

Monitoring Alat Penyiram Tanaman Otomatis berbasis Internet of Things (*IoT*) dan Bertenaga Surya

Rama Akbar Firmansyah^{1✉}, Aris Budiman²

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Indonesia

² Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Indonesia

✉ Email korespondensi: ramaakbarfirmansyah4@gmail.com

Abstrak. Pertanian modern menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan sumber daya air, minimnya tenaga kerja, dan tuntutan efisiensi dalam pengelolaan tanaman. Cabai sebagai salah satu komoditas hortikultura unggulan membutuhkan pengaturan penyiraman yang tepat untuk mendukung pertumbuhan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang didukung oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi utama, guna menciptakan solusi pertanian yang cerdas dan berkelanjutan. Perancangan sistem melibatkan integrasi perangkat keras dan lunak menggunakan *ESP32* sebagai mikrokontroler utama, sensor kelembaban tanah, sensor suhu dan kelembaban *DHT22*, sensor hujan, serta sensor *INA219* untuk memantau konsumsi daya. Sistem tenaga terdiri dari panel surya 20 Wp, *solar charge controller (SCC)*, dan baterai 12V 10Ah yang menyuplai daya ke seluruh komponen, termasuk pompa air 12V sebagai aktuator penyiraman. Seluruh data sensor dikirim secara *real-time* ke aplikasi *Blynk* melalui koneksi *Wi-Fi*, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan dan pengendalian jarak jauh menggunakan *smartphone*. Sistem bekerja secara otomatis berdasarkan nilai kelembaban tanah, jika kelembaban turun di bawah ambang batas 50%, pompa akan menyala hingga mencapai kelembaban optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menjaga kelembaban tanah pada kisaran ideal 50–70% baik pada kondisi cuaca cerah maupun berawan. Konsumsi daya rata-rata sebesar 4,79 watt saat idle dan 12 watt saat pompa aktif. Sistem juga terbukti mampu beroperasi mandiri selama 24 jam penuh tanpa ketergantungan pada listrik PLN. Dibandingkan metode konvensional, alat ini mampu mengurangi intervensi manual hingga 90%. Dengan demikian, sistem ini menawarkan solusi inovatif dan



aplikatif untuk mendukung pertanian berkelanjutan yang hemat energi, efisien, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi digital melalui penerapan *IoT* dan energi terbarukan.

Kata kunci: penyiraman otomatis; tanaman cabai; internet of things; PLTS; sensor kelembaban; energi surya

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor utama dalam perekonomian Indonesia, terutama bagi masyarakat pedesaan yang menggantungkan penghidupannya dari hasil pertanian. Salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai jual tinggi dan permintaan pasar yang stabil adalah tanaman cabai. Namun, dalam praktik budidayanya, tanaman cabai memerlukan perhatian ekstra, khususnya dalam hal penyiraman yang harus dilakukan secara konsisten untuk menjaga kelembaban tanah tetap optimal. Ketidakteraturan penyiraman dapat menyebabkan tanaman mengalami stres air, yang berujung pada penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen.

Di lapangan, sistem penyiraman masih banyak dilakukan secara manual oleh petani, yang tidak hanya memakan waktu dan tenaga, tetapi juga rentan terhadap ketidaktepatan waktu dan volume air yang diberikan. Hal ini menjadi permasalahan tersendiri, terutama ketika lahan pertanian cukup luas atau petani memiliki keterbatasan sumber daya (Ardiansah et al., 2023). Selain itu, perubahan iklim yang tidak menentu menambah tantangan dalam menentukan waktu penyiraman yang ideal. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat bekerja secara otomatis dan menyesuaikan kebutuhan air tanaman secara real-time.

Kemajuan teknologi, khususnya dalam bidang Internet of Things (IoT), telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem pertanian berbasis digital. Dengan IoT, berbagai sensor dapat digunakan untuk mengumpulkan data kondisi lingkungan, seperti kelembaban tanah, suhu, dan intensitas cahaya, yang kemudian diproses untuk mengatur aktivitas penyiraman secara otomatis. Sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dan kendali waktu nyata melalui perangkat smartphone atau komputer, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan lahan pertanian (Fajriyah et al., 2023; Hendry et al., 2021).

Selain aspek teknologi, keberlanjutan sistem juga menjadi perhatian penting. Penggunaan energi listrik sebagai sumber daya utama dalam sistem otomatis sering kali menjadi kendala, terutama di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik. Untuk mengatasi masalah ini, pemanfaatan energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi alternatif yang ideal. PLTS dapat menyediakan sumber



energi yang bersih, mandiri, dan berkelanjutan untuk menunjang operasional sistem penyiraman tanpa bergantung pada jaringan listrik konvensional (Zainal et al., 2023).

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan realisasi alat penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT dengan menggunakan PLTS sebagai sumber energi utama. Sistem ini dirancang untuk dapat mendeteksi tingkat kelembaban tanah menggunakan sensor, mengolah data yang diperoleh melalui mikrokontroler, dan mengaktifkan pompa air secara otomatis ketika nilai kelembaban di bawah batas yang ditetapkan. Data yang dihasilkan juga dapat dikirim dan ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk yang telah diinstal pada smartphone.

