

ANALISA PERBANDINGAN TRACKING & NON TRACKING SOLAR PANEL UNTUK PROSES PENYEMPROTAN INSEKTISIDA PADA TANAMAN TOMAT BERBASIS IOT

Yosep Trindo Anugrahita Sasgitra Ardi¹, Alfarid Hendro Yuwono², Michael Ardita³

Teknik Elektro S1, ITN Malang, Malang Indonesia

trindoanugrahita05@gmail.com¹, alfaridhendroyuwono@lecturer.itn.ac.id²,

michael.ardita@lecturer.itn.ac.id³

Abstrak— Lahan pertanian di Indonesia tersebar di seluruh provinsi, dan dengan kemajuan teknologi pertanian, sektor ini perlu mengikuti perkembangan. Energi Baru Terbarukan (EBT) merupakan salah satu potensi besar yang dapat dimanfaatkan, namun masih jarang dimanfaatkan. Petani di Indonesia sangat membutuhkan sumber energi untuk memudahkan pekerjaan mereka dan meningkatkan efisiensi lahan pertanian mereka. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi EBT, yang digunakan dalam sistem penyemprotan insektisida otomatis berbasis IoT pada tanaman tomat. Sistem ini memungkinkan petani untuk memantau tanaman mereka secara real-time dengan waktu pembaruan data kurang dari 5 detik. Penggunaan panel surya yang ramah lingkungan mengurangi biaya operasional setelah pemasangan awal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pelacakan panel surya lebih efisien daripada non-tracking, dengan produksi energi pada hari pertama sebesar 383,21 Wh pada sistem pelacakan dan 337,02 Wh pada sistem non-tracking, meningkat sebesar 13,7%. Selain itu, sistem IoT meningkatkan efisiensi penyemprotan insektisida, mengurangi penggunaan insektisida yang berlebihan, dan meningkatkan hasil panen tomat hingga 10-15%. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat menjadi solusi berkelanjutan bagi sektor pertanian di Indonesia, meningkatkan produktivitas dan efisiensi petani, serta berdampak positif pada kesejahteraan dan kualitas produk pertanian.

Kata Kunci: Panel Surya Tracking & Non tracking, IoT Pertanian, Smart Farming, Penyemprotan Insektisida

I. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai lahan pertanian tak terhitung yang tersebar di seluruh provinsi, mencakup produk tanaman holtikultura berupa buah-buahan maupun sayur mayur. Perkembangan teknologi sektor pertanian, mengharuskan petani Indonesia mulai berinovasi. Daya produksi dan mutu hasil pertanian saat ini menjadi sangat bergantung pada penggunaan insektisida. Sprayer atau alat penyemprot manual masih digunakan. Sebagian besar petani tradisional Indonesia untuk menyemprotkan insektisida guna mengendalikan hama pada tanaman[1]. Beberapa

lainnya menyemprotkan insektisida dengan memakai mesin dengan bahan bakar fosil ataupun pesawat ke lahan pertanian mereka.

Baru-baru ini, sebagian petani telah mulai memanfaatkan alat penyemprot berbasis baterai. Tetapi kemudian terindikasi memiliki kelemahan karena baterai yang digunakan akan habis dan perlu diisi ulang, hal ini menyebabkan ketidak efisienan karena petani harus mencari sumber listrik[2]. Pemanfaatan energi surya sebagai teknologi energi terbarukan, dapat menjadi solusi alternatif untuk mengatasi masalah ini. Penelitian ini bertujuan mengatasi masalah sumber Listrik untuk baterai dengan mengimplementasikan panel surya sistem tracking dan non-tracking melalui SME atau Sistem Manajemen Energi berbasis Internet of Things (IoT), diharapkan dapat memantau dan mengatur pasokan energi sesuai kebutuhan penyemprotan insektisida pada tanaman tomat. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan menggabungkan keberlanjutan energi surya dengan kebutuhan pertanian modern[3].

Penerapan teknologi IoT pada sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih efisien. Berdasarkan tinjauan langsung dari petani, penyemprotan insektisida biasanya dilakukan dua kali seminggu, menyesuaikan dengan kondisi cuaca. Jika cuaca buruk atau hujan pada jadwal penyemprotan, maka penyemprotan ditunda dua hari. Inovasi alat ini diharapkan dapat memastikan penyemprotan insektisida pada tanaman tomat menjadi tepat waktu, artinya bisa ditunda jika cuaca tidak memungkinkan, tepat sasaran, artinya penyemprotan lebih merata dan langsung ke tanaman tomat, serta tepat takaran, artinya takaran cairan insektisida sesuai untuk menghindari pemborosan[4]. Selain penyemprotan terjadwal, penyemprotan insektisida dapat ditambah jika tanaman menunjukkan tanda-tanda hama atau penyakit meskipun sudah disemprot sesuai jadwal. Penyemprotan tambahan ini dilakukan hingga hama dan penyakit benar-benar hilang, dan dilanjutkan hingga tanaman tomat siap dipanen[5].

A. Rumusan Masalah

Berdasar pada penjelasan latar belakang di atas maka rumusan masalah yang diajukan yaitu :

1. Bagaimana menganalisa pembangkit Panel Surya dengan perbandingan antara sistem Tracking & Non Tracking ?
2. Bagaimana cara memonitor setiap data yang masuk pada masing-masing sistem panel surya?
3. Bagaimana mengimplementasikan dan mengintegrasikan sistem pembangkit menggunakan panel surya dengan penyempromotan tanaman otomatis dan IoT atau Internet of Things pada sektor pertanian ?

B. Tujuan

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

1. Membandingkan sistem Tracking & Non Tracking, untuk mengoptimalkan kinerja panel surya.
2. Menampilkan hasil monitoring program masukan atau input data waktu dari operator dalam kondisi *real-time* dengan tepat , menggunakan Iot *Thingspeak*.
3. Meningkatkan efektivitas proses penyempromotan insektisida guna memberikan dampak positif pada pertumbuhan dan hasil panen tanaman tomat secara berkelanjutan.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Sistem Pertanian

Pertumbuhan sektor pertanian di Indonesia sangat penting karena sebagian besar penduduk bergantung pada sektor ini untuk pangan dan perekonomian. Dukungan sumber daya yang memadai diperlukan untuk mengembangkan sektor ini dan meningkatkan kesejahteraan petani. Teknologi modern, seperti Internet of Things (IoT), semakin banyak digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian[6]. Penggunaan teknologi ini, termasuk energi terbarukan seperti panel surya, mendukung energi hijau dan memungkinkan sistem penyempromotan insektisida berbasis IoT. Teknologi ini mengurangi beban kerja petani, menjaga kondisi tanaman tetap optimal, dan meningkatkan hasil panen[7].

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mengubah energi matahari menjadi listrik arus searah (DC) menggunakan panel surya yang terdiri dari sel surya semikonduktor, seperti silikon. Sel-sel ini dihubungkan secara seri dan paralel untuk meningkatkan tegangan dan arus, sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik. Energi yang dihasilkan diatur oleh pengontrol pengisian daya surya dan disimpan dalam baterai. Pengembangan PLTS meningkat pesat setiap tahun, didorong oleh peningkatan efisiensi teknologi, penurunan biaya, kemudahan integrasi dengan infrastruktur kelistrikan, kemajuan dalam

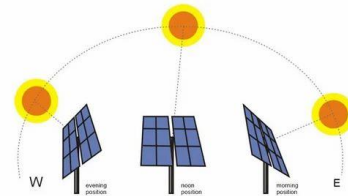
penyimpanan energi, dan aplikasi skala besar dan komersial.



Gambar 1. Panel surya

C. Pembangkit Listrik Panel Surya Sistem Tracking

Saat ini, sinar matahari banyak digunakan untuk menghasilkan listrik menggunakan panel surya. Sebagian besar penggunaan panel surya masih mengadopsi sistem statis, di mana panel dipasang pada posisi tetap. Hal ini menyebabkan penyerapan energi matahari menjadi kurang optimal. Untuk meningkatkan efisiensi, dikembangkan teknologi "solar panel tracking". Teknologi ini memungkinkan panel bergerak mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari, sehingga penyerapan energi menjadi maksimal[8].



Gambar 2. Pembangkit Panel Surya Tracking

D. Pembangkit Listrik Panel Surya Sistem Non Tracking

Pembangkit Listrik Panel Surya dengan sistem non tracking akan bekerja secara ideal dengan menghadapkan ke arah yang tepat berdasarkan lokasinya. Namun idealnya dihadapkan ke arah garis khatulistiwa. Di pulau Jawa lebih baik diarahkan ke arah utara. Namun jika panel surya tidak memungkinkan untuk dipasang berdasarkan orientasi tersebut sistem pembangkit Listrik akan tetap bekerja walaupun dengan efisiensi yang berbeda jika dibandingkan perletakan di arah khatulistiwa.



