubung atau pemutus aliran listrik dengan prinsip elektromagnetik. *Relay* memiliki beberapa komponen yaitu *coil* dan kontaktor [18]. *Coil* adalah gulungan kawat tembaga yang menghasilkan medan magnet karena adanya tegangan listrik, dan kontaktor adalah saklar penggerak yang dikendalikan medan magnet. *Relay* mempunyai 2 tipe yaitu:

1. Ketika Saklar yang bersifat *Normally Open* (NO) yang artinya kondisi awal kontak *relay* ini adalah terbuka atau keadaan awal sebelum dinyalakan akan selalu berada pada posisi *open* (terbuka).
2. Ketika Saklar yang bersifat *Normally Close* (NC) yang artinya kondisi awal kontak *relay* ini adalah

tertutup atau keadaan awal sebelum dinyalakan akan selalu berada pada posisi *close* (tertutup).

N. Internet of Things

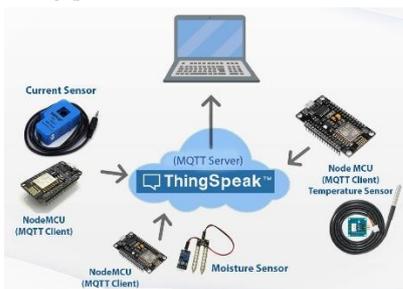
Dengan menggabungkan metode IoT ke dalam sistem pertanian, diharapkan dapat memudahkan kerja petani. *Internet of Things* (IoT) diperkirakan akan menjadi hal utama pada revolusi industri ke-4. IoT berfungsi untuk menghubungkan berbagai objek, individu, proses, dan data melalui komunikasi yang tidak terbatas, memungkinkan berbagai operasi dapat dipantau dan diukur secara *real-time* [19].



Gambar 15. Pengguna Internet

Dari gambar 15, penggunaan Internet di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dari 2012 ke 2022 mengalami peningkatan 5,2 persen yang menyebabkan banyaknya pengguna internet menjadi sebuah inovasi digital termasuk di bidang pertanian. Petani di zaman sekarang mulai mengubah cara berpikir mereka dan beralih ke cara yang lebih modern, sehingga muncul inovasi *smart farming* [20].

O. Cloud Thingspeak



Gambar 16. Cloud Thingspeak

ThingSpeak adalah platform *Internet of Things* (IoT) yang digunakan untuk menyimpan dan mengambil data menggunakan berbagai protocol. Seperti HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) bertanggung jawab untuk mentransfer data menggunakan jaringan LAN (*Local Area Network*) [21]. *ThingSpeak* dapat menghubungkan perangkat IoT ke Internet dan mengirim data ke cloud *thingspeak*. Setelah data berada di cloud, data tersebut dapat disimpan, dianalisis, dan ditampilkan secara *real-time*. Pada gambar 16, proses pengiriman data melalui IoT dimulai dari pembacaan data dan tingkat kelembaban oleh sensor *soil moisture* yang selanjutnya diproses oleh ESP32. Ketika ESP32 telah menerima data dari sensor dan terhubung ke server

Thingspeak, data tersebut akan dikirim dan ditampilkan di halaman web *Thingspeak* sehingga dapat dipantau melalui laptop atau perangkat elektronik lainnya.

P. Baterai

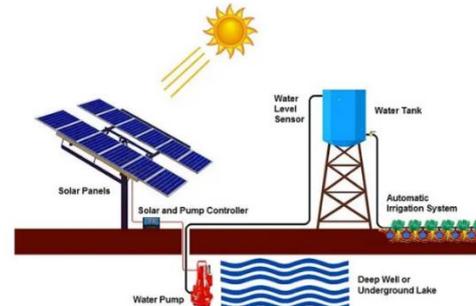


Gambar 17. Baterai 12V 45 Ah

Baterai adalah suatu komponen yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya sebagai penyimpan energi listrik cadangan dalam bentuk arus searah (DC) [22]. Energi yang disimpan dalam baterai berfungsi sebagai cadangan yang akan digunakan ketika panel surya tidak menghasilkan listrik, seperti pada malam hari atau cuaca mendung dan tegangan keluaran sistem akan lebih stabil. Kapasitas energi yang tersimpan dalam baterai diukur dalam Ampere hour (Ah). Baterai yang digunakan jenis *lithium* 12 Volt, 45 Ah seperti pada gambar 17, yang artinya, baterai ini mampu menyuplai arus listrik hingga 45 ampere selama satu jam.

Q. Pompa Air

Pompa adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk menaikkan air dari area rendah ke tinggi dan dapat digunakan sebagai penguat aliran air pada sistem *smart farming* [23]. Pompa digunakan untuk mengalirkan air ke area pertanian agar kebutuhan air pada tanaman tetap terjaga dan meningkatkan hasil produktivitas tanaman.



Gambar 18. Rangkaian Pompa Air

Pada gambar 18, pompa digunakan untuk mengalirkan air ke area pertanian dengan sumber pembangkit panel surya pada area pertanian dengan menggunakan sistem tangki air sebagai penyimpanan air sementara, kemudian dari tangki air akan mengalirkan air untuk sistem irigasi tanaman agar kebutuhan air pada tanaman tetap terjaga dan meningkatkan hasil produktivitas tanaman.

R. Sistem Irigasi

Sistem Irigasi pada lahan pertanian adalah penyaluran air ke tanah lahan pertanian untuk kebutuhan air pada tanaman dan menunjang curah hujan yang tidak terkendali agar produktivitas hasil pertanian padi lebih optimal [24]. Kebutuhan air suatu tanaman adalah jumlah total air yang dibutuhkan tanaman untuk bertahan hidup agar produktivitas

lebih optimal. Untuk menghitung volume air pada lahan pertanian menggunakan persamaan 5 sebagai berikut:

$$V = P \times L \times T \quad (5)$$

Keterangan:

V = Volume air (m^3)

P = Panjang (meter)

L = lebar (meter)

T = Tinggi (meter)

S. Debit

Debit adalah koefisien yang menyatakan jumlah air yang mengalir dari suatu sumber per satuan waktu, biasanya diukur dalam liter per detik [25]. Untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, aliran air harus cukup untuk mengalir ke area pertanian, untuk meningkatkan hasil produktivitas tanaman. Untuk menghitung debit air digunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

Q = Debit (liter/jam atau liter/detik)

V = Volume (liter/ dm^3)

T = Waktu (jam/menit/detik)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di area pertanian depan Gedung Laboratorium Teknik Elektro S-1, Kampus II ITN Malang. Pelaksanaan dari tanggal 7 hingga 13 Desember 2023, dari jam 08.00 pagi hingga 15.00 sore untuk pengambilan data tegangan, arus, dan kelembaban tanah.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari komponen sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan

Nama Perangkat	Kuantitas (buah)	Jenis
Panel Surya 100 Wp	1	Mono-crystalline
Kincir Angin	1	Sumbu horizontal
Solar Charge Controller	2	Max 10 Ampere
Modul Boost Converter	1	Max 10 A
Modul Buck Converter	2	Max 5 A
ESP32	2	Dev-module
Sensor Tegangan	2	DC
Sensor Arus	2	ACS712
Baterai	1	Tag 12 V 45 Ah
Sensor Kelembaban	1	FC-28
Relay	1	Normally-open
Pompa Air	1	DC 12 V

C. Spesifikasi Sistem

Tabel 2. Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Panel	<i>Poly-crystalline</i>
Peak Power (Pmax)	100 Wp
Optimum Operating Voltage (Vmp)	17.8 V
Optimum Operating Current (Vmp)	5.62 A
Open Circuit Volt (Voc)	22.4 V
Short Circuit Current (Isc)	5.95 A
Module Efisiensi	15%

Tabel 3. Spesifikasi Solar Charge Controller

Spesifikasi	Keterangan
Model	CMTD-2410
Max. Charge Current	10 A
Max. Discharge Current	10 A
Max. Solar Panel Input	50 V
Rated Voltage	12 / 24 V
Stop Charge Voltage	14.7 / 24.4V
Low Voltage Recovery	12.2 / 24.4V
Operation Temperature	-20 – 60 °C

Tabel 4. Spesifikasi Buck Converter

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Input	6 – 36V (DC)
Tegangan Keluaran	1.25 – 36 V
Ampere Keluaran	0.05 – 5 A
Frekuensi	180 KHz

Tabel 5. Spesifikasi Boost Converter

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Input	5 – 30 V
Arus Input	8 A (max)
Tegangan Keluaran	1.25 – 30 V
Arus Keluaran	10 A (max)
Frekuensi	150 KHz

Tabel 6. Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Spesifikasi	Keterangan
CPU	Tensilica Xtensia LX6 32 bit Dual-Core di 160/240 MHz
SRAM	520 KB
FLASH	2 mb (Max 64 mb)
Tegangan	2.2 sampai 3.6 volt
Arus	80 mA
Wi-fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.2BR/EDR +BLE

Tabel 7. Spesifikasi sensor arus

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Kerja	5V (DC)
Arus	5A
Resistansi	1.2 m Ω
Rentang Sensitiv	66 – 185 mV/A
Nilai Error	1.5%

Tabel 8. Spesifikasi sensor tegangan

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Input	0V – 25V (DC)
Deteksi Tegangan	0.02445 – 25V
Ketelitian Pengukuran	0.00489V
Ukuran	25 x 13 mm

Tabel 9. Spesifikasi Sensor Kelembaban

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Input	3.3 V (DC)
Deteksi Tegangan	0 – 4.2V
Arus	35 mA
Nilai ADC	0 – 4023 nilai diskrit

Tabel 10. Spesifikasi Relay

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Kerja	3.75V – 6V (DC)
Input Arus	2mA
Arus Kerja	70mA
Maksimal Tegangan	250V (AC) atau 30V (DC)
Maksimal Arus	10A

Tabel 11. Spesifikasi Baterai

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan	12 V
Arus	45 Ah
Daya	540 watt
Merek	Tag, aki kering

Tabel 12. Spesifikasi Pompa Air

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)
Terperatur Air	0 – 60° C

D. Survei Lokasi Penelitian

Penentuan peletakan panel surya dan kincir angin diperlukan survei lokasi penelitian dengan melihat potensi radiasi matahari, agar penyerapan panel surya lebih optimal dan mencari potensi angin agar kincir angin mendapatkan daya yang optimal. Untuk pengukuran sensor kelembaban, dan pompa air di area pertanian dengan panjang 7 meter, lebar 4 meter, dan tinggi 0,5 meter. Perlu diketahui volume air dan kebutuhan energi pada lahan pertanian padi terlebih dahulu, dengan langkah sebagai berikut:

1) Menghitung Volume atau debit lahan pertanian

Untuk menghitung volume lahan pertanian menggunakan persamaan 5 sebagai berikut:

$$V = 7 \text{ meter} \times 4 \text{ meter} \times 0,5 \text{ meter}$$

$$V = 14 \text{ m}^3$$

$$1L = 1 \text{ dm}^3$$

Jadi, volume lahan pertanian yang dijadikan penelitian untuk pengambilan data adalah 14 m³ atau setara dengan 14000 Liter.

2) Waktu untuk mengisi air penuh di lahan pertanian

Dari spesifikasi pompa air pada tabel 12, perhitungan waktu untuk mengisi penuh lahan pertanian menggunakan persamaan 6 yaitu:

$$T = \frac{14000}{63}$$

$$T = 222 \text{ menit atau } 3,7 \text{ jam}$$

3) Waktu Penggunaan

Waktu penggunaan untuk sistem irigasi pada penelitian ini adalah 2 jam atau 120 menit. Dengan persamaan 6, maka:

$$120 = \frac{V}{63}$$

$$V = 63 \text{ liter} \times 120 \text{ menit}$$

$$V = 7560 \text{ Liter}$$

Jadi, pompa hanya di *setting* hidup hanya 2 jam, dan bisa mengisi lahan pertanian dengan volume 7560 Liter atau setara dengan 7,5 m³

4) Kebutuhan Energi Pompa Air

Untuk menghitung kebutuhan energi pompa air, menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$\text{Energi Listrik} = \text{daya pompa} \times \text{lama pemakaian} \quad (7)$$

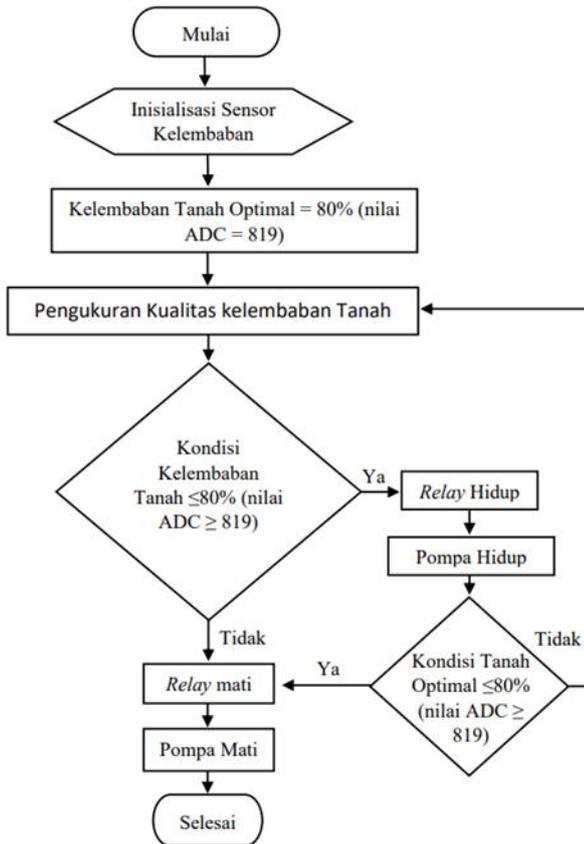
Dari persamaan 7, didapatkan hasil pengukuran energi listrik dengan daya pompa 50 watt sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Energi Listrik} = 50 \times 2 \text{ jam}$$

$$\text{Kebutuhan Energi Listrik} = 100 \text{ watt}$$

Jadi pompa air mengkonsumsi energi listrik 100 watt dalam waktu 2 jam.