Melalui pengembangan alat ini, diharapkan petani dapat lebih terbantu dalam proses penyiraman tanaman secara efisien dan terjadwal, sehingga produktivitas dan kualitas tanaman cabai dapat meningkat. Selain itu, integrasi teknologi IoT dan PLTS diharapkan dapat mendorong adopsi sistem pertanian modern yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta menjadi solusi tepat guna bagi petani di wilayah dengan keterbatasan akses listrik maupun sumber daya manusia (Arxiv, 2020).

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah metode rancang bangun dengan pendekatan kuantitatif, di mana peneliti merancang, merangkai, dan menguji alat penyiraman tanaman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang menggunakan sumber energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tipe *off-grid*. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada pembuatan alat, tetapi juga mengevaluasi sejauh mana alat yang dirancang telah sesuai dengan kebutuhan dasar pertanian, khususnya dalam hal efisiensi penyiraman, akurasi sensor, dan kecukupan pasokan energi. Sistem yang dirancang terdiri dari panel surya (PV), *solar charge controller (SCC)*, baterai 12V sebagai penyimpan energi, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor kelembaban tanah untuk mendeteksi kadar air pada media tanam, sensor hujan untuk mendeteksi kondisi cuaca, sensor suhu dan kelembaban udara (DHT22), sensor INA219 untuk memantau tegangan dan arus sistem, serta pompa DC sebagai aktuator penyiram. Data sensor dikirim ke aplikasi Blynk secara *real-time* untuk pemantauan jarak jauh. Proses pengujian dilakukan di lingkungan terbuka sesuai dengan kondisi pertanian, dan melibatkan pengukuran konsumsi daya sistem menggunakan persamaan berikut.

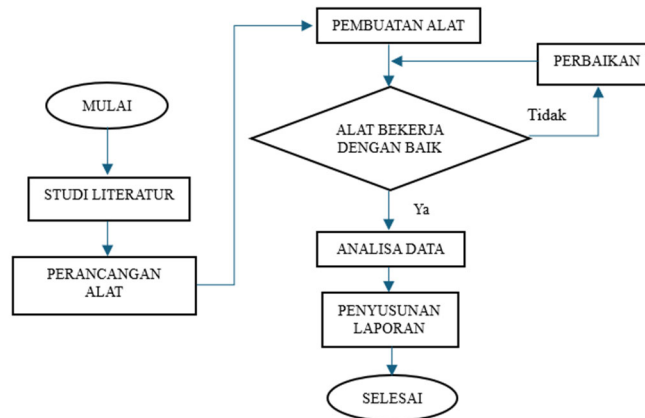
$$P = V \times i \quad (1)$$

Kemudian dibandingkan dengan kapasitas energi yang dihasilkan oleh panel surya untuk menentukan keseimbangan daya. Selain itu, analisis tingkat akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur acuan, lalu dihitung menggunakan rumus persamaan sebagai berikut (Nurlaili et al. n.d.).



$$\begin{aligned}
 \text{Selisih pengukuran} &= \text{nilai acuan} - \text{nilai terukur} \\
 \text{Nilai error (\%)} &= \frac{\text{selisih pengukuran}}{\text{nilai acuan}} \times 100\% \\
 \text{Akurasi} &= 100\% - \text{nilai error} \qquad (2)
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk mengevaluasi performa alat dalam mendeteksi kondisi lingkungan dan mengaktifkan pompa secara otomatis.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

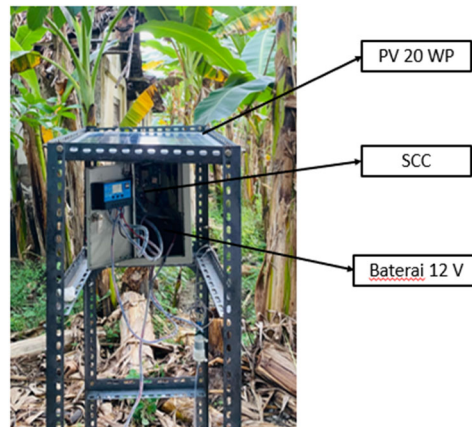
Gambar 1 merupakan *flowchart* dari penelitian yang dikerjakan, Dimana supaya alat bekerja dengan baik perlu dilakukan pengujian berulang supaya alat dapat bekerja dengan maksimal.

HASIL

Sistem PLTS

Pada sistem rangkaian PLTS di sini menggunakan sistem *off-grid*. Sistem ini sendiri berarti PLTS bekerja sendiri tanpa dibantu dengan sistem PLN. Ketika cahaya atau sinar matahari terkena pada panel surya maka akan dibangkitkan tegangan listrik yang kemudian akan masuk ke *solar charge controller* untuk diatur tegangan dan arusnya yang kemudian akan didistribusikan ke seluruh sistem atau disimpan ke baterai.





Gambar 2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem *Monitoring* Penyiraman Tanaman Berbasis *IoT*

Monitoring yang dilakukan diprogram menggunakan *software* Arduino yang kemudian kode yang sudah diprogram sesuai dengan perintah akan di-*upload* ke dalam *ESP32*. Setelah program selesai *upload* maka program akan berjalan sesuai dengan perintah yang telah dibuat sebelumnya. Untuk melakukan pemantauan jarak jauh bisa menggunakan *software* yang dapat diinstal pada ponsel kita yaitu aplikasi *Blynk*. Dalam aplikasi ini nanti akan ditampilkan beberapa parameter hasil pengukuran dari sensor kelembaban, sensor hujan, dan sensor suhu.