Gambar 3 Panel surya non tracking.

E. Penyempromotan Tanaman

Metode pemupukan tanaman secara organik saat ini masih banyak dilakukan secara tradisional. Penggunaan alat semprot konvensional sering kali menyebabkan penyempromotan pupuk cair tidak merata, membuang-buang energi, dan membutuhkan banyak tenaga kerja. Selain itu,

petani berisiko menghirup uap kimia berbahaya, seperti insektisida atau pupuk cair, yang dapat berdampak buruk pada kesehatan dan kualitas panen[9].



Gambar 4 Penyemprot Tanaman

Inovasi alat penyemprot yang terhubung dengan teknologi IoT dan dikendalikan melalui antarmuka web memungkinkan penggunaan daya dari panel surya untuk mengisi daya baterai[10]. Dengan ini, petani tidak perlu mengisi ulang alat penyemprot secara manual, sehingga lebih hemat waktu dan ramah lingkungan[11]. Selain itu, risiko terpapar cairan kimia berbahaya seperti insektisida atau pupuk cair pun berkurang, dan hasil penyemprotan pun lebih merata, yang berdampak positif pada hasil panen[12].

F. Internet of things

Suatu konsep sistem yang bertujuan untuk memperluas konektivitas internet yang senantiasa terhubung dengan jaringan dan dapat digunakan sebagai penghubung mesin-mesin, peralatan elektronik, dan objek-objek lainnya, dengan menggunakan sensor-sensor dan aktuator-aktuator jaringan sehingga dapat mengelola data dengan kinerjanya sendiri, kemudian perangkat tersebut dapat beroperasi berdasarkan informasi-informasi baru yang diperoleh secara mandiri dan dapat dikendalikan dari jarak jauh, yang biasa disebut dengan sistem Internet of Things (IoT).



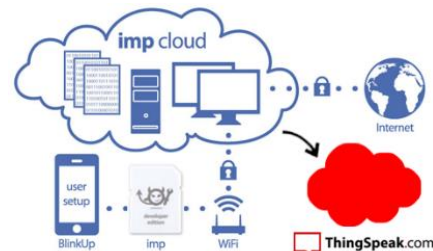
Gambar 5 Sistem Internet of Things

Prinsip kerja Internet of Things (IoT) (lihat Gambar 5) melibatkan pemrograman otomatis yang menghubungkan berbagai perangkat, seperti CCTV, listrik rumah, dan sistem keamanan, tanpa memerlukan operator manusia secara langsung. IoT menggunakan internet untuk menghubungkan perangkat dengan alamat IP yang memungkinkan komunikasi antar perangkat. Peran manusia terbatas pada pemantauan dan pengelolaan perangkat dari jarak jauh[13].

G. Cloud ThingSpeak

ThingSpeak merupakan platform Internet of Things (IoT) yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan,

menampilkan, dan menganalisis data dari perangkat IoT melalui protokol HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Platform ini memudahkan pengguna untuk membuat proyek IoT yang melibatkan sensor, perangkat pintar, dan mikrokontroler menggunakan LAN (Local Area Network) untuk mengirimkan data yang telah diperoleh[14].



Gambar 6. Cloud ThingSpeak

H. Solar Charge Controller

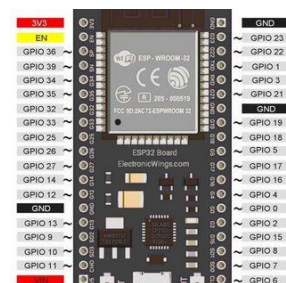
Solar charge controller merupakan perangkat elektronik dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang berfungsi untuk mengatur arus dan tegangan saat pengisian baterai dengan energi dari panel surya. Perangkat ini melindungi baterai dari risiko pengisian berlebihan, tegangan panel surya yang berlebihan, dan pengosongan daya yang berlebihan, sehingga efisiensi dan kinerja baterai tetap optimal[15].



Gambar 7. Solar Charge Controller

I. ESP32

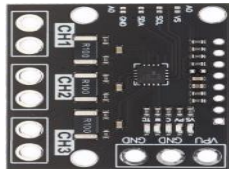
Mikrokontroler ESP32 banyak digunakan dalam aplikasi energi dan elektronik untuk mengendalikan perangkat atau sensor secara otomatis. Keunggulan ESP32 meliputi banyak pin GPIO untuk input, output, dan PWM, serta dua inti prosesor Tensilica Xtensa 32-bit untuk eksekusi data paralel. Dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth 4.2 terintegrasi, ESP32 memfasilitasi konektivitas jaringan dan komunikasi perangkat, sehingga ideal untuk aplikasi Internet of Things (IoT).



Gambar 8. ESP32

J. Sensor Arus & Tegangan INA3221

Sensor INA3221 dari Texas Instruments adalah monitor arus dan tegangan tiga saluran 12-bit, ideal untuk aplikasi pemantauan daya yang akurat dan hemat energi. Sensor ini mendukung pengukuran tegangan dari 0V hingga 26V melalui resistor shunt eksternal, menggunakan antarmuka I2C untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. INA3221 juga dilengkapi alarm yang dapat dikonfigurasi untuk peringatan tegangan berlebih atau arus berlebih dan beroperasi pada tegangan suplai 2,7V hingga 5,5V. Sensor ini cocok untuk aplikasi seperti manajemen baterai dan pemantauan sistem daya.



Gambar 9. Sensor Arus dan Tegangan INA3221

K. Sensor Soil Moisture

Sensor Kelembapan Tanah mendeteksi kelembapan tanah dengan menggunakan dua probe yang mengalirkan arus listrik melalui tanah. Sensor mengukur resistansi untuk menentukan tingkat kelembapan; semakin banyak air di dalam tanah, semakin rendah resistansinya, sedangkan tanah kering memiliki resistansi yang lebih tinggi.



Gambar 10. Sensor Soil Moisture

L. Optocoupler

Optocoupler, atau opto-isolator, adalah komponen yang menghubungkan dua sirkuit listrik melalui cahaya optik, biasanya menggunakan LED dan fototransistor. PC817 adalah optocoupler dengan dioda IR dan fototransistor, yang mengirimkan sinyal melalui cahaya inframerah untuk mengisolasi input dan output tanpa kontak fisik, sehingga mengurangi interferensi dalam sirkuit.



Gambar 11. Optocoupler PC817

M. Stepdown

Relai Step-Down LM2596 adalah modul konverter DC-DC yang menurunkan tegangan input ke tegangan output yang lebih rendah menggunakan IC regulator LM2596 dengan topologi konverter buck. Modul ini efisien, memiliki frekuensi switching internal, dan dilengkapi dengan

komponen eksternal seperti induktor, dioda, dan kapasitor. Tegangan output dapat disesuaikan dengan menyesuaikan resistor eksternal.



Gambar 12. Stepdown LM2596

N. Baterai

Baterai 12V 18Ah merupakan penyimpanan energi listrik dengan tegangan nominal 12 volt dan kapasitas 18 ampere-jam, yang mampu mengalirkan arus 18 ampere selama satu jam atau arus yang lebih rendah untuk durasi yang lebih lama. Baterai ini cocok untuk aplikasi seperti sistem tenaga surya, UPS, kendaraan listrik, dan lain-lain. Saat memilih baterai, pastikan kapasitasnya sesuai dengan kebutuhan beban dan isi ulang secara berkala untuk menjaga masa pakai baterai.



Gambar 13. Baterai 12V 18Ah

O.

P. Relay DC Normally Open

Relai adalah sakelar listrik yang bekerja menggunakan mekanisme elektromagnetik, yang terdiri dari kumparan dan kontak sakelar. Relai diaktifkan dengan memberikan tegangan, misalnya 3,3 V, yang menghasilkan medan magnet untuk menarik kontak sakelar, mengubahnya dari posisi normal terbuka (NO) ke posisi normal tertutup (NC) untuk memungkinkan listrik bertegangan tinggi mengalir.