E. Flowchart Internet of Things

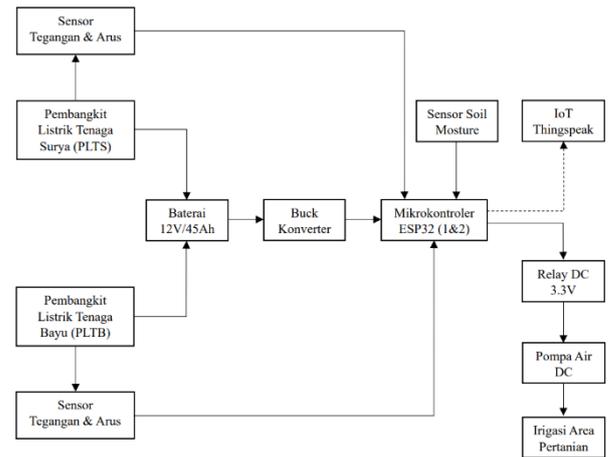


Gambar 19. Flowchart

Penjelasan *flowchart internet of things* pada gambar 19 sebagai berikut:

1. Mulai,
2. Menginisialisasi sensor kelembaban tanah,
3. Menetapkan nilai kelembaban tanah optimal adalah 80% (nilai adc sensor kelembaban = 819).
4. Melakukan pengukuran kualitas kelembaban tanah,
5. Apakah kondisi kelembaban tanah kurang dari 80% (nilai adc sensor kelembaban \geq 819)?
 - 5.1 Tidak, *relay* mati dan pompa mati, karena kondisi kelembaban tanah sama dengan 80% (nilai adc sensor kelembaban = 819) atau di atas 80% (nilai ADC sensor kelembaban \leq 819).
 - 5.2 Ya, *relay* hidup dan pompa hidup, karena kondisi kelembaban tanah kurang dari 80% (nilai adc sensor kelembaban \geq 819).
 - 5.2.1 Apakah kondisi tanah sudah optimal ?
 - 5.2.1.1 Tidak, mengulang kondisi keempat.
 - 5.2.1.2 Ya, *relay* mati dan pompa mati, karena kondisi kelembaban tanah sudah optimal.
6. Selesai.

F. Blok Diagram



Gambar 20. Blok Diagram

Penjelasan dari blok diagram yaitu:

1. Sumber energi menggunakan pembangkit *hybrid* panel surya dan kincir angin sumbu *horizontal*,
2. Untuk *output* dari kincir angin menghasilkan arus bolak-balik (AC), yang dimana untuk beban yang digunakan adalah arus searah (DC), maka dari output kincir angin harus di ubah menjadi arus searah (DC) menggunakan alat *rectifier*,
3. Kemudian *output* dari *rectifier* akan dihubungkan dengan *boost-converter*, yang dimana *boost-converter* digunakan untuk menaikkan tegangan dari kincir angin, setelah di naikkan tegangannya menjadi 12V kemudian *output* dari *boost-converter* dihubungkan ke *solar charge controller*,
4. Untuk *output* panel surya menghasilkan arus searah (DC), maka *ouput* dari panel surya akan langsung dihubungkan dengan *solar charge controller*,
5. Fungsi dari *solar charge controller* yaitu menstabilkan tegangan yang masuk dari kincir angin dan panel surya,
6. *Output* dari *solar charge controller* yang tengah akan masuk ke baterai untuk *charge* atau *discharge* baterai agar terjaga *life time* baterai,
7. *Output* dari *solar charge controller* yang kedua akan langsung masuk ke *buck-converter* 1 dan 2 untuk diturunkan tegangannya menjadi 3.3V agar bisa menyalakan ESP32 yang pertama dan kedua,
8. ESP32 pertama akan mengontrol sensor tegangan 1, sensor tegangan 2, sensor arus 1 dan sensor arus 2,
9. Sensor tegangan 1 dan sensor arus 2 akan dihubungkan ke *output* panel surya untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dari panel surya,
10. Sensor tegangan 2 dan sensor arus 1 akan dihubungkan ke *output* kincir angin untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dari kincir angin,
11. ESP32 kedua akan mengontrol sensor kelembaban tanah untuk mengukur kelembaban tanah pada area pertanian padi,
12. Kemudian *relay* dihubungkan dengan VCC ESP32 dengan tegangan 3.3V, kabel *negatif* dari baterai

- dihubungkan ke COM pada *relay*, setelah itu kabel NO (*Normally Open*) dihubungkan dengan pompa,
13. Kabel *positif* dari baterai dihubungkan ke pompa, agar pompa dapat di kontrol secara otomatis dengan *relay*,
 14. Setelah itu ESP32 pertama dan kedua akan berkomunikasi dengan *cloud thingspeak* secara *wireless*

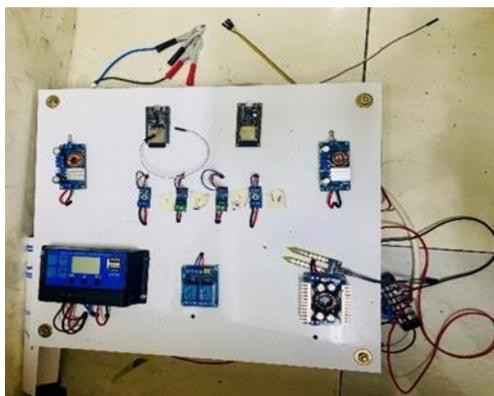
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan membahas pengukuran arus, tegangan pada pembangkit listrik tenaga surya (panel surya) dan pembangkit listrik tenaga bayu (kincir angin) dan hasil analisa yang didapat dari setiap melakukan pengukuran tersebut.

