

Pemodelan Sistem Pelacakan Posisi Sinar Matahari Berbasis *Internet of Things* (IoT) Berdasarkan Data Meteorologi

Mohammad Erwin Budiarta

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : mohammad.18006@mhs.unesa.ac.id

Unit Three Kartini, Subuh Isnur Haryudo, Achmad Imam Agung

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : unitthree@unesa.ac.id, subuhisnur@unesa.ac.id, achmadimam@unesa.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan teknologi yang berkembang pesat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik terjadi peningkatan konsumsi listrik Indonesia perkapita sebesar 2,75% dalam kurun tahun 2018-2020. Meningkatnya kebutuhan energi listrik menyebabkan munculnya suatu ide penggunaan energi alternatif yang salah satunya menggunakan panel surya. Panel surya adalah perangkat yang dapat mengubah sinar matahari langsung menjadi energi listrik dengan bantuan modul fotovoltaik atau pemusatan sinar matahari. Panel surya dapat dikendalikan secara otomatis oleh sistem pelacakan dengan menggunakan teknologi instrumentasi Mikrokontroler. Mikrokontroler DOIT ESP-32 DEVKIT V1 berguna untuk pelacakan posisi sinar matahari yang optimal dan tersedia modul wifi yang sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* (IoT). Pengujian alat dilaksanakan di Desa Grabagan RT 23 RW 04 Kecamatan Tulangan Kabupaten Sidoarjo. Tujuan penelitian ini untuk merancang sistem pelacakan posisi sinar matahari pada panel surya berbasis IoT berdasarkan data meteorologi. Data meteorologi yang digunakan yaitu radiasi matahari dari sensor BH1750 dan suhu dari sensor DHT11. Pengujian dengan sensor BH1750 didapatkan rata-rata persentase *error* selama 45 menit pertama sebesar 7,09%. Pengujian dengan sensor DHT11 didapatkan rata-rata persentase *error* selama 45 menit pertama sebesar 1,86%. Untuk persentase *error* sensor DHT11 mendekati akurasi dari spesifikasi sensor sebesar $\pm 1\%$. Sistem pelacak posisi sinar matahari menunjukkan hasil pembacaan sensor LDR sangat responsif dalam menerima sinar matahari yang berfungsi untuk menggerakkan motor servo. Hasil monitoring dapat dilihat menggunakan sistem komunikasi berbasis internet secara realtime yang ditampilkan pada aplikasi *Blynk*.

Kata Kunci: energi alternatif, energi listrik, Mikrokontroler, panel surya, sinar matahari

Abstract

The need for electrical energy is increasing along with population growth and rapidly developing technology. Based on data from the Central Statistics Agency, there was an increase in Indonesia's electricity consumption per capita by 2.75% in the 2018-2020 period. The increasing need for electrical energy has led to the idea of using alternative energy sources, one of which is using solar panels. Solar panels are devices that can convert direct sunlight into electrical energy with the help of photovoltaic modules or the concentration of sunlight. Solar panels can be controlled automatically by the system using microcontroller instrumentation technology. The DOIT ESP-32 DEVKIT V1 microcontroller is useful for optimal tracker position and there is a wifi module that is very supportive for creating Internet of Things (IoT) application systems. The tool testing was carried out in the village of Grabagan RT 23 RW 04, Tulangan sub-district, Sidoarjo district. The purpose of this study is to track the position of sunlight on IoT-based solar panels based on meteorological data. Solar radiation from the BH1750 sensor and temperature from the DHT11 sensor were used as meteorological data. Tests with the BH1750 sensor obtained an average error percentage for 45 minute firsts of 7,09%. Testing with the DHT11 sensor obtained an average error percentage for 45 minute first of 1,68%. The percentage of DHT11 sensor error is close to the accuracy of the sensor specifications of 1%. The sunlight position tracking system shows the LDR sensor readings are very responsive in receiving sunlight, which functions to drive the servo motor. Monitoring results can be seen using a real-time internet-based communication system displayed on the Blynk application.

Keywords: alternative energy, electrical energy, microcontroller, solar panels, sunlight

PENDAHULUAN

Dalam kurun tahun 2018-2020, kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin meningkat. Badan Pusat Statistik mencatat pada tahun 2018 konsumsi listrik Indonesia perkapita adalah 1,06 MWh dan terus meningkat hingga pada tahun 2020 konsumsi listrik perkapita Indonesia adalah 1,09 MWh, terdapat kenaikan konsumsi listrik perkapita sebesar 2,75%

selama 3 tahun terakhir. Peningkatan kebutuhan energi listrik disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan teknologi yang berkembang pesat. Hal ini mengakibatkan adanya kebutuhan suatu energi alternatif. Energi alternatif yang melimpah salah satunya yaitu sinar matahari. Sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan panel surya.

Panel surya merupakan perangkat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik melalui penyerapan cahaya matahari, dari penyerapan matahari akan ada pergerakan antara elektron di sisi *positif* dan *negative*, adanya pergerakan ini menciptakan arus listrik sehingga dapat disimpan dalam baterai dan digunakan sebagai energi bagi alat-alat elektronik. Pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber energi listrik dapat dihasilkan dengan bantuan modul fotovoltaik atau berkas sinar matahari. Untuk mendapatkan sinar matahari yang optimal, panel surya harus mengikuti arah pergerakan matahari. Pergerakan matahari secara otomatis dikendalikan oleh sistem pelacakan dengan menggunakan teknologi sistem instrumentasi Mikrokontroler. Sistem pelacakan sinar matahari pada panel surya berbasis Mikrokontroler DOIT ESP-32 DEVKIT V1 berguna untuk penyerapan energi matahari secara optimal. Terdapat juga modul wifi dan bluetooth yang sangat membantu dalam membangun sistem aplikasi *Internet of Things* (IoT).