Gambar 14. Relay DC Normally Open

Q. Pompa Air DC

Pompa udara 12V DC adalah perangkat yang digunakan untuk memanaskan udara dengan sumber daya 12 volt (DC). Pompa ini sering digunakan dalam sistem penyiraman otomatis, peralatan portabel, dan aplikasi lain yang membutuhkan daya rendah. Pompa 12V DC mudah dipasang dan cocok untuk digunakan dengan sumber daya terbatas. Spesifikasi, seperti daya, kapasitas aliran, tekanan, dan ukuran, bervariasi tergantung pada kebutuhan, jadi penting untuk memilih pompa yang sesuai dengan aplikasi yang

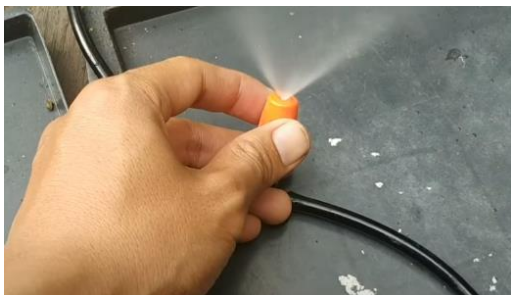
diinginkan.



Gambar 15. Pompa Air DC 12V

R. Selang & Sprayer

Selang berperan mengalirkan air dari pompa ke sprayer, memungkinkan akses ke area yang luas atau sulit dijangkau, sementara sprayer mengatur pola dan intensitas semprotan, memastikan distribusi air yang efisien dan tepat sesuai kebutuhan. Kombinasi ini memaksimalkan efektivitas penyemprotan untuk penyemprotan insektisida menjadikan proses penyemprotan lebih terkontrol dan hemat sumber daya.



Gambar 16. Selang dan Sprayer Penyemprotan

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Dasar Telekomunikasi Teknik Elektro untuk perakitan alat yang dibuat dan di lantai atas/rooftop Gedung lab S1 Teknik Elektro 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	Tracking	1
Panel Surya 100 Wp	Non Tracking	1
Solar Charge Controller	Max 10 Ampere	2
Baterai	TAG 12V 18Ah	1
Mikrokontroler ESP32	Dev-Module	1
Sensor Tegangan	INA3221	1
Sensor Arus	INA3221	1
Sensor Soil Moisture	YL-69	1

Relay	DC 5V	1
Optocoupler	PC817	1
Stepdown	LM2596	2
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. Solar Charge Controller

Tabel 3. Spesifikasi Solar Charge Controller

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

3. Baterai

Tabel 4. Spesifikasi Baterai

Spesifikasi	Keterangan
Nominal Voltage	12V
capacity	18Ah
Battery Type	Lead Acid (VRLA)
Weight	5-6 Kg
Cycle life	200 – 300 siklus
Self Discharge Rate	3 – 5% / month

4. Microcontroller ESP32

Tabel 5. Spesifikasi Microcontroller 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)

5. Sensor Arus & Tegangan INA3221

Tabel 6. Spesifikasi Sensor Arus & Tegangan INA3221

Spesifikasi	Keterangan
Operation Voltage	2.7V – 5.5V (DC)
Monitored Current & Voltage	0-26V
Resolution	12 Bit
Measurement Speed	140µs - 8.244ms

6. Relay DC

Tabel 7. Spesifikasi Relay DC

Spesifikasi	Keterangan
Coil Voltage	5V
Coil Resistance	70 – 200 ohm
Coil Current	70 – 200 mA
Contact Voltage Rating	AC = 250V DC = 30V
Contact Current Rating	0 – 10 A
Operating Temperature	-40°C~+85°C

7. Sensor Soil Moisture

Tabel 8. 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%

8. Optocoupler

Tabel 9. Spesifikasi Optocoupler

Spesifikasi	Keterangan
Isolation voltage	1.5kV – 5kV
Input Current	5mA – 20mA
Max Collector Current	50 – 100mA
Collector-Emitter Voltage, VCE	30 – 80V

9. Stepdown LM2596

Tabel 10. Spesifikasi Stepdown LM2596

Spesifikasi	Keterangan
Maximum Supply Voltage	45V
Input Voltage Range	4.5 – 40V DC
Output Voltage Range	1.23V - 37V DC
Max Output Current	3A
Conversion Efficiency	92%
Frekuensi Switching	150 kHz
Operational Temp	-40°C - 125°C

10. Pompa Air DC

Tabel 11. Spesifikasi Pompa Air DC

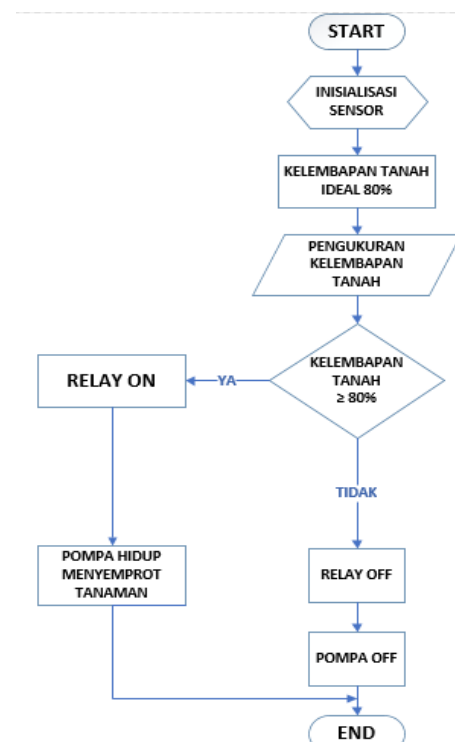
Spesifikasi	Keterangan
Power Supply	12V (DC)
Volume Keluaran	63 L / min
Diameter Outlet	1" / 25.5 mm
Daya Listrik	50 W / 5800 rpm
Daya Dorong	4 meter / 13.1 Ft (Max)
Daya Tekan	0.6 bar (Max)
Temperatur Air	0 – 60° C

C. Perancangan Penelitian

Penelitian ini mengembangkan sistem penyemprotan insektisida berbasis IoT yang digunakan di area pertanian dengan memanfaatkan energi terbarukan dari panel surya, untuk mengurangi penggunaan bahan bakar konvensional dan menyediakan sumber energi alternatif untuk perangkat listrik DC. Tujuannya adalah untuk membantu petani menyemprot insektisida secara otomatis dan mudah dikontrol, sekaligus menjaga pasokan daya yang optimal ke pompa air dan baterai, sehingga memperpanjang masa pakai keduanya.

Sistem ini menggunakan berbagai sensor untuk memantau kondisi lapangan, seperti kelembapan tanah dan status pengisian daya baterai, dengan hasil pemantauan terintegrasi melalui IoT. Hal ini memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh secara real-time, memastikan baterai tidak kehabisan daya dan beban listrik tetap terpenuhi.

D. Flowchart Keseluruhan sistem

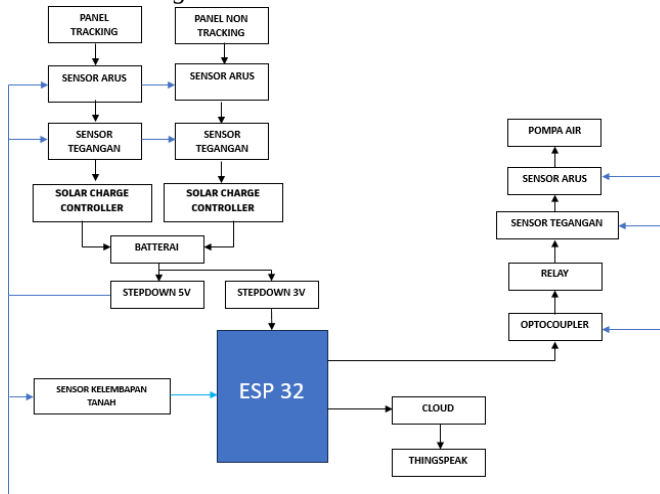


Gambar 17. Flowchart Keseluruhan Sistem

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%
4. Sistem melakukan pengukuran terhadap kualitas kelembaban tanah
5. Pengambilan keputusan di ambil Jika kondisi kelembapan tanah $\geq 80\%$
6. Jika tidak, relay akan tetap mati dan pompa tidak menyala, lalu proses akan selesai
7. Jika iya, maka relay akan hidup dan menyalakan pompa dan menyemprot tanaman tomat
8. Selesai