Gambar 3. Penempatan Komponen Utama

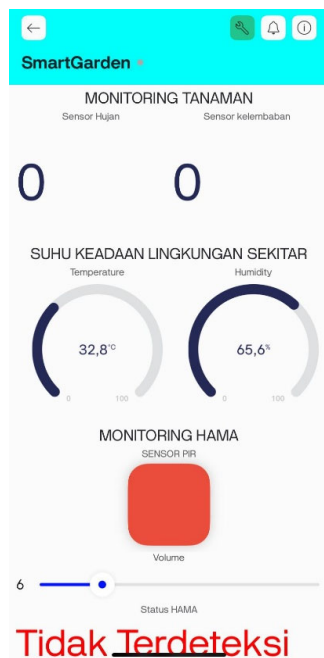


```

1 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL67YZ_p7wp"
2 #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "project tugas akhir"
3 #define BLYNK_AUTH_TOKEN "aL_q6CL9Ngkodyi1PF1IYaAUTVnsyd54"
4
5 #include <Wire.h>
6 #include <WiFi.h>
7 #include <WiFiClient.h>
8 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
9 #include <SoftwareSerial.h>
10 #include <DFRobotDFPlayerMini.h>
11 #include <Adafruit_INA219.h>
12 #include "DHT.h"
13
14 DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;
15 Adafruit_INA219 ina219;
16 BlynkTimer timer;
17
18 char ssid[] = "AndroidPro88";
19 char pass[] = "probet88";
20 char auth[] = "aL_q6CL9Ngkodyi1PF1IYaAUTVnsyd54";
21
22 bool wifiConnected = false;
23 bool blynkConnected = false;
24 unsigned long lastBlynkCheck = 0;
25 const unsigned long blynkcheckInterval = 5000;
26
27 bool dfplayerReady = false;
28 unsigned long lastReconnectAttempt = 0;
29 const unsigned long reconnectInterval = 5000;
30
31 bool sensorSiap = false;
32 DHT dht(32, DHT22);
33
34 int v_air, v_kelembaban, v_pir, volume = 2;
35 float temp;

```

Gambar 4. Script Program



Gambar 5. Tampilan aplikasi *Blynk*



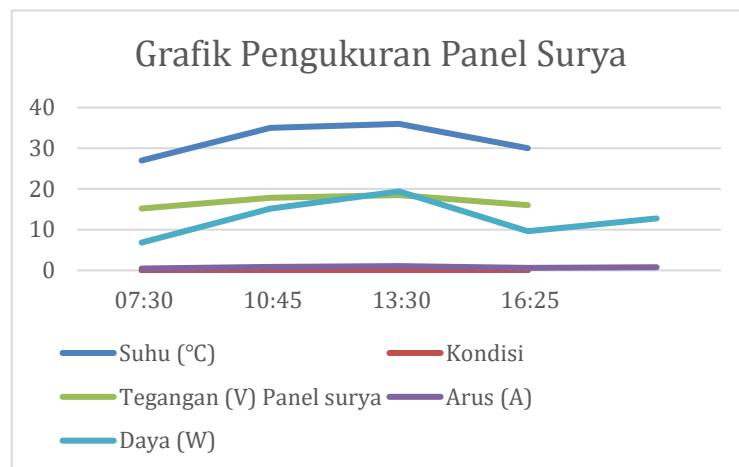
Pengujian dan Pengukuran Panel Surya

Tabel 1. Data Pengukuran Panel Surya

| No | Waktu (Jam) | Suhu (°C) | Kondisi | Panel Surya | | |
|----|-------------|-----------|---------|--------------|----------|----------|
| | | | | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) |
| 1 | 07:30 | 27 | Cerah | 15.2 | 0.45 | 6.84 |
| 2 | 10:45 | 35 | Cerah | 17.8 | 0.85 | 15.13 |
| 3 | 13:30 | 36 | Cerah | 18.5 | 1.05 | 19.425 |
| 4 | 16:25 | 30 | Cerah | 16 | 0.6 | 9.6 |

Tabel 2. Data Pengukuran Panel Surya Saat Pompa Menyala

| No | Waktu (Jam) | Panel Surya | | |
|----|-------------|--------------|----------|----------|
| | | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) |
| 1 | 07:30 | 11.8 | 0.4 | 4.72 |
| 2 | 10:45 | 12 | 0.8 | 9.6 |
| 3 | 13:30 | 12.1 | 1.2 | 14.52 |
| 4 | 16:25 | 11.9 | 0.55 | 6.545 |