A. Deskripsi Perancangan Alat

Deskripsi alat pada penelitian ini membahas mengenai rancang bangun pembangkit *hybrid* menggunakan energi baru terbarukan panel surya dan kincir angin pada sistem *smart farming* berbasis *IoT* di area pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara merancang pembangkit *hybrid* PLTS dan PLTB berbasis *IoT* di area pertanian, mengetahui parameter apa saja yang dibutuhkan agar pompa bisa menyala secara otomatis dan mengetahui bagaimana mengontrol dan memonitoring kelembaban tanah di area pertanian.

Hasil dari perancangan pembangkit *hybrid* PLTS dan PLTB untuk keperluan pertanian, yang membantu dalam meningkatkan produktivitas pada waktu panen karena dengan metode *smart farming* petani bisa melihat kondisi tanah dengan memantau kelembaban tanah di area pertanian secara *real-time*. Maka terciptalah modul alat seperti pada gambar 21 berikut:



Gambar 21. Rancangan Modul hybrid

B. Hasil Pengukuran Tegangan Pada Pembangkit Hybrid

Pada tahap ini, pengukuran keluaran tegangan pada pembangkit *hybrid* dilakukan 7 hari, dari tanggal 7 hingga 13 Desember 2023. Pengukuran dari jam 08.00 – 15.00 di di area pertanian depan Gedung Laboratorium Teknik Elektro S-1, Kampus II ITN Malang. Untuk contoh hasil pengukuran tegangan hari ke-1 sebagai berikut:

Tabel 13. Contoh Pengukuran Hari Ke-1

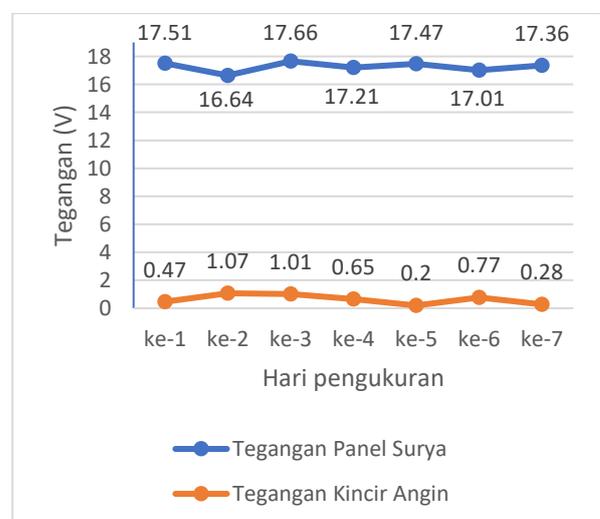
Waktu (WIB)	Tegangan Panel surya (V)	Tegangan kincir angin (V)	Cuaca
08.00	17.72	0.00	Cerah Berawan
09.00	17.72	0.00	
10.00	17.65	0.00	
11.00	16.53	2.71	
12.00	17.30	0.95	
13.00	17.72	0.10	
14.00	17.72	0.00	
15.00	17.72	0.00	

Dari hasil pengukuran sensor tegangan didapatkan rata-rata data setiap harinya sebagai berikut:

Tabel 14. Pengukuran Rata-Rata Sensor Tegangan

Hari	Tegangan Panel surya (V)	Tegangan Kincir angin (V)	Cuaca
Hari ke – 1	17.51	0.47	Cerah
Hari ke – 2	16.64	1.07	Cerah berawan
Hari ke – 3	17.66	1.01	Cerah
Hari ke – 4	17.21	0.65	Cerah
Hari ke – 5	17.47	0.20	Cerah
Hari ke – 6	17.01	0.77	Cerah berawan
Hari ke – 7	17.36	0.28	Cerah berawan

Dari hasil pengukuran pada tabel 14, bahwa keluaran tegangan panel surya mengalami *fluktuasi* 16.64 – 17.51 volt selama 7 hari sedangkan tegangan kincir angin fluktuasi 0.28 – 1.07 volt. Hal tersebut dipengaruhi oleh cuaca di lingkungan sekitar, sehingga didapatkan hasil grafik sebagai berikut:

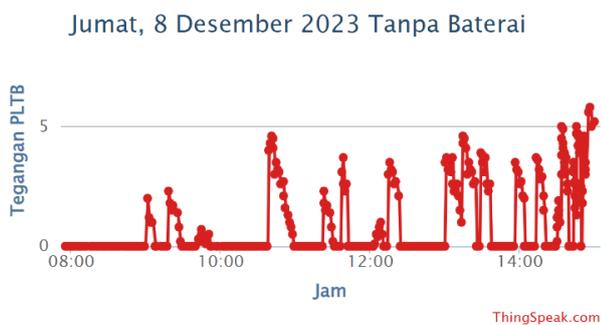


Gambar 22. Grafik Pengukuran Tegangan Pembangkit Hybrid

Dari gambar 22, menunjukkan bahwa hasil keluaran tegangan, bahwa tegangan panel surya secara konsisten lebih tinggi daripada tegangan kincir angin. Tegangan panel surya mengalami drop pada hari ke-2 sebesar 0.87 V, karena cuaca pada hari tersebut mendung dan pada bulan Desember adalah musim hujan sedangkan pada hari ke-2 PLTB mengalami kenaikan tegangan sebesar 0.6 V, karena pada saat cuaca mendung, kecepatan angin tinggi. Selama periode pengukuran dari tanggal 7 hingga 13 Desember 2023 cahaya matahari dan kecepatan angin mengalami fluktuasi dan tidak bisa diprediksi.

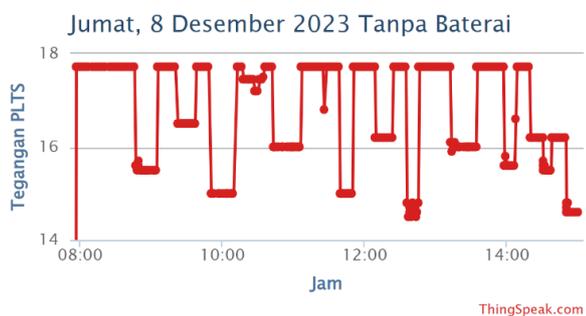
C. Hasil Monitoring Tegangan pada Thingspeak

Berikut adalah contoh hasil monitoring tegangan pada hari ke-2 tanggal 8 Desember 2023 sebagai berikut:



Gambar 23. Hasil Monitoring Tegangan PLTB Hari Ke-2

Dari hasil *monitoring* dengan thingspeak di dapatkan hasil pengukuran pada gambar 23 tidak terhubung baterai. Tegangan PLTS hari ke-2 berfluktuasi antara sekitar 0 dan 5 volt sepanjang hari, Hal ini disebabkan oleh kondisi cuaca pada Jumat, 8 Desember yang cerah namun berawan, dan perubahan dalam kecepatan angin. Beberapa titik di mana tegangan menghasilkan 5 volt yang menunjukkan pada saat itu dengan kecepatan angin yang optimal.