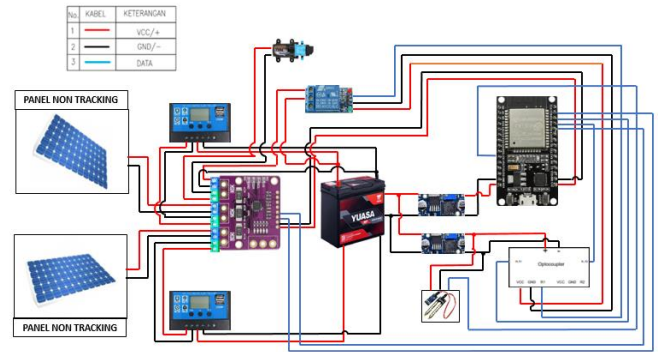
E. Blok Diagram Alat



Gambar 18. Blok Diagram Alat

Pada penelitian ini menggunakan dua sistem yang berbeda namun dengan pembangkit yang sama yaitu pembangkit listrik tenaga surya dengan perbandingan antara sistem Tracking dan Non Tracking yang memiliki keunggulan masing-masing, Dimulai dari sistem tracking & Non Tracking Solar Panel masuk ke sensor arus & tegangan untuk pembacaan arus dan tegangan yang masuk pada saat alat digunakan kemudian menuju ke scc untuk proses pengisian baterai, Daya yang sudah disimpan di baterai diturunkan tegangannya menjadi 3.3V (DC) dengan stepdown untuk menghidupkan mikrokontroler ESP32 dan dari esp32 data diolah menuju cloud IoT (Thingspeak) begitu juga untuk pembacaan pompa yang harus melalui sensor arus dan tegangan agar ketika pompa dijalankan data langsung masuk ke cloud IoT

F. Perancangan Perangkat Keras

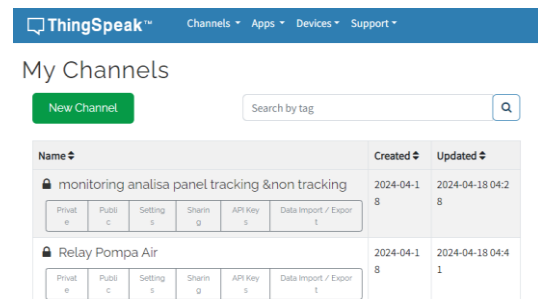


Gambar 19. Perancangan Perangkat Keras

Skematik keseluruhan sistem pada gambar 3.3 yaitu sistem penyemprotan insectisida menggunakan pembangkit panel surya dengan perbandingan antara system Tracking & Non Tracking membutuhkan beberapa komponen seperti, panel surya, *solar charge controller*, sensor tegangan & sensor arus, ESP32, stepdown, Optocoupler, relay , sensor kelembapan tanah, baterai 12V 18Ah, dan pompa air agar dapat menjalankan sistem sesuai dengan kinerja yang diinginkan.

G. Perancangan Sistem Monitoring Berbasis IoT

Sistem pemantauan berbasis IoT ini menggunakan analitik dari situs web ThingSpeak, dengan parameter yang diprogram melalui Arduino IDE dan terhubung ke ESP32 untuk mengunggah data ke cloud. Sistem menampilkan grafik tegangan, arus, daya, dan pembacaan kelembapan tanah dari sensor yang terpasang.



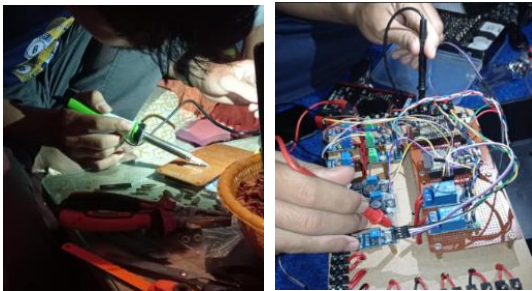
Gambar 20. Perancangan Sistem Analytic Thingspeak

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Deskripsi Perancangan Alat

Deskripsi perancangan alat ini memuat proses perancangan *smart farming* dari awal sampai akhir memanfaatkan pembangkit panel surya di lahan pertanian. Tahap awal, mempersiapkan tempat ataupun modul tempat meletakkan komponen-komponen listrik terbuat kaca akrilik berbentuk kotak, selanjutnya merangkai komponen-komponen yang terdiri dari Sensor Arus & Tegangan, ESP32, sensor *soil moisture*, relay DC 3,3V, Stepdown dan menyusun kabel-kabel penunjang dalam kaca akrilik yang

sudah dipersiapkan sebelumnya kemudian komponen-komponen itu dihubungkan sesuai pin yang telah ditentukan dan alur pada blok diagram.



Gambar 21. Proses Pemasangan Komponen-Komponen

Kemudian tahap kedua, mulai memogram ESP32 dan sensor-sensor yang sudah terpasang dikalibrasi yaitu sensor arus & tegangan, dan sensor *soil moisture* agar ESP32 bisa mengkontrol sensor-sensor yang mengukur output energi listrik dari pembangkit dan keadaan ideal kelembaban tanah sekitar 80% (nilai ADC = 817). Sehingga sistem dapat bekerja secara maksimal dan sensor-sensor mampu membaca sesuai dengan kondisi sebenarnya.



Gambar 22. Proses Pemograman dan Kalibrasi Sensor

Tahap ketiga, mulai menghubungkan pembangkit modul berupa panel surya tracking dan non tracking yang dihubungkan ke sensor arus & tegangan dan kemudian ke *solar charge controller* supaya *output* energi listrik panel surya bisa dimonitoring secara langsung dengan sistem yang sudah ada. Selanjutnya *output* untuk sistem pengecasan dan suplai ke beban dari kedua pembangkit itu terhubung dengan baterai.



Gambar 23. Proses Pemasangan Pembangkit *Panel Surya*

Tahap keempat, menghubungkan webserver thingspeak pada ESP32 dan menyetingnya sesuai channel ID dan PI yang ada pada webserver thingspeak, selanjutnya mendaftarkan kedua key tersebut ke arduino IDE software sehingga terhubung dengan board ESP32, kemudian

webserver thingspeak menampilkan grafik hasil pembacaan sensor tegangan, arus, kelembapan tanah dan penggunaan pompa.



Gambar 24. Proses Menghubungkan Thingspeak dengan ESP32

Setelah menyelesaikan keseluruhan tahap, sehingga alat dapat terwujud dengan pembangkit panel surya berbasis *IoT* di letakkan di sekitar pertanian seperti disajikan pada gambar berikut ini,



Gambar 25. Hasil Perancangan Alat

B. Proses Pengukuran Arus & Tegangan Tracking

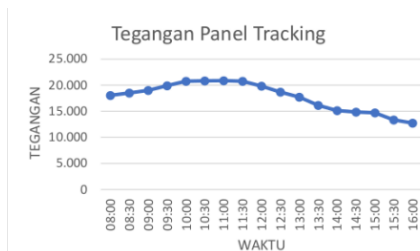
Tahap pertama dalam penelitian ini yaitu kegiatan mengukur keluaran arus & tegangan panel tracking dalam 1 hari dan melakukan pengukuran sekaligus monitoring dimulai pukul 08.00 – 16.00 WIB dimana data diambil setiap 30 menit sekali. Untuk contoh hasil pengukuran perharinya disajikan table di bawah ini:

Tabel 12. Hasil Pengukuran Sensor Arus & Tegangan Tracking

JAM	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	CUACA
08:00	18.026	2,35	CERAH
08:30	18.512	2,44	CERAH
09:00	18.992	2,64	CERAH
09:30	19.912	2,61	CERAH
10:00	20.768	2,44	CERAH
10:30	20.824	2,54	CERAH
11:00	20.872	2,84	CERAH
11:30	20.768	2,82	CERAH
12:00	19.822	2,55	CERAH
12:30	18.688	2,59	MENDUNG
13:00	17.712	2,44	MENDUNG
13:30	16.144	2,64	GERIMIS
14:00	15.144	2,64	GERIMIS
14:30	14.842	2,44	MENDUNG
15:00	14.692	2,46	MENDUNG
15:30	13.345	2,38	HUJAN

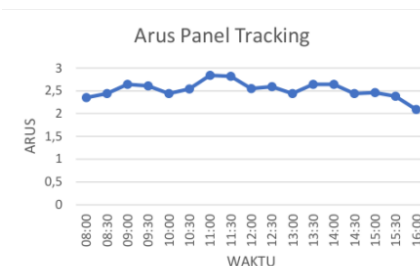
16:00	12.744	2,09	HUJAN
-------	--------	------	-------

Hasil dari pengukuran sensor tegangan diperoleh rata-rata data per hari sebesar : 17.753 V. Dan pengukuran sensor arus diperoleh rata-rata harian sebesar : 2.52 A



Gambar 26. Grafik Tegangan Panel Tracking

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa hasil tegangan panel tracking sangat maksimal ketika cuaca sedang cerah dan panel langsung bergerak menyesuaikan penangkapan cahaya matahari terbaik, dan tegangan cukup stabil hingga pukul 12.00 karena pada saat pukul 12.30 kondisi cuaca mulai berubah menjadi mendung dan hingga turun hujan, dengan begitu tegangan dari panel terus menurun.