Gambar 6. Grafik Pengukuran Panel Surya

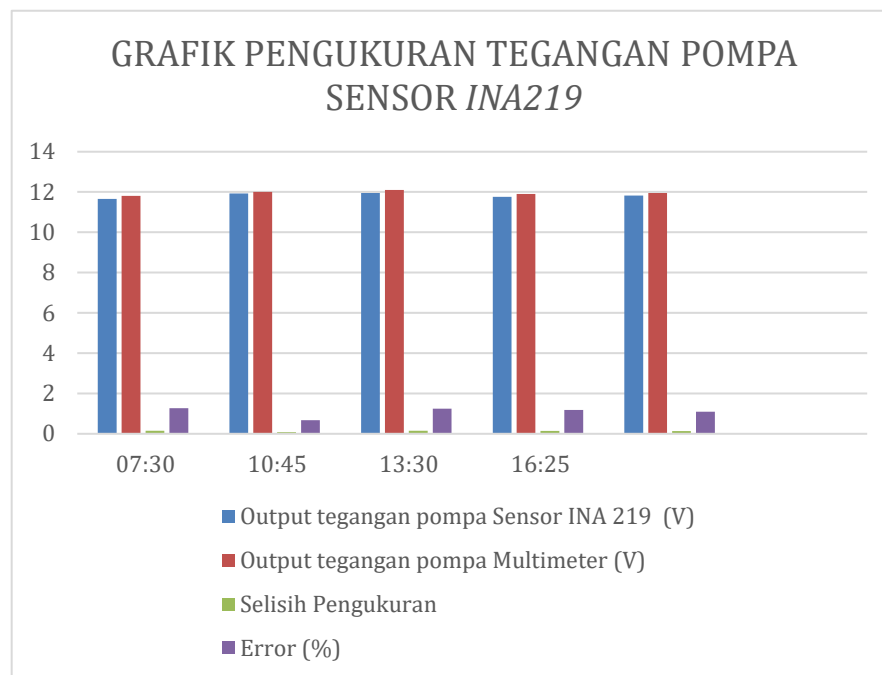


Pengujian Sensor INA219

Pengujian Tegangan Pompa

Tabel 3. Data Pengujian Tegangan Pompa Sensor *INA219*

| No | Waktu (Jam) | Output Tegangan Pompa | | Selisih Pengukuran | Error (%) |
|------------------|-------------|----------------------------|----------------|--------------------|-------------|
| | | Sensor <i>INA 219</i> (V) | Multimeter (V) | | |
| 1 | 07:30 | 11.65 | 11.8 | 0.15 | 1.27 |
| 2 | 10:45 | 11.92 | 12 | 0.08 | 0.67 |
| 3 | 13:30 | 11.95 | 12.1 | 0.15 | 1.24 |
| 4 | 16:25 | 11.76 | 11.9 | 0.14 | 1.18 |
| Rata-rata | | 11.82 | 11.95 | 0.13 | 1.09 |
| Akurasi | | $100\% - 1.09\% = 98.91\%$ | | | |



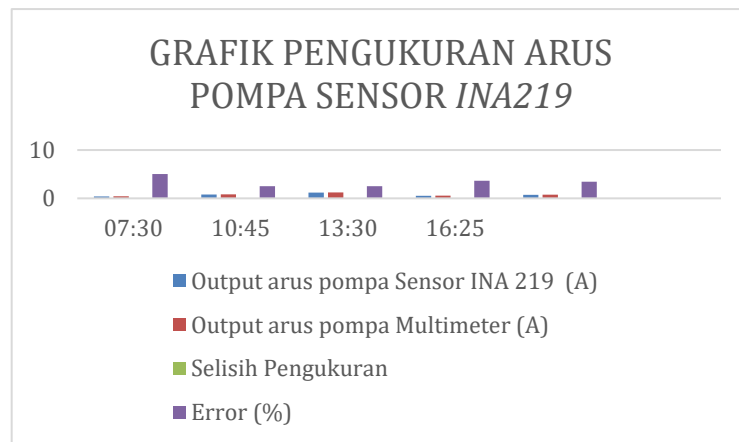
Gambar 7. Grafik Pengukuran Tegangan Pompa Sensor *INA219*



Pengujian Arus Pompa

Tabel 4. Data Pengujian Arus Pompa Sensor *INA219*

| No | Waktu (Jam) | Output arus pompa | | Selisih Pengukuran | Error (%) |
|------------------|-------------|---------------------------|----------------|--------------------|-----------|
| | | Sensor <i>INA</i> 219 (A) | Multimeter (A) | | |
| 1 | 07:30 | 0.38 | 0.4 | 0.02 | 5 |
| 2 | 10:45 | 0.77 | 0.8 | 0.03 | 2.5 |
| 3 | 13:30 | 1.17 | 1.2 | 0.03 | 2.5 |
| 4 | 16:25 | 0.53 | 0.55 | 0.02 | 3.64 |
| Rata-rata | | 0.7125 | 0.7375 | 0.025 | 3.41 |
| Akurasi | | 100% - 0.341% = 96.59% | | | |