Gambar 24. Hasil Monitoring Tegangan PLTS Hari Ke-2

Dari hasil *monitoring* dengan thingspeak di dapatkan hasil pengukuran pada gambar 24 tidak terhubung baterai. Tegangan PLTS hari ke-2 berfluktuasi antara 14 hingga 18 volt sepanjang hari dan ada beberapa titik mendapatkan tegangan maksimal pada titik puncak, karena pada hari jumat, 8 Desember dengan cuaca cerah-berawan sehingga mempengaruhi perubahan dalam intensitas cahaya matahari dalam penyerapan tegangan panel surya.

D. Hasil Pengukuran Arus Pada Pembangkit Hybrid

Pada tahap ini, hasil pengukuran arus pada pembangkit *hybrid* dilakukan 7 hari, dari tanggal 7 hingga 13 Desember 2023. Pengukuran dari jam 08.00 – 15.00 di area pertanian depan Gedung Laboratorium Teknik Elektro S-1, Kampus II ITN Malang. Untuk contoh hasil pengukuran hari ke-3 sebagai berikut:

Tabel 15. Pengukuran Arus Hari Ke-3

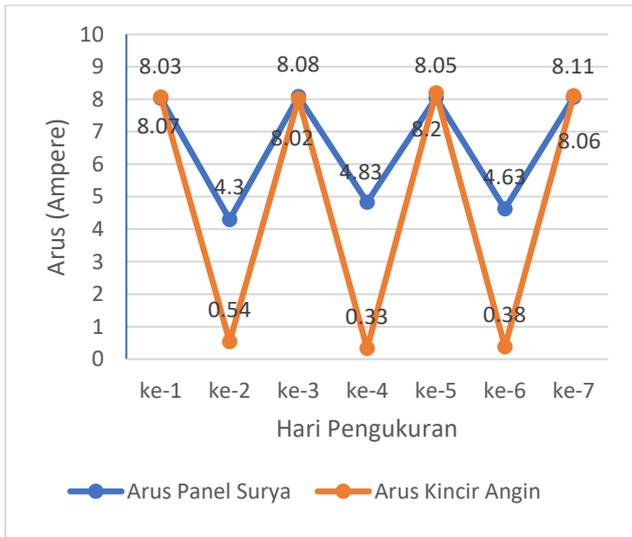
Waktu (WIB)	Arus Panel surya (A)	Arus Kincir Angin (A)	Cuaca
08.00	7.87	8.83	Cerah
09.00	8.00	7.40	
10.00	7.50	8.10	
11.00	8.50	7.33	
12.00	8.20	8.30	
13.00	8.40	8.00	
14.00	8.60	8.00	
15.00	7.57	8.06	

Dari hasil pengukuran sensor arus didapatkan rata-rata data setiap harinya yaitu:

Tabel 16. Pengukuran Sensor Arus

Hari	Arus Panel surya (A)	Arus Kincir Angin (A)	Cuaca
Hari ke – 1	8.03	8.07	Cerah
Hari ke – 2	4.30	0.54	Cerah berawan
Hari ke – 3	8.08	8.02	Cerah
Hari ke – 4	4.83	0.33	Cerah
Hari ke – 5	8.05	8.20	Cerah
Hari ke – 6	4.63	0.38	Cerah berawan
Hari ke – 7	8.06	8.11	Cerah berawan

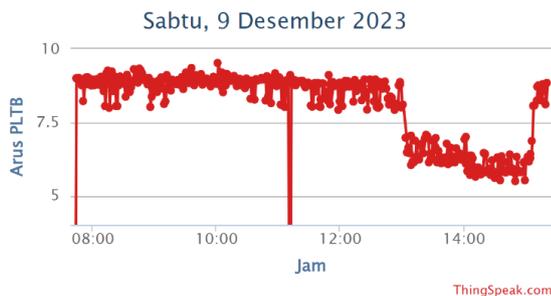
Dari hasil pengukuran pada tabel 16, dapat dilihat bahwa keluaran arus dari panel surya mengalami *fluktuasi* 4.30 hingga 8.08 A sedangkan kincir angin mengalami fluktuasi 0.33 hingga 8.20 A. Hal tersebut dipengaruhi oleh beban yang terhubung, sehingga didapatkan hasil grafik sebagai berikut:



Gambar 25. Grafik Pengukuran Arus Pembangkit Hybrid

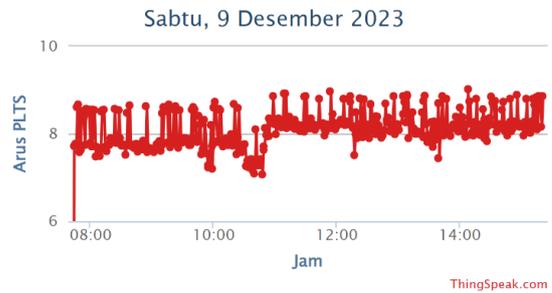
Dari gambar grafik 25 menunjukkan bahwa hasil keluaran arus kedua pembangkit sama-sama mengalami kenaikan dan penurunan 8.03 – 8.11 yang mana pada hari ke-1, 3, 5, dan 7 arus tertinggi pada hari ke-7 panel surya, hal tersebut bisa terjadi karena beban yang harus disuplai oleh pembangkit, maupun sistem pengecasan pada baterai membutuhkan arus yang besar. Kemudian arus dari panel surya dan kincir angin sangat rendah pada hari ke-2, 4, dan 6 arus panel surya dan kincir angin mengalami fluktuasi 0.33 – 4.83, yang dimana arus terendah pada hari ke-4 kincir angin. Karena pada hari ke-2, 4, dan 6 adanya perubahan cuaca dan pada percobaan hari tersebut tidak menggunakan baterai. Jadi pembangkit hanya menyuplai ke beban dan tidak untuk sistem pengecasan baterai.

E. Hasil Monitoring Arus dengan Thingspeak



Gambar 26. Hasil Monitoring Arus PLTB Hari ke-3

Dari hasil *monitoring* dengan thingspeak di dapatkan hasil pengukuran pada gambar 26 yang terhubung baterai. Arus dari PLTB hari ke-3 dari jam 08.00 – 12.00 berfluktuasi di atas 7.5 A, kemudian jam 13.00 – 14.00 mengalami penurunan signifikan dibawah 7.5 A. Hal ini disebabkan oleh kondisi cuaca pada Sabtu, 9 Desember yang cerah. Pembangkit *hybrid* melakukan pengecasan pada baterai membutuhkan arus yang besar, terhubung beban yang harus disuplai oleh pembangkit, dan kecepatan angin yang tidak dapat diprediksi. Kondisi ini berdampak pada output kincir angin.