Gambar 27. Grafik Arus Panel Tracking

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa hasil arus panel tracking cukup stabil karena energi yang ditangkap oleh panel tracking cukup baik dan stabil pada saat cuaca sedang cerah, namun terjadi penurunan yang tidak terlalu signifikan ketika perubahan cuaca menjadi mendung dan turun hujan, karena pada saat itu panel minim cahaya langsung sehingga juga menurunkan hasil tegangan, pembacaan arus ini dapat terpantau dengan sangat jelas karena dalam kondisi pengisian ke baterai.

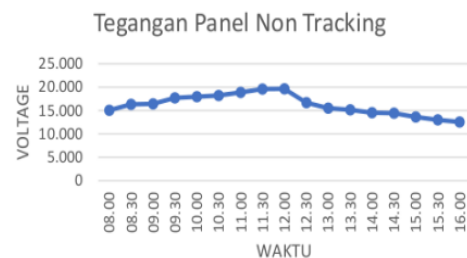
D. Proses Pengukuran Arus & Tegangan Pada Panel Non Tracking

Tahap kedua proses pengukuran arus & tegangan pada panel non tracking dilakukan selama 1 hari dan pengukuran dilakukan dengan pengambilan data setiap 30 menit sekali dari jam 08.00 – 16.00 WIB. Untuk contoh hasil pengukuran perharinya tersaji pada tabel berikut ini:

Tabel 13. Hasil Pengukuran Sensor Arus & Tegangan Non Tracking

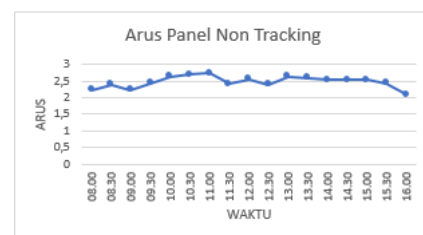
JAM	VOLTAGE	ARUS	CUACA
08.00	15.056	2,23	CERAH
08.30	16.312	2,39	CERAH
09.00	16.392	2,23	CERAH
09.30	17.712	2,44	CERAH
10.00	17.968	2,64	CERAH
10.30	18.224	2,70	CERAH
11.00	18.872	2,74	CERAH
11.30	19.568	2,42	CERAH
12.00	19.629	2,55	CERAH
12.30	16.688	2,39	MENDUNG
13.00	15.512	2,64	MENDUNG
13.30	15.144	2,60	HUJAN
14.00	14.522	2,54	HUJAN
14.30	14.442	2,54	MENDUNG
15.00	13.592	2,54	MENDUNG
15.30	12.992	2,43	HUJAN
16.00	12.556	2,09	HUJAN

Dari hasil pengukuran sensor tegangan didapatkan rata-ratanya yaitu : 16.187 V. Dan didapatkan hasil pengukuran sensor arus rata-rata setiap harinya sebesar : 2.47 A



Gambar 28. Grafik Tegangan Panel Non Tracking

Grafik menampilkan hasil keluaran tegangan pada panel non tracking pada awal pengambilan data dari jam 08:00 hingga jam 12:00 mengalami kenaikan tegangan yang signifikan dengan cuaca yang cerah, namun setelah itu pada jam 12:30 hingga 16:00 cuaca mulai berubah yaitu dengan secara tiba-tiba menjadi mendung dan kemudian hujan, dengan begitu tegangan dari panel terus menurun karena tidak mendapat suplai cahaya yang baik



Gambar 29. Grafik Arus Panel Non Tracking

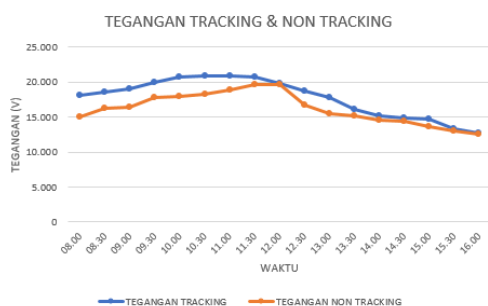
Dari gambar 29 menampilkan hasil keluaran arus pada panel non tracking dari awal pemasangan jam 08:00 hingga jam 12:00 terhitung stabil, Arus dapat terlihat karena sedang dalam kondisi pengisian baterai

C. Hasil Arus & Tegangan Sistem Tracking & Non Tracking

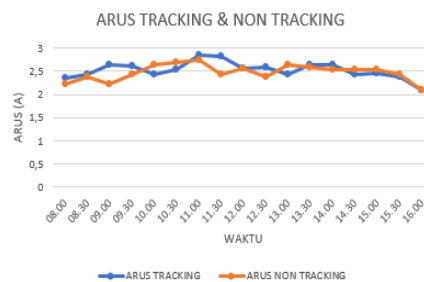
Pada tahap selanjutnya yaitu tampilan tabel dan grafik hasil pengukuran Arus & Tegangan dari kedua sistem panel pada pengukuran hari pertama agar terlihat lebih mudah untuk diperbandingkan.

Tabel 14. Hasil Arus & Tegangan Tracking & Non Tracking

JAM	TRACKING		NON TRACKING		CUACA
	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	
08.00	18.026	2,35	15.056	2,23	CERAH
08.30	18.512	2,44	16.312	2,39	CERAH
09.00	18.992	2,64	16.392	2,23	CERAH
09.30	19.912	2,61	17.712	2,44	CERAH
10.00	20.768	2,44	17.968	2,64	CERAH
10.30	20.824	2,54	18.224	2,70	CERAH
11.00	20.872	2,84	18.872	2,74	CERAH
11.30	20.768	2,82	19.568	2,42	CERAH
12.00	19.822	2,55	19.629	2,55	CERAH
12.30	18.688	2,59	16.688	2,39	MENDUNG
13.00	17.712	2,44	15.512	2,64	MENDUNG
13.30	16.144	2,64	15.144	2,60	HUJAN
14.00	15.144	2,64	14.522	2,54	HUJAN
14.30	14.842	2,44	14.442	2,54	MENDUNG
15.00	14.692	2,46	13.592	2,54	MENDUNG
15.30	13.345	2,38	12.992	2,43	HUJAN
16.00	12.744	2,09	12.556	2,09	HUJAN



Gambar 30. Grafik Tegangan Panel Tracking & Non Tracking



Gambar 31. Grafik Arus Panel Tracking & Non Tracking

Tabel dan Grafik pada tampilan diatas merupakan hasil dari penggabungan data pada masing-masing sistem panel sesuai dengan data yang didapatkan sebelumnya.

D. Proses Perhitungan Daya Pada Panel Tracking & Non Tracking

Tahap selanjutnya adalah melakukan proses perhitungan daya dari kedua system panel tersebut yaitu tracking & non tracking, dilakukan pengukuran dari jam 08.00 – 16.00 WIB setiap harinya menggunakan persamaan:

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

Ket :

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Adapun contoh hasil perhitungan disajikan berikut ini:

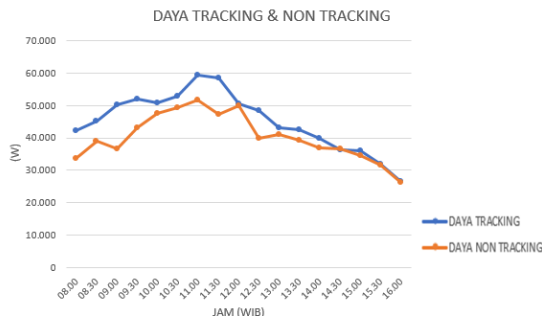
a. Daya Panel Surya

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 17,75 \times 2,52 \\
 &= 44,73 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 15. Hasil Perhitungan Daya Pada Kedua Panel Surya

Waktu (WIB)	Daya Panel Tracking (W)	Daya Panel Non Tracking (W)	Keterangan Cuaca
08.00	42.361	33,574	CERAH
08.30	45.169	38.985	CERAH
09.00	50.138	36.554	CERAH
09.30	51.970	43.217	CERAH
10.00	50.673	47.435	CERAH
10.30	52.892	49.204	CERAH
11.00	59.276	51.709	CERAH
11.30	58.565	47.354	CERAH
12.00	50.546	50.053	CERAH
12.30	48.401	39.884	MENDUNG
13.00	43.217	40.951	MENDUNG
13.30	42.620	39.374	GERIMIS
14.00	39.980	36.885	GERIMIS
14.30	36.214	36.682	MENDUNG
15.00	36.142	34.523	MENDUNG
15.30	31.761	31.570	HUJAN
16.00	26.634	26.242	HUJAN

Perhitungan daya yang disajikan dalam tabel diatas diperoleh rata-rata data per 1 harinya antara lain: Daya Tracking 45.092 W dan daya Non Tracking 40.247 W



Gambar 32. Grafik Daya Panel Tracking & Non Tracking

Grafik menunjukkan bahwa daya keluaran kedua sistem meningkat dan menurun secara bersamaan. Namun, dari pukul 12.30 hingga 16.00, saat cuaca mendung dan akhirnya hujan, daya yang dihasilkan oleh panel tracking dan non tracking hampir sama karena keduanya menerima sedikit sinar matahari. Bahkan dalam kondisi cuaca yang tidak stabil, panel tracking tetap menghasilkan daya yang lebih besar daripada panel non tracking, karena mampu mengoptimalkan penerimaan cahaya dari awal pemasangan hingga cuaca berubah.