Gambar 8. Grafik Pengukuran Arus Pompa Sensor *INA219*

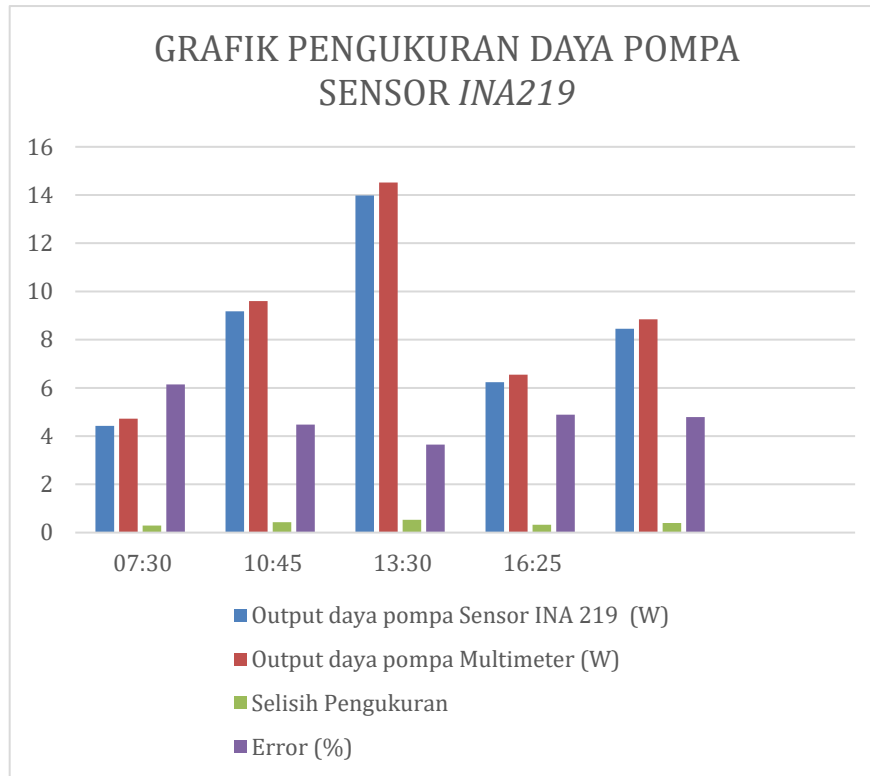
Pengujian Daya Pompa

Tabel 5. Data Pengujian Daya Pompa Sensor *INA219*

| No | Waktu (Jam) | Output daya pompa | | Selisih Pengukuran | Error (%) |
|----|-------------|---------------------------|----------------|--------------------|-----------|
| | | Sensor <i>INA</i> 219 (W) | Multimeter (W) | | |
| 1 | 07:30 | 4.427 | 4.72 | 0.29 | 6.14 |
| 2 | 10:45 | 9.1784 | 9.6 | 0.43 | 4.48 |
| 3 | 13:30 | 13.9815 | 14.52 | 0.53 | 3.65 |



| | | | | | |
|------------------|-------|-----------------------|---------|--------|------|
| 4 | 16:25 | 6.2328 | 6.545 | 0.32 | 4.89 |
| Rata-rata | | 8.454925 | 8.84625 | 0.3925 | 4.79 |
| Akurasi | | 100% - 4.79% = 95.21% | | | |



Gambar 9. Grafik Pengukuran Daya Pompa Sensor *INA219*

Pengujian Sensor *DHT22*

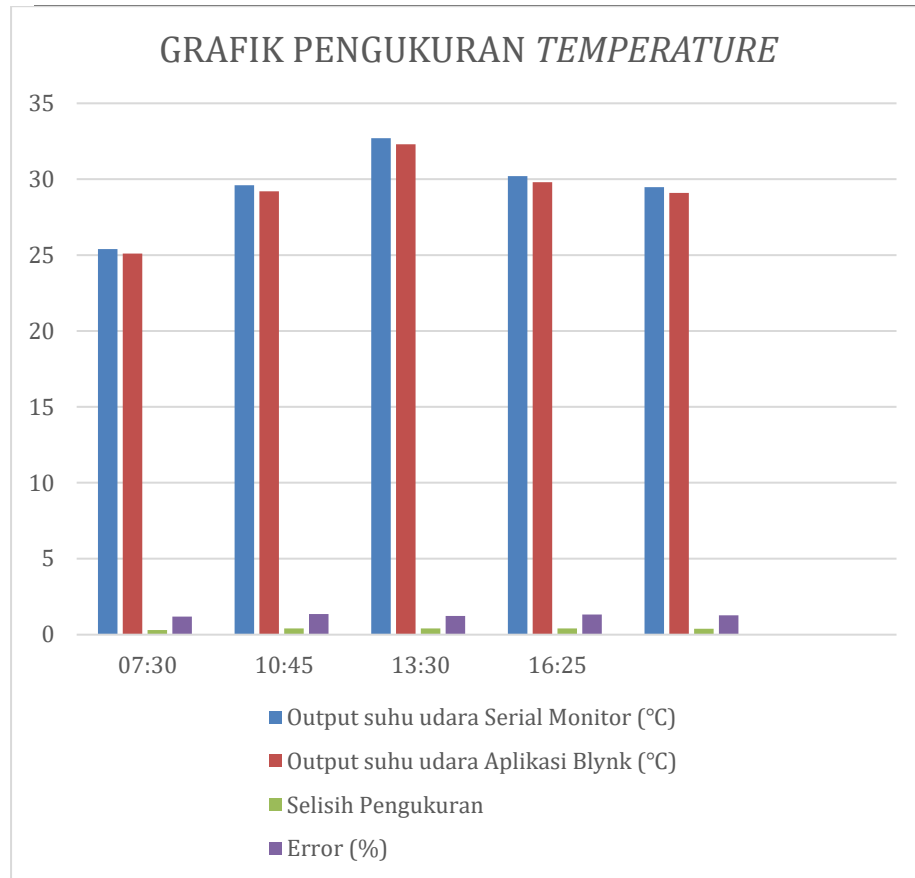
Pengujian Suhu (*Temperature*)