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang ditujukan untuk memanfaatkan perkembangan teknologi internet untuk diimplementasikan pada objek fisik untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri. Layanan *Internet of Things* (IoT) dirancang untuk membuat kendali jarak jauh dan data sensor dari perangkat Arduino atau mikrokontroler menggunakan aplikasi yang dikembangkan khusus yaitu Aplikasi *Blynk* (Artiyasa dkk, 2020).

Adapun beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan diantaranya penelitian pertama mengenai desain, pemodelan, dan eksperimen pelacakan panel surya sumbu tunggal. Pada penelitian ini, dijalankan berdasarkan intensitas sinar matahari. Jika intensitas sinar matahari sangat rendah, sistem pelacakan tidak dapat menggerakkan panel (Nahar dkk., 2021). Oleh karena itu, penelitian dengan konsep ini dianggap kurang efisien, sehingga dilakukan penelitian lanjutan mengenai pelacakan panel surya sumbu ganda. Pada pelacakan sumbu ganda hasilnya lebih efisien dalam hal kelistrikan keluaran energi jika dibandingkan dengan pelacakan sumbu tunggal dan sistem tetap seperti penelitian yang dilakukan oleh (Ajay dkk, 2015; Elsherbiny dkk, 2017; Imran dkk, 2018; Kumar dkk, 2017; Racharla dan Rajan 2017; dan Alfita dkk, 2020).

Penelitian kedua Alayi dkk, (2021) dengan menambahkan pemodelan dan analisis sistem pelacakan panel surya dilakukan untuk mendapatkan sudut optimal dalam fotovoltaik sistem untuk menghasilkan daya maksimum menggunakan algoritma genetika (GA). Dalam penelitian ini, sistem kontrol diusulkan oleh algoritma genetika yang mengoptimalkan energi keluaran PV sistem dengan menyesuaikan sudut spasial panel surya di keduanya sumbu *vertikal* dan *horizontal*.

Penelitian ketiga mengenai pelacakan ekuator monoaksial dengan koreksi kemiringan harian dan kemiringan matahari berubah dari daerah tropis

Capricorn (titik balik matahari musim dingin), hingga daerah tropis (titik balik matahari musim panas) melewati ekuinoks dan untuk memvalidasi dan menggeneralisasi hasil konsep baru dilakukan (Bouzakri dkk, 2021).

Penelitian yang dilakukan Sutaya dan Ariawan (2016) menggunakan konsep baru mengenai prototipe produk *solar tracker* cerdas berbasis Mikrokontroler AVR 8 bit. *Solar tracker* ini memasukkan filter digital *Infinite Impulse Response* (IIR) pada bagian program. Memprogram filter ini membutuhkan perkalian 32 bit. Sedangkan prosesor yang tersedia pada Mikrokontroler yang dipakai adalah 8 bit.

Penelitian terakhir mengenai pelacak surya sumbu tunggal *vertikal* untuk digunakan pada node surya mengambang, tetapi dapat dengan mudah ditingkatkan dengan peralatan yang lebih baik dan bagian untuk penelitian lebih lanjut. Selain itu, penelitian menyarankan bahwa untuk penggunaan komersial, mode pelacakan surya dan sistem pelacakan harus lebih kuat. Penelitian dan pengujian lebih lanjut harus lebih fokus pada konfigurasi modul LoRa untuk berbagai kondisi mulai dari jarak jauh, menggunakan spread yang berbeda faktor, *bandwidth* dan tingkat pengkodean dilakukan (Fernandez, 2020).

Dari beberapa penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki kebaruan yaitu dengan menggunakan data meteorologi berupa data radiasi matahari dan suhu. Berdasarkan penjelasan diatas, maka penelitian dikembangkan membuat pemodelan sistem pelacakan posisi sinar matahari pada panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan data meteorologi, dengan monitoring menggunakan aplikasi *Blynk*.

Mikrokontroler

Mikrokontroler atau dikenal dengan *Micro Chip Unit* (MCU) adalah personal komputer yang sebagian atau seluruh komponennya dikemas pada satu chip IC (*single chip computers*). Mikrokontroler mempunyai beberapa sifat dan komponen diantaranya unit pemrosesan terpusat, memori data, memori kode, dan port untuk *input* dan *output*.

Mikrokontroler DOIT ESP-32 DEVKIT V1 merupakan penerus dari Mikrokontroler ESP8266. Dalam Mikrokontroler ini telah tersedia modul wifi di dalam chipnya sehingga sangat memudahkan untuk menciptakan sistem aplikasi *Internet of Things* yang membutuhkan konektivitas nirkabel. Mikrokontroler DOIT ESP-32 DEVKIT V1 mempunyai 18 ADC, 2 DAC, 16 PWM, 10 sensor sentuh, 2 jalur antarmuka UART, pin antarmuka SPI, I2C, dan I2S (Manurung, 2021).

Sensor BH1750

Sensor BH1750 merupakan modul sensor cahaya digital yang menggunakan IC *light intensity sensor*. Modul sensor BH1750 memiliki kelebihan

dibandingkan dengan sensor LDR, diantaranya dapat melakukan pengukuran dengan data yang dihasilkan dalam satuan Lux (Lx) tanpa dilakukan perhitungan terlebih dahulu, keluaran digital yang dikonversi secara terpadu menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC), dapat mendeteksi intensitas cahaya gelap hingga paparan cahaya matahari langsung, dan tidak terpengaruh oleh emisi cahaya inframerah (Rianti, 2017).

Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah modul sensor untuk mendeteksi suhu dan kelembaban yang mempunyai hasil frekuensi digital yang dapat diproses oleh Mikrokontroler. Modul sensor DHT11 memiliki kelebihan dibandingkan modul sensor lainnya, diantaranya kualitas pembacaan data sensor yang sangat baik, lebih sensitif, mempunyai kecepatan dalam mendeteksi objek suhu dan kelembaban, serta pembacaan data tidak rentan terhadap gangguan. Secara umum, sensor DHT11 memiliki fungsi kalibrasi yang cukup akurat untuk pembacaan suhu dan kelembaban (Sipahuntar, 2018).

Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)

Sensor cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) adalah salah satu jenis resistor yang peka terhadap cahaya yang nilai resistansinya akan berubah tergantung pada intensitas cahaya yang diterima. Pada permukaan sensor LDR terdiri dari cakram semikonduktor yang memiliki dua buah elektroda. Jika sensor LDR terkena cahaya, maka nilai resistansinya kecil (sekitar $1k\Omega$). Apabila tidak terkena cahaya, maka nilai resistansinya menjadi besar (sekitar $10M\Omega$) (Rianti, 2017).

Motor Servo

Motor servo adalah perangkat aktuator putar (motor) yang didesain menggunakan kontrol umpan balik *loop* tertutup (servo) dan dapat diatur untuk memilih posisi sudut poros *output* motor. Motor servo tersusun dari motor DC, rangkaian *gear*, rangkaian kontrol dan *potensiometer*. Secara umum, ada dua jenis motor servo di pasaran yaitu servo *rotation continuous* 360° dan motor servo *rotation* 180° (Manurung, 2021).

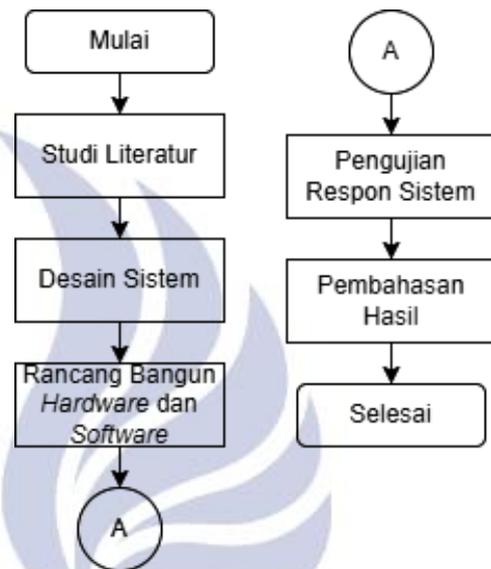
Blynk

Blynk adalah aplikasi pada iOS dan Android yang digunakan untuk mengontrol modul seperti Arduino, Raspberry Pi, dan Wemos melalui internet. Aplikasi ini dikembangkan untuk *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan untuk mengontrol perangkat keras dari jarak jauh, menyimpan data, menampilkan data sensor, dan banyak hal lainnya. Aplikasi ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *Blynk Apps*, *Blynk Server*, dan *Blynk Libraries* (Artiyasa dkk, 2020).

METODE

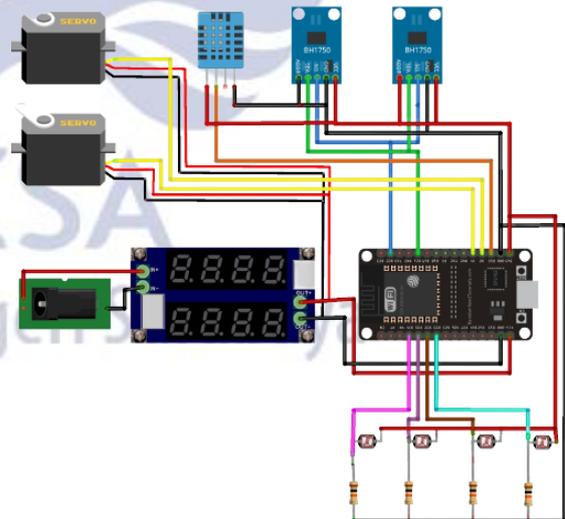
Rancang Penelitian

Rancangan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1. Penelitian dimulai dengan menganalisa masalah dengan cara studi literatur, selanjutnya membuat desain sistem, dilanjutkan dengan rancang bangun hardware dan software, lalu melakukan pengujian terhadap respon sistem, dan yang terakhir adalah melakukan pembahasan dan menganalisis terhadap hasil pengujian respon sistem.



Gambar 1. Diagram Blok Rancang Penelitian

Desain Sistem

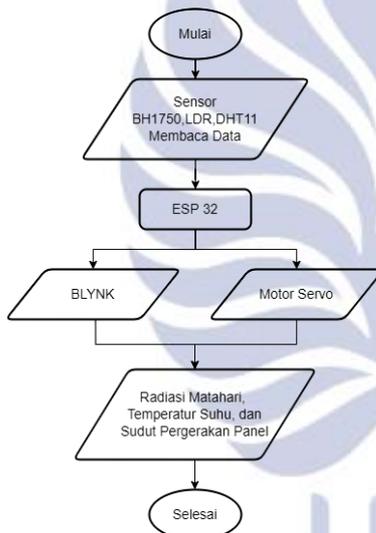


Gambar 2. Wiring of Hardware System

Pada Gambar 2, digambarkan *wiring of hardware system* tentang perkabelan dari sistem yang dibuat pada penelitian ini. Untuk memperjelas Gambar 2, disebutkan pin yang digunakan disajikan pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Pin yang digunakan pada sistem pengkabelan perangkat keras