E. State of Charge (SOC) pada Baterai

Pada tahap ini dilakukan perhitungan SoC untuk penampilan kondisi pengisian pada baterai dinyatakan dalam bentuk presentase (0% - 100%), tujuannya adalah sebagai gambaran pengisian ke baterai pada masing-masing sistem pada saat dijalankan, Dalam proses ini dilakukan beberapa tahap hitungan data berdasar pada data arus, tegangan dan daya pada setiap sistem panel diantaranya yaitu meliputi : Perhitungan yang pertama ini dilakukan dengan sistem Tracking terlebih dahulu

$$\text{Energi(Wh)}=\text{Tegangan(V)}\times\text{Arus(A)}\times\text{Waktu(h)} \quad (2)$$

18.026 x 2,35 x 0.5 = 21,18 Wh
Interval waktu antara dua pengukuran adalah 0.5 jam (30 menit)

Setelah itu dari semua perhitungan energi dijumlah semua dan mendapatkan total energi pada sistem tracking yaitu 383,21Wh

Perhitungan SoC diketahui : - Kapasitas Baterrai 12V x 18Ah = 216Wh

$$\text{Rumus :SoC} = \left(\frac{\text{Total Energi Yang Masuk}}{\text{Kapasitas Baterrai (Wh)}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Contoh perhitungan jam 08.00

$$\begin{aligned} \text{SoC} &= \left(\frac{\text{Total Energi Yang Masuk}}{\text{Kapasitas Baterrai (Wh)}} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{21,18 \text{ Wh}}{216 \text{ Wh}} \right) \times 100 = 9,8 \text{ \%} \end{aligned}$$

Pada data SoC baterai ini diasumsikan dari kondisi presentase baterai dengan nilai 0%, Dari beberapa langkah perhitungan diatas didapatkan hasil keseluruhan SoC pada tabel berikut :

Tabel 16. SoC Pada Baterai Menggunakan Panel Tracking

Jam	Energi Masuk (Wh)	Total Energi (Wh)	SOC (%)
08.00	21.18	21,18	9,8
08:30	22.58	43,76	20,25
09:00	25.06	68,82	31,86
09:30	25.98	94,8	43,88
10:00	25.33	120,13	55,61
10:30	26.44	146,57	67,85
11:00	29.63	176,2	81,57
11:30	29.28	205,48	95,12
12:00	25.27	230,75	106,82
12:30	24.20	254,95	118,03
13:00	21.60	276,55	128,03
13:30	21.31	297,86	137,89
14:00	19.99	317,85	147,15
14:30	18.10	335,95	155,53
15:00	18.07	354,02	163,89
15:30	15.88	369,9	171,25
16:00	13.31	383,21	177,41

Dapat diketahui bahwa pada tabel hasil diatas, SoC pada baterai dalam pengisian mulai dari kondisi 0% baterai sudah terindikasi terisi penuh 100% pada pukul 11.30 ke 12.00. dalam hal ini tentunya terjadi pembuangan energi yang dihasilkan panel mulai pukul 12.00 sampai seterusnya karena tempat penyimpanan (Baterai) sudah dalam kondisi penuh.

Tabel 17. SoC Pada Baterai Menggunakan Panel Non Tracking

Jam	Energi Masuk (Wh)	Total Energi (Wh)	SOC (%)
08.00	16,78	16,78	7,76
08:30	19,49	36,27	16,79
09:00	18,27	54,54	25,25
09:30	21,60	76,14	35,25
10:00	23,71	99,85	46,22
10:30	24,6	124,45	57,61
11:00	25,85	150,3	69,58
11:30	23,67	173,97	80,54
12:00	20,02	193,99	89,81
12:30	19,94	213,93	99,04
13:00	20,47	234,4	108,51
13:30	19,68	254,08	117,62
14:00	18,44	272,52	126,16
14:30	18,34	290,86	134,65
15:00	17,26	308,12	142,64
15:30	15,78	323,9	149,95
16:00	13,12	337,02	156,02

Dapat diketahui bahwa pada tabel hasil diatas, SoC pada baterai dalam pengisian mulai dari kondisi 0% baterai sudah terindikasi terisi penuh 100% pada pukul 12.30 ke 13.00.

dalam hal ini tentunya terjadi pembuangan energi yang dihasilkan panel mulai pukul 13.00 sampai seterusnya karena tempat penyimpanan (Baterai) sudah dalam kondisi penuh.

Kesimpulannya, panel dengan sistem tracking mengisi baterai lebih cepat dibandingkan panel non-tracking. Namun, perhitungan ini hanya untuk perbandingan, karena data berasal langsung dari panel dan tidak mencerminkan kondisi sebenarnya. Dalam praktiknya, pengisian baterai memerlukan pengaturan melalui Solar Charge Controller (SCC) untuk menurunkan tegangan, menjaga kondisi optimal, dan mencegah kerusakan pada baterai.

F. Hasil Analisa Perbandingan Tracking & Non Tracking

Pada tahap selanjutnya untuk menentukan hasil analisa pada perbandingan tracking & non tracking agar dapat diketahui dari kedua sistem panel tersebut yang lebih baik dalam memproduksi energi diantara keduanya meliputi beberapa bagian diantaranya yaitu:

a. Produksi Energi

Pada proses ini dilakukan sebuah perhitungan untuk mendapatkan hasil produksi energi diantara kedua sistem panel sebagai berikut :

1. Menghitung energi yang dihasilkan

Sebagai contoh perhitungan dapat diambil nilai pada hasil perhitungan daya sebelumnya pada setiap panel disaat jam 08.00 pagi.

- contoh perhitungan = (daya x waktu) (4)
- Tracking = 42.361 x 0,5 (30 menit) = 21,18 Wh
- Non Tracking = 33,574 x 0,5 = 16,78 Wh

Langkah perhitungan diatas dilakukan pada semua periode waktu yaitu dari pukul 08.00 pagi hingga – 04.00 sore dimana data diambil setiap 30 menit sekali, sehingga dari semua kegiatan tersebut terbagi menjadi dalam 17 perhitungan.

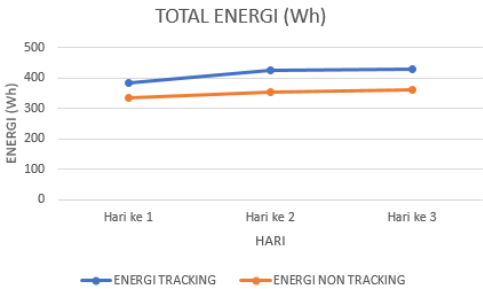
Dari 17 periode perhitungan pada masing-masing panel tersebut kemudian di jumlah untuk mendapatkan total energi selama pengambilan dari 08.00 – 16.00 (8 Jam) seperti langkah berikut :

- Tracking = 21,18 + 22,58 + 25,06 + 25,98 + 25,33 + 26,44 + 29,63 + 29,28 + 25,27 + 24,20 + 21,60 + 21,31 + 19,99 + 18,10 + 18,07 + 15,88 + 13,31 = 383,21 Wh
- Non Tracking = 16,78 + 19,49 + 18,27 + 21,60 + 23,71 + 24,6 + 25,85 + 23,67 + 20,02 + 19,94 + 20,47 + 19,68 + 18,44 + 18,34 + 17,26 + 15,78 + 13,12 = 337,02 Wh

Tabel 18. SoC Pada Baterai Menggunakan Panel Non Tracking

HARI	TOTAL ENERGI TRACKING (Wh)	TOTAL ENERGI NON TRACKING (Wh)
hari ke 1	383,21	337,02
hari ke 2	424,96	355,7
hari ke 3	428,55	361,73

Jadi setelah dilakukan perhitungan diatas hasil produksi energi pada hari pertama didapatkan 383,21 Wh pada panel Tracking dan 337,02 Wh pada panel Non tracking. juga didapatkan nilai total energi pada perhitungan hari kedua nilai tracking 424,96 Wh dan nilai non tracking 355,7 Wh, Kemudian dihari ke 3 didapatkan nilai total energi tracking 428,55 Wh dan non tracking 361,73 Wh.