Tabel 6. Data Pengukuran Suhu Sensor *DHT22*

| No | Waktu (Jam) | Output suhu udara | | Selisih Pengukuran | Error (%) |
|----|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| | | Serial Monitor (%) | Aplikasi Blynk (%) | | |
| 1 | 07:30 | 25.1 | 25.1 | 0 | 0 |
| 2 | 10:45 | 29.2 | 29.2 | 0 | 0 |
| 3 | 13:30 | 32.3 | 32.3 | 0 | 0 |
| 4 | 16:25 | 29.8 | 29.8 | 0 | 0 |



| | | | | |
|------------------|------------------|------|---|---|
| Rata-rata | 29.1 | 29.1 | 0 | 0 |
| Akurasi | 100% - 0% = 100% | | | |



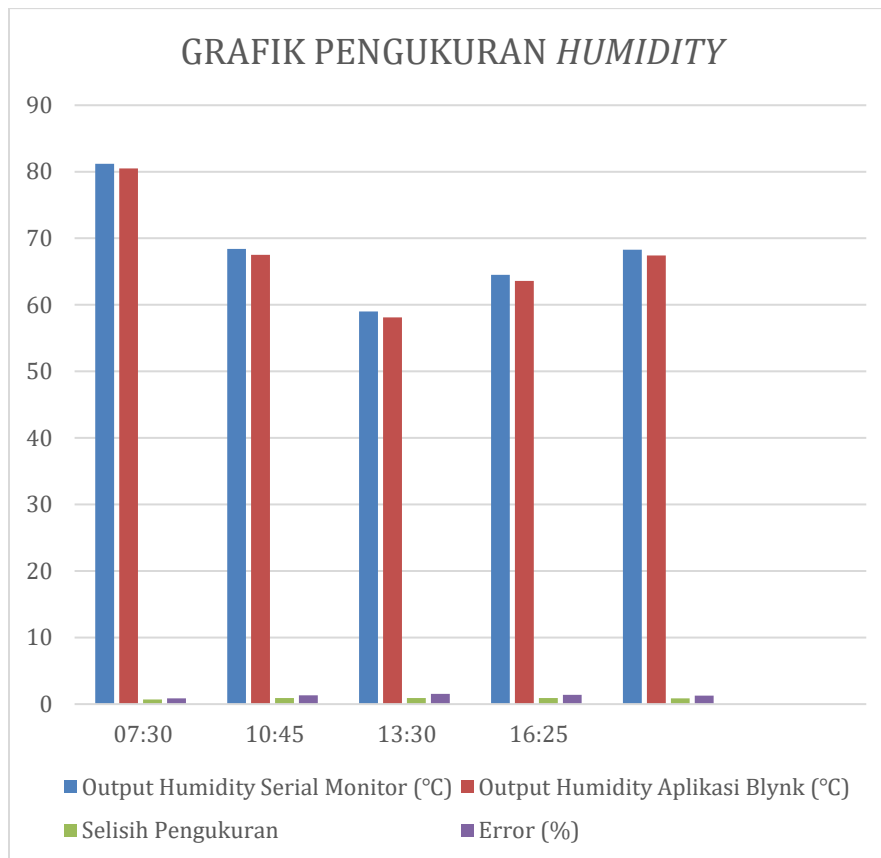
Gambar 10. Grafik Pengukuran *Temperature*

Pengujian Kelembaban (*Humidity*)

Tabel 7. Data Pengukuran Kelembaban Sensor *DHT22*

| No | Waktu (Jam) | Output Humidity | | Selisih Pengukuran | Error (%) |
|------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| | | Serial Monitor (%) | Aplikasi Blynk (%) | | |
| 1 | 07:30 | 81.2 | 81.2 | 0 | 0 |
| 2 | 10:45 | 68.4 | 68.4 | 0 | 0 |
| 3 | 13:30 | 59 | 59 | 0 | 0 |
| 4 | 16:25 | 64.5 | 64.5 | 0 | 0 |
| Rata-rata | | 68.275 | 68.275 | 0 | 0 |
| Akurasi | | 100% - 0 % = 100% | | | |





Gambar 11. Grafik Pengukuran *Humidity*

Pengujian Sensor Hujan

Tabel 8. Data Pengukuran Sensor Hujan

| No | Kondisi | Nilai Aplikasi Blynk | Nilai Serial Monitor (%) | Selisih | Error (%) |
|-------------------|-------------|----------------------|--------------------------|---------|-----------|
| 1 | Tidak Hujan | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Gerimis | 30 | 30 | 0 | 0 |
| 3 | Hujan Deras | 75 | 75 | 0 | 0 |
| Rata- rata | | 35 | 35 | 0 | 0 |
| Akurasi | | | 100% | | |



Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Tabel 9. Data Pengukuran Sensor Kelembaban Tanah

| No | Kondisi Cuaca | Data Analog Sensor (%) | Kondisi Tanah | Kondisi Pompa Air |
|----|---------------|------------------------|---------------|-------------------|
| 1 | Berawan | 42 | Kering | AKTIF |
| 2 | Cerah | 55 | Lembab | MATI |
| 3 | Terik | 48 | Kering | AKTIF |
| 4 | Hujan Gerimis | 68 | Basah | MATI |

PEMBAHASAN

Pengujian dan Pengukuran Panel Surya

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa panel surya menghasilkan daya tertinggi saat cuaca cerah pada pukul 13.30, yaitu 19,425 W tanpa beban, dan 14,52 W saat pompa menyala. Daya terendah terjadi pada pukul 07.30 sebesar 6,84 W tanpa beban dan 4,72 W dengan beban. Aktivasi pompa menyebabkan penurunan tegangan dan daya. Secara keseluruhan, panel surya mampu menyuplai energi yang cukup untuk mengoperasikan pompa, terutama pada rentang waktu 10.00–14.00, sehingga sistem efektif untuk digunakan sebagai sumber energi penyiraman otomatis.