Sensor	ESP 32
BH1750	Terhubung ke Pin SCL; Pin SDA; Pin 3,3 V; dan Pin Ground
LDR 1	Terhubung ke Pin D 32; Pin 3,3 V; dan Pin Ground
LDR 2	Terhubung ke Pin D 33; Pin 3,3 V; dan Pin Ground
LDR 3	Terhubung ke Pin D 34; Pin 3,3 V; dan Pin Ground
LDR 4	Terhubung ke Pin D 35; Pin 3,3 V; dan Pin Ground
DHT11	Terhubung ke Pin D 15; Pin 3,3 V; dan Pin Ground
Servo 1	Terhubung ke Pin D 2; Pin 7 V; dan Pin Ground
Servo 2	Terhubung ke Pin D 4; Pin 7 V; dan Pin Ground



Gambar 3. Flowchart Cara Kerja Alat

Gambar 3 merupakan *flowchart* cara kerja alat yang dirancang oleh peneliti. Pada penelitian ini digunakan tiga buah sensor yaitu sensor BH1750, sensor LDR, dan sensor DHT11. Sensor BH1750 dan sensor LDR menerima input berupa cahaya matahari yang terdapat disekitar sensor, sedangkan sensor DHT 11 berperan sebagai pendeteksi suhu udara disekitar, lalu diteruskan ke Mikrokontroler DOIT ESP-32 DEVKIT V1.

Mikrokontroler DOIT ESP-32 DEVKIT V1 berfungsi sebagai tempat pengolahan data dan pengendali motor servo. Untuk mengetahui data yang diperoleh, peneliti menggunakan aplikasi *Blynk* pada *smartphone* untuk menampilkan data *display* dalam bentuk angka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini terdiri atas beberapa pengujian sistem kerja dengan alat yang dirancang untuk membuktikan bahwa alat tersebut sesuai dengan desain yang dibuat sebelumnya. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Alfita dkk, (2020) tentang Perancangan *Solar Tracker* Empat Sumbu Berbasis *Internet of Things* (IoT), dimana pada penelitian tersebut menggunakan satu sensor yaitu sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini menambahkan data meteorologi dengan menggunakan tiga jenis sensor yaitu sensor BH1750 untuk mendeteksi radiasi matahari, sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan sensor LDR.

Bentuk Alat

Bentuk alat yang telah dibuat oleh peneliti yaitu alat pelacakan posisi sinar matahari pada panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan data meteorologi. Alat yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.

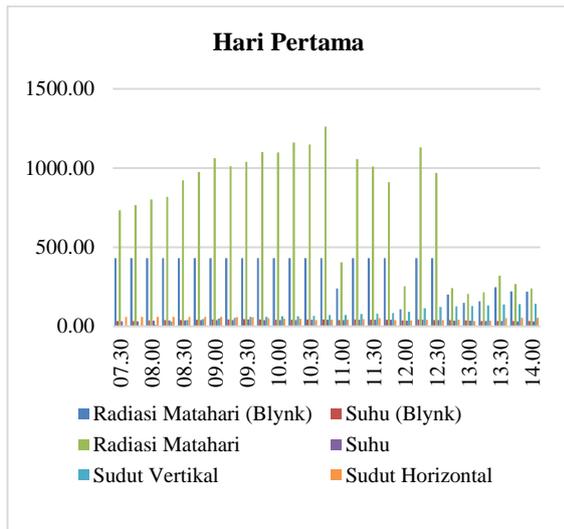


Gambar 4. Alat pelacakan posisi sinar matahari pada panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT)

Sensor LDR ditempatkan pada bagian atas dan tengah modul panel surya. Masing-masing sensor diberi partisi untuk memberikan efek bayangan (*shading*) pada saat posisi yang tidak tegak lurus dengan sinar matahari, dari kondisi ini sensor memberikan sinyal ke Mikrokontroler DOIT ESP-32 DEVKIT V1, kemudian Mikrokontroler memberikan arahan untuk menggerakkan motor servo mengikuti arah datangnya sinar matahari. Sensor BH1750 menghasilkan data intensitas cahaya dan sensor DHT11 menerima data suhu yang ditampilkan melalui *smartphone* pada aplikasi *BLYNK*.

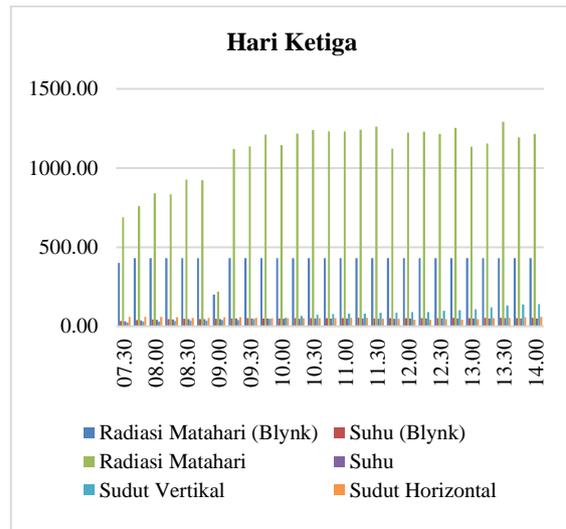
Data Meteorologi

Berdasarkan data meteorologi, pengujian sistem pelacakan posisi sinar matahari pada panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT) dilaksanakan di desa Grabagan RT 23 RW 04 kecamatan Tulangan kabupaten Sidoarjo selama 6 hari untuk mendapatkan data radiasi matahari, suhu, dan pergerakan motor servo. Hasil masing-masing pengujian selama 6 hari dijelaskan pada Gambar sebagai berikut.