Gambar 33. Total Energi Panel Tracking & Non Tracking

Dari nilai hasil produksi selama 3 hari diatas dapat disimpulkan bahwa hasil energi dari sistem tracking lebih unggul dibandingkan sistem non tracking.

b. Kinerja Sistem

Pada kedua panel yang digunakan dapat kita ketahui bahwa panel dengan sistem tracking memiliki sebuah sistem kontrol didalam pengoperasiannya, berbeda dengan non tracking yang tidak membutuhkan tambahan sistem khusus.

Komponen apa saja yang terdapat pada tracking panel surya diantaranya sebagai berikut :

Tabel 19. Komponen Kinerja Sistem Tracking

Jenis	Jumlah
Motor Penggerak	2
Driver Motor Penggerak	2
Mikrokontroler	1
Sensor Cahaya (LDR)	4

Setelah dirangkai, kinerja sistem berjalan dengan sensor cahaya mendeteksi sinar matahari, dan mikrokontroler menggerakkan motor untuk mengarahkan panel mengikuti arah matahari dari terbit hingga terbenam. Sistem kontrol ini membutuhkan daya tambahan untuk beroperasi, dan pengaruhnya terhadap efisiensi produksi energi akan dibahas selanjutnya.

c. Konsumsi Energi

Dari sini akan dilakukan perhitungan berapa banyak energi yang digunakan pada sistem tracking untuk bergerak, tidak lain perhitungan ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat apakah tambahan energi yang digunakan untuk sistem tersebut sebanding dengan keuntungan energi yang dihasilkan.

Perhitungan dilakukan dengan mencari perangkat inti apa saja yang terdapat pada sebuah sistem tracking tersebut dan mengetahui konsumsi pemakaian daya nya sebagai berikut: Diketahui Komponen dan Daya :

- Motor Penggerak dengan daya operasi 16W (2 buah)
- Driver Motor Penggerak dengan daya operasi 0,25W (2 buah)
- Mikrokontroller 0,25 W
- Sensor Cahaya 0,25 W

Diketahui Durasi Operasi :

- Motor Penggerak: 15 menit (0.25 jam) per motor
- Driver Motor: 15 menit (0.25 jam) per driver
- Pengendali: 8 jam
- Sensor Cahaya dan Posisi: 8 jam

Perhitungan :

Konsumsi Energi Motor =

(Daya Motor x Jam Operasi Motor) x Jumlah Motor

= (16watt x 0,25 jam) x 2

= 4 Wh x 2 = 8 Wh

Konsumsi Energi Driver Motor =

(Daya Driver x Jam Operasi) x Jumlah Driver

= (1,5 watt x 0,25jam) x 2

= 0,37 x 2 = 0,75 Wh

Konsumsi Energi Mikrokontroller =

Daya Mikrokontroller x Jam Operasi =

0,5watt x 0,25 jam = 0,125 Wh

Konsumsi Energi Sensor =

Daya Sensor x Jam Operasi = 0,5watt x 0,25 jam = 0,125Wh

Total Konsumsi Energi =

= 8Wh + 0,75Wh + 0,125Wh + 0,125Wh = 9 Wh

Hasil diatas 9Wh merupakan hasil pergerakan motor selama 15 menit penyesuaian dalam 1 jam, dan dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data selama 8 jam, dengan begitu dilakukan perhitungan sebagai berikut :

(konsumsi energi) x (jam operasi pengambilan data) =

9 x 8 jam = 72Wh

Dalam penelitian ini energi yang digunakan untuk menjalankan sistem tracking selama 8 jam adalah 72Wh. Dari pengambilan data selama 3 hari dalam penelitian ini, data hasil sistem tracking sudah merupakan data akhir setelah dikurangi daya yang digunakan oleh sistem kontrol. Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa panel surya dengan sistem tracking menghasilkan energi lebih baik dibandingkan dengan sistem non-tracking, meskipun sistem tracking memerlukan energi tambahan untuk operasinya. Oleh karena itu, untuk penyemprotan insektisida pada tanaman tomat, diputuskan menggunakan

panel surya dengan sistem tracking sebagai pilihan terbaik.

G. Proses Penyemprotan Insectisida Menggunakan Panel Surya Tracking

Pada tahap selanjutnya yaitu pelaksanaan penyemprotan insectisida pada tanaman tomat menggunakan energi dari panel surya tracking. Untuk proses pelaksanaan penyemprotan insectisida pada tanaman tomat terdiri dari beberapa bagian diantaranya yaitu :

a. Proses Penentuan Volume Lahan Pertanian

Untuk menentukan volume lahan pertanian akan menyesuaikan dengan spesifikasi pompa yang digunakan pada penelitian ini, hal ini dilakukan agar penyemprotan dapat tepat sasaran dan berjalan dengan maksimal, sehingga tidak terjadi penerapan volume lahan yang terlalu luas tetapi pompa tidak dapat memenuhi kebutuhan luas penyemprotan yang bisa mengakibatkan penyemprotan menjadi terlalu lama dan tidak optimal. Dengan begitu akan jelaskan pada langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :

Spesifikasi Pompa: - Tekanan: 100 Psi (6,5 Bar)

- Tegangan: 12V DC (9-14,4V)

- Arus: 5A

- Flow Rate: 5 LPM (Liter per Menit)

- Daya Hisap: 1-2 meter (optimal), Max 3 meter

- Daya Dorong: Max 4 meter di atas pompa

Nozzle dan Selang: - Nozzle Penyebaran Smeprot 2 Meter

- Selang Naik: 1 Meter Keatas

Dengan nozzle sprayer yang memiliki penyebaran semprot 2 meter, dengan pola semprot adalah berbentuk lingkaran dengan radius 2 meter. Dengan begitu didapatkan rumus menggunakan luas lingkaran seperti berikut:

$$\text{Luas} : \pi \times r^2 \quad (5)$$

$$\text{Luas} : \pi \times 2^2 = 12,56 \text{ m}^2$$

Di mana:

Luas adalah luas area semprot yang ingin kita hitung.

π (pi) merupakan nilai konstanta matematika dengan perkiraan perhitungan 3,14

r adalah radius lingkaran semprot, yaitu jarak dari pusat semprotan ke tepi semprotan.

Jadi area luas lahan yang dapat disemprot dalam satu siklus penyemprotan mencakup area seluas 12,57m².

Hasil luas lahan diatas merupakan sebuah kondisi dimana pompa dapat bekerja secara optimal dalam sekali penyemprotan, dan tentu saja sebenarnya pompa masih bisa bekerja menyemprot luas lahan yang lebih besar, namun kemungkinan peluang penyemprotan yang tidak merata sangat besar, karena pompa memerlukan waktu lebih untuk menyalurkan cairan pada titik-titik nozzle sprayer hingga yang paling ujung.

b. Pengukuran Sensor Kelembapan Tanah

Pada pelaksanaan penyemprotan insectisida ini peran dari sensor kelembapan tanah sangat berperan penting dalam pengaplikasiannya, Mengapa seperti itu karena sebelum dilakukan penyemprotan, Sensor harus menampilkan kondisi

tanah ideal dengan tampilan ADC yaitu dibawah angka nilai 80%, Dalam hal ini dapat di indikasi bahwa cuaca sedang dalam keadaan normal atau tidak terjadi hujan dan penyemprotan bisa dilakukan, sebaliknya jika nilai ADC sensor kelembapan menunjukkan angka diatas 80% sudah dipastikan atau dapat diartikan kondisi cuaca sedang hujan atau juga bisa selesai hujan, Maka tidak bisa dilakukan penyemprotan insectisida karena sifat dari cairan insectisida sendiri mudah larut dengan air sehingga pasti akan larut bersamaan dengan air hujan.

Dan semisal walaupun penyemprotan sudah dilakukan pada pagi hari dalam keadaan cerah dan kemudian ternyata pada siang atau sore harinya nilai ADC naik diatas angka 80% maka penyemprotan harus diulang keesokan harinya atau dalam kondisi cuaca yang sudah benar-benar baik.

c. Penggunaan Pompa Air dan Konsumsi Daya yang digunakan

Pada penelitian ini penyemprotan insectisida dalam 1 hari dilakukan penyemprotan dengan durasi 30 menit menggunakan pompa air DC dengan spesifikasi tegangan 12 Volt dan Arus 5 Ampere dengan spesifikasi tersebut didapatkan daya sebesar 60 Watt. Maka dari itu didapatkan perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui konsumsi daya pompa selama penyemprotan seperti berikut :

$$\text{Konsumsi Daya} = \text{Daya} \times \text{Waktu} \quad (6)$$

Diketahui :

Daya pompa : 60 Watt

Durasi Penyemprotan : 30 menit / 0,5 jam

Perhitungan : $60 \times 0,5 = 30\text{Wh}$

Jadi konsumsi daya yang dibutuhkan pompa air untuk melakukan penyemprotan selama 30 menit yaitu 30 Wh. Dengan begitu pelaksanaan penyemprotan insectisida dapat termonitoring dengan baik oleh petani sehingga pertanian tomat memiliki kualitas yang dapat tercapai.