Pengujian Sensor *INA219*

Pengujian Tegangan Pompa

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 3, sensor *INA219* menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam membaca tegangan, dengan error rata-rata berkisar antara 0.67% hingga 1.27% dibandingkan dengan multimeter. Nilai akurasi keseluruhan mencapai 98.91%, yang menunjukkan bahwa sensor *INA219* layak digunakan sebagai alat monitoring tegangan dalam sistem penyiraman otomatis berbasis *IoT*. Panel surya 20 Wp menghasilkan daya tertinggi 19,425 W pada pukul 13.30 (tanpa beban) dan 14,52 W saat pompa menyala pada waktu yang sama, menunjukkan performa optimal saat intensitas cahaya matahari maksimal. Daya terendah tercatat pada pukul 07.30, yaitu 6,84 W tanpa beban dan 4,72 W saat beban aktif. Aktivasi pompa menyebabkan penurunan tegangan rata-rata sekitar 3–6 V. Panel mampu mempertahankan pasokan energi untuk pompa 12V



sepanjang hari, terutama efektif antara pukul 10.45–13.30, sehingga sistem terbukti stabil untuk operasional penyiraman otomatis berbasis PLTS.

Pengujian Arus Pompa

Tabel 4 dapat diamati bahwa pada pengukuran arus sensor *INA219* dilakukan pada jam yang berbeda. Pertama pada pukul 07.30 sensor membaca arus sebesar 0.38 A dan multimeter membaca arus sebesar 0.4 A maka dihasilkan *error* sebesar 5%. Selanjutnya pada pukul 10.45 sensor membaca arus sebesar 0.77 A dan multimeter membaca arus sebesar 0.8 A maka dihasilkan *error* sebesar 2.25%. Kemudian pada pukul 13.30 sensor membaca arus sebesar 1.17 A dan multimeter membaca arus sebesar 1.2 A maka dihasilkan *error* sebesar 2.5%. Terakhir pada pukul 16.25 sensor membaca arus sebesar 0.53 A dan multimeter membaca tegangan sebesar 0.02 A maka dihasilkan *error* sebesar 3.64%. Dari pengukuran tabel 4 didapatkan akurasi pengukuran sebesar 96.59%.

Pengujian Daya Pompa

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 5, sensor *INA219* menunjukkan performa yang cukup akurat dalam mengukur daya listrik. Selisih *error* tertinggi tercatat sebesar 6,14% pada pukul 07.30, dan *error* terendah sebesar 3,65% pada pukul 13.30, saat intensitas cahaya matahari maksimum. Rata-rata akurasi keseluruhan dari keempat waktu pengukuran adalah 95,21%, yang menunjukkan bahwa sensor *INA219* dapat diandalkan untuk monitoring daya secara *real-time* dalam sistem penyiraman otomatis berbasis *IoT*. Meskipun terdapat sedikit selisih dibandingkan multimeter, tingkat akurasi tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi praktis di lapangan.

Pengujian Sensor *DHT22*

Pengujian Suhu (*Temperature*)

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa sensor *DHT22* mampu mengirimkan data suhu secara akurasi tinggi ke aplikasi *Blynk*. Pengujian pada empat waktu berbeda menunjukkan bahwa nilai suhu yang ditampilkan di serial monitor dan aplikasi *Blynk* seluruhnya identik, dengan *error* sebesar 0% pada setiap pengukuran. Dengan demikian, sistem transmisi data dari sensor ke aplikasi berjalan stabil, serta dapat diandalkan untuk pemantauan suhu secara *real-time* melalui *smartphone*. Akurasi keseluruhan mencapai 100%, membuktikan bahwa integrasi antara sensor *DHT22* dan aplikasi *Blynk* berfungsi dengan sangat baik dalam sistem penyiraman otomatis ini.

Pengujian Kelembaban (*Humidity*)



Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 7, dapat disimpulkan bahwa sensor *DHT22* mampu mengirimkan data kelembaban udara secara akurat dan konsisten ke aplikasi *Blynk*. Pada seluruh pengujian yang dilakukan di empat waktu berbeda, nilai kelembaban yang terbaca di serial monitor identik dengan yang ditampilkan di aplikasi *Blynk*, dengan *error* 0% di setiap waktu pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa sistem komunikasi antara sensor dan aplikasi berjalan optimal, tanpa adanya gangguan atau kehilangan data. Tingkat akurasi mencapai 100%, membuktikan bahwa integrasi sensor *DHT22* dengan aplikasi *Blynk* sangat efektif untuk pemantau.