Gambar 27. Hasil Monitoring Arus PLTS Hari Ke-3

Dari hasil *monitoring* dengan thingspeak di dapatkan hasil pengukuran pada gambar 27 yang terhubung baterai. Arus dari PLTS hari ke-3 di dapatkan hasil yang hasil yang berfluktuasi 8 A sepanjang hari dari jam 08.00 – 15.00, karena pada hari Sabtu, 9 Desember dengan cuaca cerah. Panel surya melakukan pengecasan pada baterai membutuhkan arus yang besar, terhubung beban yang harus disuplai oleh panel surya, dan perubahan dalam intensitas cahaya matahari dalam penyerapan panel surya.

F. Hasil Perhitungan Daya Pada Pembangkit Hybrid

Pada tahap ini, hasil perhitungan daya pada pembangkit *hybrid* dalam waktu 7 hari, dari tanggal 7 hingga 13 Desember 2023. Pengukuran dari jam 08.00 – 15.00 di area pertanian depan Gedung Laboratorium Teknik Elektro S-1, Kampus II ITN Malang. Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

P = Daya Listrik (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

Dengan contoh perhitungan menggunakan persamaan 8, pada hari ke-1 sebagai berikut:

1) Daya panel surya

$$P = V \times I$$

$$P = 17.51 \times 8.03$$

$$P = 140.60 \text{ watt}$$

Jadi, daya panel surya yang dihasilkan pada hari ke-1 adalah 140.60 watt.

2) Daya kincir angin

$$P = V \times I$$

$$P = 0.47 \times 8.07$$

$$P = 3.79 \text{ watt}$$

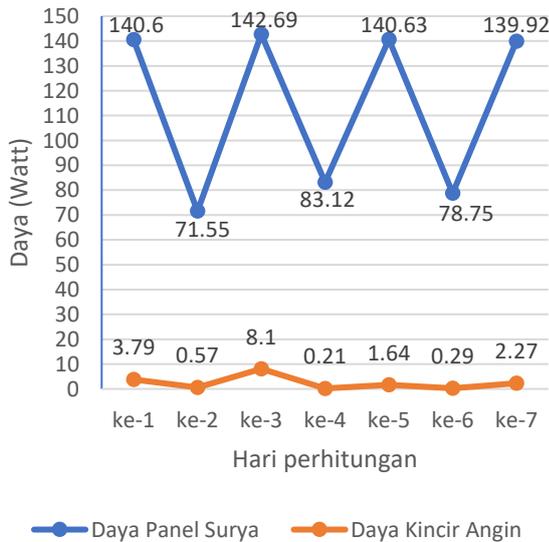
Jadi, daya kincir angin yang dihasilkan pada hari ke-1 adalah 3.79 watt.

Maka di dapatkan rata rata daya dari pembangkit hybrid sebagai berikut:

Tabel 17. Pengukuran Daya Hybrid

Hari	Daya Panel surya (W)	Daya Kincir Angin (W)
Hari ke - 1	140.60	3.79
Hari ke - 2	71.55	0.57
Hari ke - 3	142.69	8.10
Hari ke - 4	83.12	0.21
Hari ke - 5	140.63	1.64
Hari ke - 6	78.75	0.29
Hari ke - 7	139.92	2.27

Dari hasil rata rata perhitungan daya pada tabel 17 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 sebagai berikut:



Gambar 28. Grafik Pengukuran Daya Pembangkit Hybrid

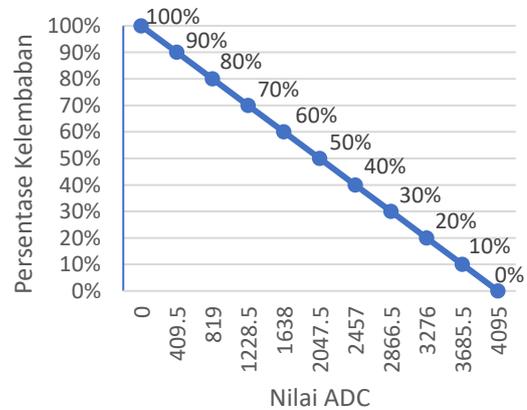
Dari gambar 28, menunjukkan hasil keluaran daya kedua pembangkit sama-sama mengalami kenaikan dan penurunan. Pada panel surya dari hari ke-1 hingga ke-7 mengalami fluktuasi 71.55 watt – 142.69 watt, yang dimana pada hari ke-1, 3, 5, dan 7 hasil daya yang terukur untuk sistem pengecasan pada baterai dan beban yang terhubung ke pembangkit. Pada hari ke- 2, 4, dan 6 adalah hasil daya yang terukur tanpa terhubung dengan baterai dan beban. Untuk daya tertinggi yang dihasilkan pada panel surya pada hari ke-3 dan daya terendah pada hari ke-2, fluktuasi ini disebabkan oleh perubahan dalam intensitas cahaya matahari dalam penyerapan tegangan panel surya.

Pada kincir angin hari ke-1 hingga ke-7 daya dari kincir angin mengalami fluktuasi 0.21 watt - 8.1 watt yang dimana pada hari ke-1, 3, 5, dan 7 hasil daya yang terukur untuk sistem pengecasan pada baterai dan beban yang terhubung ke pembangkit. Pada hari ke- 2, 4, dan 6 adalah hasil daya yang terukur tanpa terhubung dengan baterai dan beban. Untuk

daya paling tinggi berada pada hari ke-3, dan daya terendah pada hari ke-4, fluktuasi ini disebabkan oleh kecepatan angin yang tidak bisa diprediksi.

G. Hasil Pengukuran Kelembaban Tanah

Pada tahap ini, pengukuran kelembaban tanah dari tanggal 7 hingga 13 Desember 2023. Pengukuran dari jam 08.00 – 15.00 di area pertanian depan Gedung Laboratorium Teknik Elektro S-1, Kampus II ITN Malang. Berdasarkan data dan pembacaan nilai sensor kelembaban dalam sinyal ADC adalah 0 hingga 4095.