H. Proses Pengujian Sistem Monitoring Berbasis IoT Pada Thingspeak

Pada Grafik monitoring sistem di Thingspeak penting dalam memahami kinerja dan hasil dari sistem penyemprotan ini meliputi tampilan pembacaan sensor arus dan tegangan. Grafik data akan di update secara real time selama masih terhubung dengan koneksi internet dengan jangka waktu sesuai dengan waktu yang telah disetting. Thingspeak, sebagai platform IoT (Internet of Things), memungkinkan pengumpulan, analisis, dan visualisasi data secara real-time. Hal ini memberikan gambaran mengenai kondisi dan kerja sistem. Hasil pemantauan ini bermanfaat untuk evaluasi dan perbaikan sistem yang sedang berjalan. berikut merupakan data sampel dari monitoring sistem meliputi arus dan tegangan pada kedua sistem panel yang dilakukan dari pukul 08.00 – 16.00.



Gambar 34. Hasil Grafik Pada Website Thingspeak

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Sesuai dengan analisis data, hasil penelitian dan pembahasan yang dijelaskan sebelumnya, penulis menyampaikan beberapa simpulan dari penelitian diatas dalam beberapa pernyataan berikut ini:

1. Perbandingan yang dilakukan antara sistem tracking dan non-tracking menunjukkan bahwa sistem tracking lebih baik secara signifikan dalam rangka peningkatan penyerapan energi matahari dan kinerja keseluruhan panel surya, ini dapat dilihat sebagai contoh pada pengambilan data hari pertama dengan nilai hasil produksi energi pada sistem Tracking 383,21 Wh dan pada sistem Non Tracking 337,02 Wh, Dari nilai ini sudah dapat dipastikan bahwa Tracking memproduksi energi yang lebih baik.
2. Implementasi IoT Thingspeak dalam sistem ini berhasil memungkinkan pemantauan kondisi secara real-time dengan kurang dari 5 detik untuk pembaharuan data yang masuk, memberikan fleksibilitas kepada operator untuk melakukan kontrol dan optimasi yang lebih tepat waktu dan efektif.
3. Penggunaan teknologi yang dioptimalkan melalui panel surya dan sistem pemantauan berbasis IoT meningkatkan efektivitas proses penyemprotan insektisida, yang pada akhirnya berkontribusi positif terhadap pertumbuhan tanaman tomat dan hasil panen yang lebih baik dan berkelanjutan.

B. Saran

Adapun beberapa saran atas hasil penelitian ini yaitu diharapkan dapat mengembangkan manajemen daya menjadi lebih baik lagi dalam penggunaannya. Serta untuk kedepannya mungkin lebih memaksimalkan kerja dari sistem ini, karena masih banyak kekurangan seperti, pompa air yang digunakan memiliki spesifikasi yang terlalu kecil sehingga kurangnya presisi dalam penyemprotan, juga karena disebabkan oleh keterbatasan metode sensor yang digunakan. Sensor yang ada tidak cukup akurat dalam menentukan kebutuhan air atau nutrisi spesifik untuk setiap tanaman, sehingga mengakibatkan penyemprotan yang kurang maksimal. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut dalam teknologi sensor dan algoritma yang lebih cerdas untuk menentukan kebutuhan spesifik setiap tanaman secara real-

time. Integrasi data cuaca dan analisis tanah yang lebih mendalam juga bisa membantu meningkatkan akurasi dan efisiensi sistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. H. Sandi and Y. Fatma, "Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (IoT) Pada Bidang Pertanian," 2023.
- [2] P. Bagus and W. Saputra, "Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32 Dan Google Assistant Program Studi D4 Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali 2023."
- [3] A. Ardiansyah, S. I. Haryudo, L. Rakhmawati, and W. Rusimamto, "Analisis Perbandingan Efisiensi Panel Surya 20WP Dengan Tracking Dan Tanpa Tracking,"
- [4] Plavhio Dennis Inzhagi, Achmad Ali Muayyadi and Fardan "Monitoring Sistem Pestisida Otomatis Pada Pertanian Cabai Berbasis Internet of Things (IoT)," 2023.
- [5] W. Arifha Saputra, D. Hestiana, and P. Feby Anisa, "Penerapan Internet of Things (IoT) Untuk Otomasi Penyiraman Tanaman Cabai," 2022.
- [6] T. Prasetya and R. Perangkat Lunak, "Sistem Monitoring Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Soil Moisture Pada Tanaman Melon" 2024.
- [7] M. Asri, "Rancang Bangun Solar Tracking System Untuk Optimalisasi Output Daya Pada Panel Surya."
- [8] M. A. Prasetyo and H. K. Wardana, "Rancang Bangun Monitoring Solar Tracking System Menggunakan Arduino Dan NodeMCU Esp 8266 Berbasis IoT,"
- [9] S. Anam, M. Fatah, and J. Raya Camplong Km, "Rancang Bangun Sprayer Pestisida Menggunakan Pompa Air DC 12 V Dan Panjang Batang Penyemprot 6 Meter," 2021.
- [10] S. Bimo Mursalin and H. Sunardi, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan Logika Fuzzy".
- [11] H. Istiqomah, D. Ariyanti, and L. K. Supraptiningsih, "Prototype Sistem Pengendali Penyiraman Air Dan Penyemprotan Pestisida Pada Tanaman Bawang Merah Berbasis Mikrokontroler," 2022
- [12] A. S. Yunus Nasution and A. Muhammad, "Desain Dan Analisa Drone Penyemprot Pestisida Dengan Kapasitas Penyemprotan 0,5 Liter/Menit,"
- [13] A. H. Yuwono, I. S. Faradisa, R. Cahyo, and M. Putra, "Smart Farming Dengan Pembangkit Hybrid Berbasis IoT Sebagai Kontrol Dan Monitoring Di Area Pertanian," *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 16–23, 2024.
- [14] A. H. Yuwono, R. Diharja, and M. Wahyu Solihin, "Sistem Pengisian Daya Secara Wireless Menggunakan IoT Berbasis Tracking Panel Surya," *Pros. SENIATI*, vol. 7, no. 2, pp. 252–258, 2023, doi: 10.36040/seniati.v7i2.8045.
- [15] A. H. Yuwono, M. Rivai, and T. A. Sardjono, "Solar Panel-Based Wireless Battery Charging System Using Fuzzy Control Method," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 847, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012088.
- [16] S. Hadi, P. Diptya Widayaka, R. Putra, and R. Diharja, "Pengukuran Jarak Pada Mobile Robot Menggunakan Xbee Berdasarkan Nilai Receive Signal Strength Indicator (RSSI)," *Jurnal*, vol. 2, no. 1, pp. 66–70, 2020, doi: 10.30812/bite.v2i1.813.
- [17] C. Empowerment, "Automated steam engine technology for ecoprinting batik: Empowering community economies," vol. 9, no. 5, pp. 797–803, 2024.
- [18] A. H. Yuwono, D. Pembimbing, P. Magister, B. K. Elektronika, D. T. Elektro, and F. T. Elektro, "Sistem Pengisian Batterai Nirkabel Dengan," 2020.
- [19] M. Ardita, A. H. Yuwono, G. Kusrahardjo, R. P. M. D. Labib, and K. A. Widodo, "Preliminary Assessment On The Performance Of Long Distance Wireless Data Transmission For Disaster Early Warning System," *AIP Conf. Proc.*, vol. 3077, no. 1, p. 50067, Jul. 2024, doi: 10.1063/5.0216537.
- [20] R. C. M. Putra, I. S. Faradisa, J. T. Elektro, and F. T. Industri, "Berbasis IoT Pada Irigasi Pertanian Bawang Hybrid," vol. 8, pp. 374–383, 2024.
- [21] I. D. Christanto, R. Diharja, M. Mardiono, P. D. Widayaka, and A. H. Yuwono, "Mirroring Display KWH Meter Untuk Mementau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM," *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 161–174, 2022, doi: 10.30812/bite.v3i2.1613.

VII. BIODATA PENULIS



Yosep Trindo Anugrahita Sasgitra Ardi, lahir di Malang, 21 Mei 2002. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Penerbangan Angkasa Malang 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 "Analisa Perbandingan Tracking & Non Tracking Solar Panel Untuk Proses Penyemprotan Insectisida Pada Tanaman Tomat Berbasis IoT"