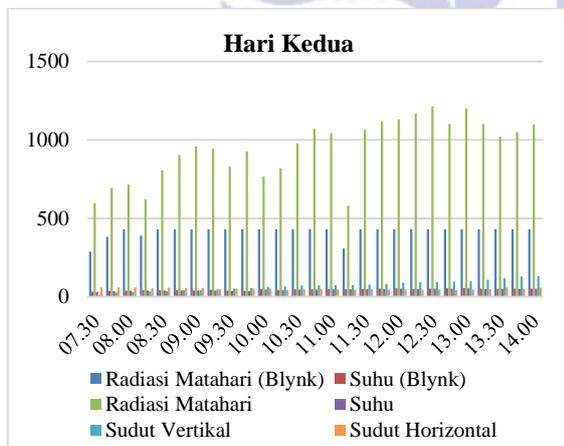
Gambar 5. Diagram Batang Hasil Pengujian Hari Pertama dari Data *Blynk* dan Data Manual

Berdasarkan Gambar 5, didapatkan hasil pengujian pada hari pertama yaitu nilai rata-rata pada tingkat radiasi matahari yang diterima sensor BH 1750 sebesar 360,74 W/m², radiasi matahari yang didapatkan melalui solar power meter sebesar 782,41 W/m², suhu yang diterima sensor DHT11 sebesar 39,84 °C, dan suhu yang diperoleh *thermometer* sebesar 38,12 °C, sedangkan perubahan pergerakan motor servo pada jam 07.30 sampai pukul 14.00 selalu berubah mengikuti arah datangnya sinar matahari.



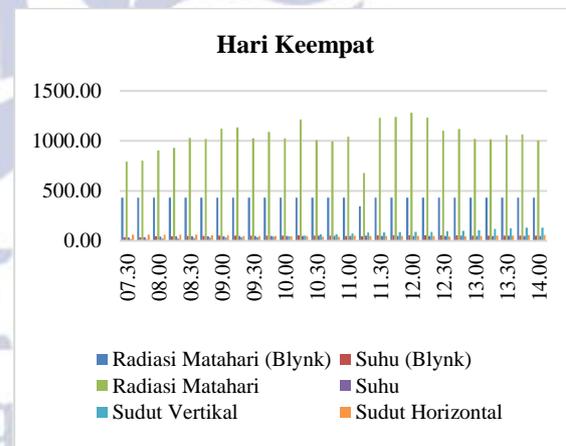
Gambar 7. Diagram Batang Hasil Pengujian Hari Ketiga dari Data *Blynk* dan Data Manual

Berdasarkan Gambar 7, didapatkan hasil pengujian pada hari ketiga yaitu nilai rata-rata pada tingkat radiasi matahari yang diterima sensor BH 1750 sebesar 421,76 W/m², radiasi matahari yang didapatkan melalui solar power meter sebesar 1083,69 W/m², suhu yang diterima sensor DHT11 sebesar 49,48 °C, dan suhu yang diperoleh *thermometer* sebesar 47,55 °C, sedangkan perubahan pergerakan motor servo pada jam 07.30 sampai pukul 14.00 selalu berubah mengikuti arah datangnya sinar matahari.



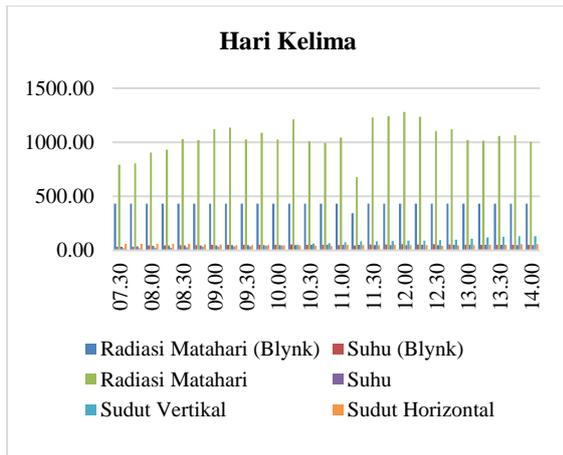
Gambar 6. Diagram Batang Hasil Pengujian Hari Kedua dari Data *Blynk* dan Data Manual

Berdasarkan gambar 5, didapatkan hasil pengujian pada hari kedua yaitu nilai rata-rata pada tingkat radiasi matahari yang diterima sensor BH 1750 sebesar 418,23 W/m², radiasi matahari yang didapatkan melalui solar power meter sebesar 945,78 W/m², suhu yang diterima sensor DHT11 sebesar 46,11 °C, dan suhu yang diperoleh *thermometer* sebesar 44,60 °C. Selain itu, didapatkan nilai radiasi matahari terendah pada jam 07.30 sebesar 288,77 W/m² pada sensor BH1750 dan 596,1 W/m² pada *thermometer*.