Gambar 29. Grafik Nilai Kelembaban

Berdasarkan gambar 29, menunjukkan bahwa nilai persentase berbanding terbalik dengan nilai ADC, karena ketika nilai ADC rendah, maka persentase kelembaban tanah tinggi atau kondisi tanah lembab. Jika sebaliknya nilai ADC tinggi, maka persentase kelembaban tanah rendah atau kondisi tanah kering. Hasil pengukuran kelembaban tanah dari tanggal 13 sampai 17 Desember 2023 didapatkan hasil rata-rata data sebagai berikut:

Tabel 18. Hasil Pengukuran Rata-rata Kelembaban Tanah

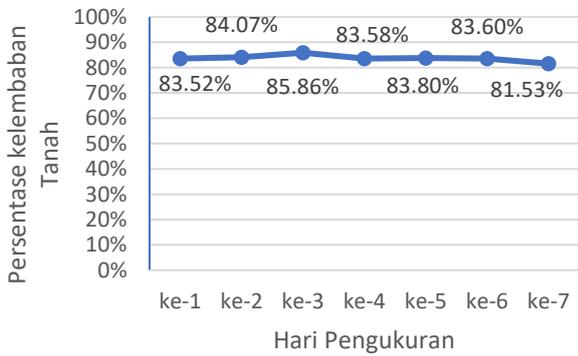
Hari	Nilai ADC	Nilai Kelembaban Tanah (%)	Cuaca
Hari Ke-1	674.85	83.52	Cerah
Hari Ke-2	652.33	84.07	Cerah berawan
Hari Ke-3	579.03	85.86	Cerah
Hari Ke-4	672.40	83.58	Cerah
Hari Ke-5	663.39	83.80	Cerah
Hari Ke-6	630.63	84.60	Cerah berawan
Hari Ke-7	756.35	81.53	Cerah berawan

Contoh mencari persentase pada hari ke-7 tanggal 13 Desember 2023 untuk nilai kelembaban tanah dengan sensor kelembaban menggunakan persamaan 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kelembaban Tanah} &= (100 - ((756.35 / 4095) \times 100)) \\ \text{Kelembaban Tanah} &= (100 - (0.1847 \times 100)) \\ \text{Kelembaban Tanah} &= (100 - 18.47) \\ \text{Kelembaban Tanah} &= 81.53\% \end{aligned}$$

Jadi, ketika nilai keluaran ADC pada sensor kelembaban 756.35, maka kelembaban 81.53%.

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa tingkat kelembaban tanah mengalami fluktuasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya perubahan cuaca disekitar. Sehingga di dapatkan hasil grafik rata rata tingkat kelembaban tanah sebagai berikut:

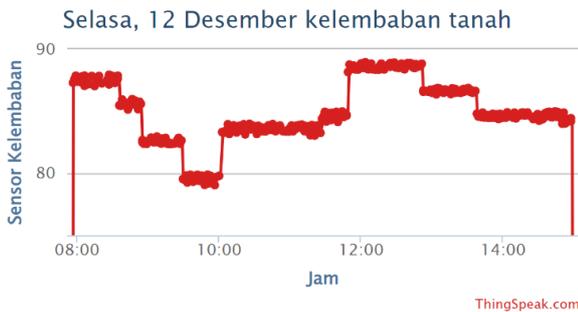


Gambar 30. Grafik Pengukuran Kelembaban Tanah

Dari gambar 30, grafik menunjukkan bahwa tingkat kelembaban tanah selama tujuh hari pengukuran berfluktuasi 81.53% hingga 85.86%. Dari rata-rata 7 hari pengukuran dengan alat irigasi otomatis ini di dapatkan kelembaban yang optimal untuk area pertanian yaitu $\geq 80\%$ yang dapat meningkatkan produktivitas hasil pertanian dan kelangsungan hidup tanaman terjaga.

H. Hasil Monitoring Kelembaban Tanah dengan Thingspeak

Berikut adalah contoh hasil monitoring kelembaban tanah pada hari ke-6 tanggal 12, Desember 2023 sebagai berikut:



Gambar 31. Hasil Pengukuran Kelembaban Hari ke-6

Dari hasil *monitoring* dengan thingspeak di dapatkan hasil pengukuran pada gambar 31, dengan cuaca cerah berawan, menunjukkan pembacaan tingkat kelembaban area pertanian pada hari Selasa, 12 Desember 2023. Terjadi penurunan tingkat kelembaban tanah $\leq 80\%$ pada jam 10.00, yang mengindikasikan bahwa tanah mengalami kekeringan, maka ketika kelembaban tanah dibawah 80% atau $\leq 80\%$ maka diperlukan irigasi dengan pompa air DC yang setting hanya menyala selama 2 jam pada hari tersebut untuk memperbaiki tingkat kelembaban tanah agar tetap ideal.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Telah berhasil dikembangkan sebuah sistem pembangkit listrik *hybrid* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dengan daya kurang dari 140 watt. Sistem ini dirancang khusus untuk digunakan sebagai pengecasan sumber energi baterai untuk menyalakan pompa air, pompa akan bekerja jika inputan yang menunjukkan tingkat kelembaban tanah $\leq 80\%$.
2. Dari hasil perhitungan dan analisa selama 7 hari dari tanggal 7 hingga 13 Desember 2023 dari monitoring kelembaban IoT mampu mendeteksi tingkat kelembaban tanah yang diperlukan pada lahan pertanian yaitu 80%. Ketika kelembaban tanah di area pertanian turun di bawah 80% atau nilai ADC lebih dari 819 maka akan mengirimkan sinyal ke relay dan akan menghidupkan pompa air untuk meningkatkan kelembapan tanah agar tanaman padi tetap sehat dan produktivitas pertanian meningkat. Pompa air DC membutuhkan daya sebesar 100 watt dari baterai untuk melakukan irigasi sebanyak 7560 liter, karena pompa diatur hanya menyala selama 2 jam pada lahan seluas 28 m².

Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, terdapat saran untuk mengembangkan penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lagi dari segi manajemen dayanya dan peletakan kedua pembangkit *hybrid* ini agar lebih optimal dalam menghasilkan daya. Serta pada pengukuran sensor tegangan, arus, lebih dioptimalkan lagi supaya pembacaan-nya bisa lebih akurat.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rouf And W. Agustiono, "Literature Review: Pemanfaatan Sistem Informasi Cerdas Pertanian Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Open Science Framework*, Preprint, Jan. 2021. Doi: 10.31219/Osf.Io/S53ge.
- [2] Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, Imelda Zahra Tungga Dewi F, Muhamad Faqih Ulinuha et al. "Sistem Tanaman Hidroponik Terintegrasi Iot Mqtt Panel Berbasis Android," *J. Keteknikan Pertan. Trop. Dan Biosist*, Vol. 9, No. 1, Pp. 71–78, Apr. 2021, Doi: 10.21776/Ub.Jkptb.2021.009.01.08.
- [3] O. Nurdyawan, I. Ali, C. L. Rohmat, And A. R. Rinaldi, "Sistem Kendali Sensor Tanah Sebagai Pemonitor Tingkat Kelembaban Media Tanam Padi," Vol. 5, 2020.
- [4] M. R. Putri, F. X. A. Setyawan, And S. Sumadi, "Sistem Kontrol Beban Dan Monitoring Daya Baterai Pada Panel Surya 50wp Untuk Aplikasi Penerangan Berbasis Internet Of Things," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, Vol. 10, No. 3, Aug. 2022, Doi: 10.23960/Jitet.V10i3.2640.
- [5] M. Indah, "Desain Dan Uji Sistem Drainase Bawah Permukaan Untuk Tanaman Hortikultura Pada Tanah Lempung (Kasus Di Desa Majannang)".