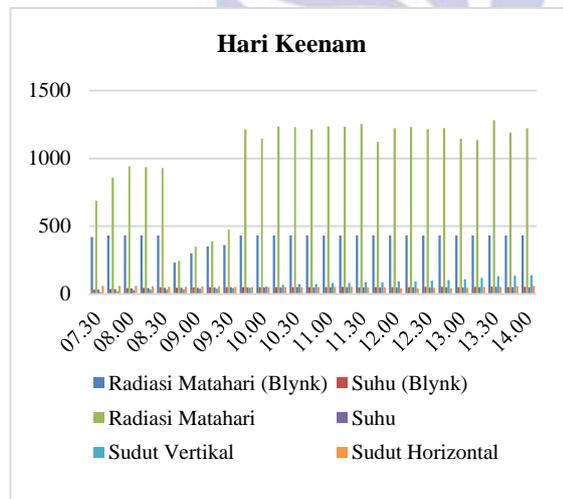
Gambar 8. Diagram Batang Hasil Pengujian Hari Keempat dari Data *Blynk* dan Data Manual

Berdasarkan Gambar 8, didapatkan hasil pengujian pada hari keempat yaitu nilai rata-rata pada tingkat radiasi matahari yang diterima sensor BH 1750 sebesar 428,21 W/m², radiasi matahari yang didapatkan melalui solar power meter sebesar 1043,86 W/m², suhu yang diterima sensor DHT11 sebesar 50,24 °C, dan suhu yang diperoleh *thermometer* sebesar 46,82 °C, sedangkan perubahan pergerakan motor servo pada jam 07.30 sampai pukul 14.00 selalu berubah mengikuti arah datangnya sinar matahari.



Gambar 9. Diagram Batang Hasil Pengujian Hari Kelima dari Data *Blynk* dan Data Manual

Berdasarkan Gambar 9, didapatkan hasil pengujian pada hari kelima yaitu nilai rata-rata pada tingkat radiasi matahari yang diterima sensor BH 1750 sebesar 379,81 W/m², radiasi matahari yang didapatkan melalui solar power meter sebesar 934,25 W/m², suhu yang diterima sensor DHT11 sebesar 42,10 °C, dan suhu yang diperoleh *thermometer* sebesar 37,79 °C, sedangkan perubahan pergerakan motor servo pada jam 07.30 sampai pukul 14.00 selalu berubah mengikuti arah datangnya sinar matahari.



Gambar 10. Diagram Batang Hasil Pengujian Hari Keenam dari Data *Blynk* dan Data Manual

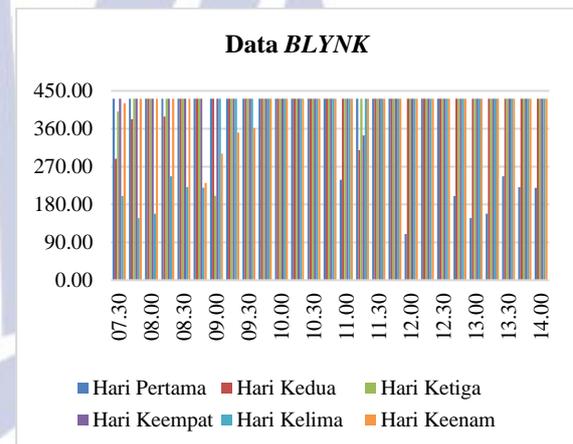
Berdasarkan Gambar 10, didapatkan hasil pengujian pada hari keenam yaitu nilai rata-rata pada tingkat radiasi matahari yang diterima sensor BH 1750 sebesar 429,81 W/m², radiasi matahari yang didapatkan melalui solar power meter sebesar 1029,25 W/m², suhu yang diterima sensor DHT11 sebesar 50,07 °C, dan suhu yang diperoleh *thermometer* sebesar 47,79 °C, sedangkan perubahan pergerakan motor servo pada jam 07.30 sampai pukul 14.00 selalu berubah mengikuti arah datangnya sinar matahari.

Analisis Perbandingan Hasil Pengujian Data *Blynk* dengan Data *Solar meter* dan *Thermometer*

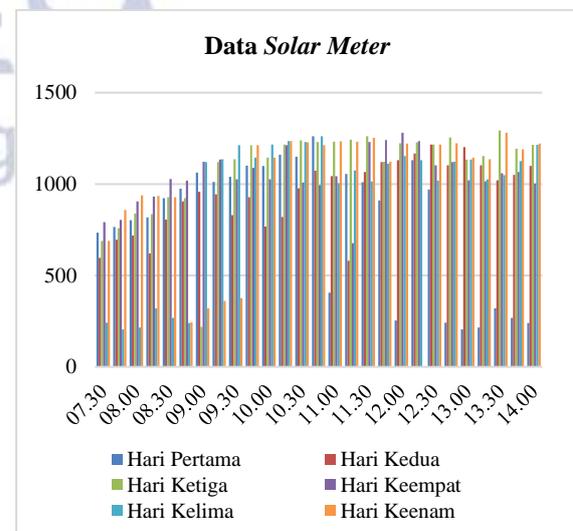
Pada bagian ini, data meteorologi yang digunakan yaitu radiasi matahari dari sensor BH1750 dan suhu dari sensor DHT11. Data hasil pengujian sensor BH1750 dibandingkan dengan *solar meter* dan data hasil sensor DHT11 dibandingkan dengan *thermometer*.

Radiasi Matahari

Penerapan sistem pelacakan posisi sinar matahari pada panel surya berbasis *Internet of Things* berdasarkan data meteorologi ini memastikan bahwa panel surya selalu tegak lurus dengan arah sinar matahari. Panel surya yang tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari juga dapat menerima radiasi matahari dalam jumlah maksimum dan menghasilkan energi listrik dalam jumlah maksimum. Hasil pengujian radiasi matahari pada sensor BH1750 ditunjukkan pada Gambar 11, dan pengujian menggunakan solar power meter ditunjukkan pada Gambar 12 sebagai berikut.



Gambar 11. Diagram Batang Hasil Pengujian Data *Blynk* (Sensor BH1750)

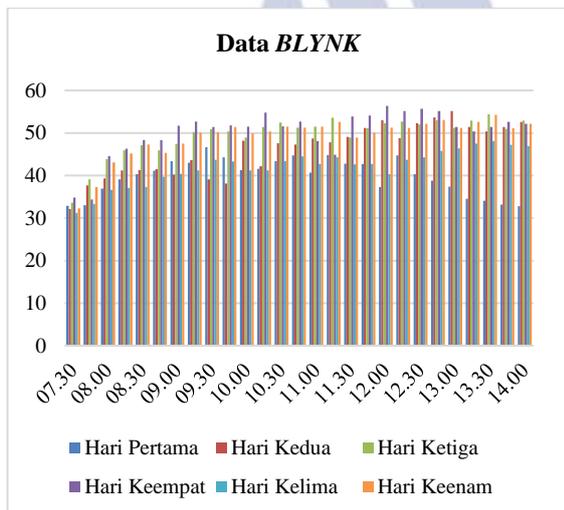


Gambar 12. Diagram Batang Hasil Pengujian Data *Solar meter*

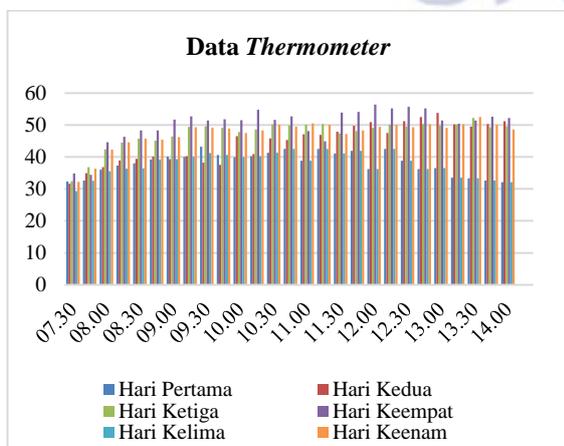
Dari Gambar 11 diketahui rata-rata radiasi matahari yang diuji menggunakan sensor BH1750 selama 6 hari berturut-turut yaitu 360,74 W/m²; 418,23 W/m²; 421,76 W/m²; 428,21 W/m²; 379,81 W/m², dan 429,81 W/m². Data diperoleh dengan nilai rata-rata kurang dari 431,43 W/m² dikarenakan angka tersebut merupakan batas maksimal dari pembacaan sensor BH1750. Gambar 12 menunjukkan bahwa rata-rata radiasi matahari yang didapatkan dari *solar meter* selama 6 hari berturut-turut yaitu 782,41 W/m²; 945,78 W/m²; 1083,69 W/m²; 1043,86 W/m²; 934,25 W/m²; dan 1029,25 W/m².

Suhu

Penerapan sistem pelacakan posisi sinar matahari pada panel surya berbasis *Internet of Things* berdasarkan data meteorologi ini dilakukan *monitoring* suhu dari panel surya. Hasil *monitoring* suhu dari sensor DHT11 selama 6 hari berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 13 dan pengujian menggunakan *thermometer* ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 13. Diagram Batang Hasil Pengujian Data *Blynk* (Sensor DHT11)



Gambar 14. Diagram Batang Hasil Pengujian Data dari *Thermometer*

Dari Gambar 13 diketahui rata-rata suhu yang diuji menggunakan sensor DHT11 selama 6 hari berturut-turut yaitu 39,84 °C; 46,11 °C; 49,48 °C; 50,24 °C; 42,10 °C, dan 50,07 °C. Pada Gambar 14 diketahui rata-rata suhu yang didapatkan dari pengukuran *thermometer* selama 6 hari berturut-turut yaitu 38,12 °C; 44,60 °C; 47,55 °C; 46,82 °C; 37,79 °C, dan 47,79 °C.

Perhitungan *Error* Perbandingan Pengujian Data *Blynk* dengan *Solar meter* dan *Thermometer*

Pengujian data *Blynk* dilakukan menggunakan sensor BH1750 dan sensor DHT11 bertujuan untuk mendeteksi objek radiasi matahari dan suhu yang memiliki output sinyal digital yang dapat diproses oleh Mikrokontroler. Pada pengujian ini dilakukan perbandingan antara radiasi matahari dan suhu yang terukur menggunakan *solar meter* dan *thermometer* dengan data yang ditampilkan pada aplikasi *Blynk*.

Pengujian pertama menggunakan sensor BH1750 dilakukan selama 6 hari, mulai pukul 07.30 WIB sampai pukul 14.00 WIB. Selama satu hari pengujian, data diambil setiap 15 menit sekali sehingga didapatkan 27 data/hari. Perbandingan nilai suhu dan hasil *error* pada sensor BH1750 dengan *solar meter* ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Perbandingan dan Hasil *Error* Hari Pertama pada pukul 07.30 sampai 08.15

Waktu	Sensor BH1750 (W/m ²)	<i>Solar meter</i> (W/m ²)	<i>Error</i> (%)
15 menit pertama	431,43	453,40	5,09
15 menit kedua	431,43	464,50	7,89
15 menit ketiga	431,43	467,30	8,31

$$\% \text{ Error} = \frac{(\text{Selisih Pembacaan})}{\text{Nilai Acuan}} \times 100 \quad [1]$$

Berdasarkan persamaan 1, dapat dihitung persentase *error*, adapun perhitungan persentase rata-rata *error* dari pengukuran suhu pada sensor BH1750 dengan *solar meter* dalam 15 menit pertama 5,09 %. Hasil persamaan tersebut bisa dilihat pada tabel 2. Pengujian kedua menggunakan sensor DHT11 dilakukan selama 6 hari, mulai pukul 07.30 WIB sampai pukul 14.00 WIB. Selama satu hari pengujian, data diambil setiap 15 menit sekali sehingga terdapat 27 data/hari. Perbandingan nilai suhu dan hasil *error* pada sensor DHT11 dengan *thermometer* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan dan Hasil *Error* Hari Pertama pada pukul 07.30 sampai 08.15