- [6] I. N. Aziza, "Smart Farming Untuk Peternakan Ayam," *Telkom Univ.*, Vol. IX, No. 1, Mei 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.unnur.ac.id/index.php/jurnal/fiki>
- [7] L. E. Nuryanto, "Perancangan Sistem Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Pln Dan Plts) Kapasitas 800 Wp," Vol. 17, No. 3, 2021.
- [8] D. Darwin, Panjaitan, Suwarno Albert, Suwarno, "Analisa Pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal," *J. Mesil Mesin Elektro Sipil*, Vol. Vol.1, No.2, P. Hal 99-106, Desember 2020.
- [9] Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, M. Adam, P. Harahap, M. R. Nasution, "Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Plta) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc," *Rele Rekayasa Elektr. Dan Energi J. Tek. Elektro*, Vol. 2, No. 1, Pp. 30-36, Jul. 2019, Doi: 10.30596/Rele.V2i1.3648.
- [10] M. Khudri Johari, M. Azim A Jalil, And M. Faizal Mohd Shariff, "Comparison Of Horizontal Axis Wind Turbine (Hawt) And Vertical Axis Wind Turbine (Vawt)," *Int. J. Eng. Technol.*, Vol. 7, No. 4.13, P. 74, Oct. 2018, Doi: 10.14419/Ijet.V7i4.13.21333.
- [11] A. F. Rozi, I. A. I. Agung, M. Widyartono, And A. C. Hermawan, "Penerapan Pembangkit Hybrid Sebagai Penggerak Kincir Air Pada Tambak Udang," Vol. 10, 2021.
- [12] M. Ali, F. Kadir, And M. S. Ikbal, "Analisis Karakteristik Panjar Maju Dan Panjar Mundur Pada Dioda 1n4007".
- [13] J. Jamaaluddin, I. Anshory, E. Rosnawati, And D. K. Aji, "Analisa Perbandingan Pwm Dan Mppt Untuk Beban Di Atas 200 W".
- [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] M. S. Pandang, N. Nachrowie, And R. D. J. K. Sari, "Prototype Kendali Arus Dan Tegangan Menggunakan Internet Of Things (Iot)," *Blend Sains J. Tek.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 191-197, Oct. 2023, Doi: 10.56211/Blendsains.V2i2.351.
- [16] B. D. Prabowo, I. R. S. Siregar, A. Faidil, N. R. Alham, And M. J. N. Afandi, "Pengukuran Arus Dan Tegangan Pada Prototipe Pltmh Berbasis Arduino Dan Multimeter," *J. Media Elektro*, Pp. 45-52, Oct. 2020, Doi: 10.35508/Jme.V0i0.2305.
- [17] R. Jupita, A. N. Tio, A. Rifaini, C. Saputri, And M. Fahrizal, "Otomatisasi Penyiraman Tanaman Dengan Sensor Soil Moisture," Vol. 7, 2021.
- [18] A. Budiyanto, G. B. Pramudita, And S. Adinandra, "Kontrol Relay Dan Kecepatan Kipas Angin Direct Current (Dc) Dengan Sensor Suhu Lm35 Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, Vol. 19, No. 01, Pp. 43-54, Apr. 2020, Doi: 10.31358/Techne.V19i01.224.
- [19] Anggy Giri Prawiyogi And Aang Solahudin Anwar, "Perkembangan Internet Of Things (Iot) Pada Sektor Energi: Sistematis Literatur Review," *J. Mentari Manaj. Pendidik. Dan Teknol. Inf.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 187-197, Jan. 2023, Doi: 10.34306/Mentari.V1i2.254.
- [20] H. S. Dewi, M. A. Putri, A. Kurniawan, B. Y. Prakoso, S. Budilaksono, And W. H. Kencana, "Smart Farming Teknologi Monitoring Produksi Dan Pemasaran Kebun Organik," Vol. 7, No. 1, 2022.
- [21] M. W. Hasan, "Covid-19 Fever Symptom Detection Based On Iot Cloud," *Int. J. Electr. Comput. Eng. Ijece*, Vol. 11, No. 2, P. 1823, Apr. 2021, Doi: 10.11591/Ijece.V11i2.Pp1823-1829.
- [22] R. T. Jurnal, "Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai Plts," *Energi Kelistrikan*, Vol. 9, No. 2, Pp. 120-125, Nov. 2018, Doi: 10.33322/Energi.V9i2.48.
- [23] K. Bayu Kusuma, C. G. Indra Partha, And I. W. Sukerayasa, "Perancangan Sistem Pompa Air Dc Dengan Plts 20 Kwp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh," *J. Spektrum*, Vol. 7, No. 2, P. 46, Jun. 2020, Doi: 10.24843/Spektrum. 2020.V07.I02.P7.
- [24] M. A. T. Siregar, A. Lukman, And D. Tanjung, "Analisa Kebutuhan Air Irigasi Pada Bendung Sei Wampu Di Kecamatan Stabat Kabupaten Langkat," Vol. 15, No. 3, 2020.
- [25] R. Sri Martini, Z. Bahri, And A. T. Miranda, "Pengaruh Debit Aliran Terhadap Sedimentasi Di Sungai Lematang Kabupaten Lahat," *Bear. J. Penelit. Dan Kaji. Tek. Sipil*, Vol. 6, No. 3, Oct. 2020, Doi: 10.32502/Jbearing.2841202063.

VII. BIODATA PENULIS



Rizky Fadillah, lahir di Balikpapan, 18 Maret 2002. Penulis menyelesaikan Pendidikan dasar di SMA Negeri 5 Balikpapan Selatan tahun 2020. Kemudian pada tahun 2020 penulis melanjutkan studi diperguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang prodi Teknik Elektro S-1 dengan memilih konsentrasi Teknik Energi listrik. Kegiatan selama perkuliahan menjadi Koordinator Aslab Energi Baru Terbarukan dan menjadi Anggota Komunitas Renewable Energi. Keahlian yang dikuasai mengenai instalasi listrik tegangan rendah dan menguasai teknologi energi baru terbarukan. Penulis mengucapkan rasa terimakasih atas terselesaikan-nya skripsi ini yang berjudul "Rancang Bangun Pembangkit Hybrid PLTS Dan PLTB Pada Sistem Smart Farming Berbasis IoT Di Area Pertanian".