Waktu	Sensor DHT11 (°C)	Thermometer (°C)	Error (%)
15 menit pertama	32,90	32,30	1,86
15 menit kedua	33,00	32,60	1,23
15 menit ketiga	36,90	36,00	2,50

$$\% \text{ Error} = \frac{(\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Acuan})}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \text{ [2]}$$

Berdasarkan persamaan 2, dapat dihitung persentase *error*, adapun perhitungan persentase rata-rata *error* dari pengukuran suhu pada sensor DHT11 dengan *thermometer* dalam 15 menit pertama 1,86 %. Untuk data perhitungan *error* dari sensor DHT11 dan *thermometer* yang didapatkan dari persamaan 2 bisa dilihat pada tabel 3.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pemodelan sistem pelacakan posisi sinar matahari pada panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT). Pembacaan radiasi matahari yang diterima oleh sensor BH1750 pada aplikasi *Blynk* lebih kecil dibandingkan pembacaan pada *solar meter*. Nilai rata-rata persentase *error* selama 45 menit pertama sebesar 7,09%.

Pembacaan suhu yang diterima oleh sensor DHT11 pada aplikasi *Blynk* dengan pembacaan pada *thermometer* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai rata-rata persentase *error* selama 45 menit pertama sebesar 1,86%.

Pembacaan sensor LDR sangat responsif dalam menerima sinar matahari yang berfungsi untuk menggerakkan motor servo. Motor servo bergerak untuk mengikuti datangnya sinar matahari dari pagi sampai sore.

SARAN

Pada akhir penelitian ini, diberikan saran untuk penelitian selanjutnya dengan menambahkan data meteorologi yang lainnya seperti kecepatan angin, arah angin, serta menambahkan data pemantauan yang dihasilkan dari panel listrik tersebut untuk mendapatkan lebih banyak data dari penelitian ini. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan dikembangkan lebih lanjut seiring dengan perkembangan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

Ajay D., M., Ajit B., P., Prajot H., P., dan Kiran S., S. 2015. *Design and Fabrication of Dual Axis Solar Tracker For Maximum Energy Harvesting*. International Journal of Research Publications in Engineering and Technology (IJRPET), 1(1), 1-4.

Alayi, R., Harasii, H., dan Pourderogar, H. 2021. *Modeling and Optimization Maximum Power Point Tracking using GA for PV System*. Journal of Robotics and Control (JRC), 2(1), 35-41.

Alfita, R., Ibadillah, A. F., Rahmawati, D., Kusuma, M. H., Kurniawan, A., Nahari, R. V., dan Pramudia, M. 2020. *Perancangan Solar Tracker Four Axis Berbasis Internet of Things (IoT)*. Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi dan Teknik Elektronika, 8(2), 404-417.

Artiyasa, M., Rostini, A. N., Edwinanto, dan Junfithrana, A. P. 2020. *Aplikasi Smart Home Node MCU IOT untuk BLYNK*. Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra, 7(1), 1-7.

Bouzakri, H., Abbou, A., Tijani, K., dan Abousserhane, Z. 2021. *Biaxial Equatorial Solar Tracker with High Precision and Low Consumption: Modelling and Realization*. International Journal of Photoenergy, 1-22.

Elsherbiny, M. S., Anis, W. R., Hafez, I. M., dan Mikhail, A. R. 2017. *Design of Single-Axis and Dual-Axis Solar Tracking Systems Protected Against High Wind Speeds*. International Journal of Scientific dan Technology Research, 6(9), 84-89.

Fernandez, A. A., Rakhmatsyah, A., dan Wardana, A. A. 2020. *Monitoring Floating Solar Tracker Based on Axis Coordinates using LoRa Network*. International Journal of Renewable Energy Development, 9(2), 141-149.

Imran, A., Diyana, F., dan Muazzin. 2018. *Dual Axes Solar Tracker*. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 8(3), 1887-1892.

Kumar B., P., Jonnalagadda, S., Srihari M., dan Bonothu, H. 2017. *Dual-Axis Solar Tracker*. International Journal of Recent Scientific Research, 8(2), 15598-15603.

Manurung, F., Notosudjono, D., dan Rodiah, A. 2021. *Rancang Bangun Smart Home System Berbasis Internet of Things*. Laporan skripsi. Bogor: Universitas Pakuan.

Nahar, M. J., Sarkar, M. R., Uddin, M., Hossaine, M. F., Rana, M. M., dan Tanshena, M. R. 2021. *Single Axis Solar Tracker for Maximizing Power Production and Sunlight Overlapping Removal on The Sensors of Tracker*. International Journal of Robotics and Control Systems, 1(2), 186-197.

Racharla, S., dan Rajan, K. 2017. *Solar Tracking System - a Review*. International Journal of Sustainable Engineering, 10(2), 72-81.

Rianti, M. 2017. *Rancang Bangun Alat Ukur Intensitas Cahaya dengan Menggunakan Sensor BH1750 Berbasis Ardiuno*. Laporan skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Sipahuntar, F. H. 2018. *Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembapan pada Jamur Menggunakan Sensor DHT-11 Berbasis Atmega328p dengan Tampilan Menggunakan LCD*. Laporan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sutaya, I. W., dan Ariawan, K. U. 2016. *Solar Tracker Cerdas dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 Bit ATmega8535*. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(1), 673-682.