Pengujian Sensor Hujan

Dari tabel 8 dapat diamati ketika kondisi tidak hujan pada aplikasi *Blynk* menampilkan nilai 0 dan pada *serial monitor* menampilkan nilai 0 dan menghasilkan selisih *error* sebesar 0 %. Ketika kondisi gerimis pada aplikasi *Blynk* menampilkan nilai 30 dan pada *serial monitor* menampilkan nilai 30 dan menghasilkan selisih *error* sebesar 0 %. Ketika kondisi hujan deras pada aplikasi *Blynk* menampilkan nilai 75 dan pada *serial monitor* menampilkan nilai 75 dan menghasilkan selisih *error* sebesar 0 %.

Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Dari tabel 9 dapat diamati ketika kondisi cuaca berawan sensor kelembaban tanah mendeteksi sebesar 42% yang berarti tanah kering maka pompa akan menyala. Ketika cuaca cerah sensor membaca kelembaban sebesar 55% yaitu kondisi tanah lembab berarti pompa mati atau tidak perlu dinyalakan. Saat kondisi cuaca terik sensor membaca kelembaban sebesar 48% dan kondisi tanah kering, maka pompa menyala. Saat kondisi hujan gerimis sensor membaca sebesar 68% dan kondisi tanah basah maka pompa mati atau tidak perlu dinyalakan.

KESIMPULAN

Sistem ini mampu melakukan penyiraman secara otomatis berdasarkan kelembaban tanah, suhu udara, dan kondisi hujan, sehingga secara signifikan mengurangi kebutuhan intervensi manual. Panel surya berkapasitas 20 Wp terbukti dapat menyuplai energi secara optimal, dengan daya maksimum sebesar 19,425 W tanpa beban dan 14,52 W saat pompa aktif, yang menunjukkan efisiensi sistem dalam pemanfaatan energi terbarukan.

Sensor *INA219* memberikan performa yang akurat dan andal dalam pengukuran daya, dengan tingkat akurasi rata-rata mencapai 95,21% terhadap pembacaan multimeter. Sensor *DHT22* juga menunjukkan stabilitas kinerja dalam memantau suhu udara di berbagai waktu, menghasilkan data lingkungan yang akurat dan konsisten.



Mikrokontroler *ESP32* mampu menjalankan pemrosesan data dan pengiriman informasi ke aplikasi *Blynk* secara *real-time*, memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui *smartphone*.

Secara keseluruhan, sistem ini telah memenuhi seluruh indikator keberhasilan penelitian, yaitu menciptakan alat penyiraman otomatis yang hemat energi, efisien, ramah lingkungan, dan memanfaatkan energi terbarukan secara optimal. Dengan demikian, alat ini sangat potensial untuk diterapkan sebagai solusi teknologi tepat guna dalam mendukung konsep pertanian cerdas (*smart farming*), serta memiliki peluang besar untuk dikembangkan lebih lanjut di masa depan dengan fitur dan skala yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Monitoring Alat Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan PLTS Sebagai Pembangkit Berbasis *IoT (Internet of Thinking)*” ini dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tidak mungkin dapat menyelesaikannya tanpa dukungan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya.
2. Kedua orang tua tercinta, atas segala doa, kasih sayang, dukungan moral dan materiil yang tak ternilai selama ini.
3. Bapak Aris Budiman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak/Ibu dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, yang telah memberikan ilmu, wawasan, serta pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
5. Teman-teman seperjuangan, atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang selalu menguatkan selama masa studi maupun dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga karya ini



dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang otomasi dan energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Westari, Dwianti, and Syaeful Ilman. "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32, Moisture Sensor, DHT22 Sensor dan Blynk." *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika* 3.4 (2024): 314-321.
- [2] Nurlaili, Aprilia, and Dedy Ary Prasetya. *Sistem Monitoring Kelembaban Dan Suhu Multipoint Dengan Menggunakan Lora Berbasis Internet Of Things*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2023.
- [3] Wasono, Adi, et al. "Penerapan Rancang Bangun Plts Sistem Off-Grid Sebagai Kendali Penyiraman Otomatis Berbasis Plc Pada Perkebunan Widuri Di Desa Wonokerto, Kecamatan Bancak, Kabupaten Semarang." *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara* 5.2 (2024): 1985-1989.
- [4] Heryani, Nani, et al. "Pemberian mulsa dalam budidaya cabai rawit di lahan kering: Dampaknya terhadap hasil tanaman dan aliran permukaan." *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)* 41.2 (2013).
- [5] Soedarto, Teguh, and Rojaunnajah Kartika Ainiyah. *Teknologi Pertanian Menjadi Petani Inovatif 5.0: Transisi Menuju Pertanian Modern*. Uwais Inspirasi Indonesia, 2022.
- [6] Fajriyah, N., dkk. (2023). *Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis berbasis IoT*. Universitas Negeri Padang.
- [7] Hendry, dkk. (2021). *Rancang Bangun Penyiraman Otomatis untuk Tanaman Cabai Merah Berbasis IoT*. Politeknik Negeri Medan.
- [8] Ardiansah, R., dkk. (2023). *Sistem Monitoring dan Penyiraman Otomatis pada Tanaman Cabai berbasis IoT*. Universitas Duta Bangsa Surakarta.
- [9] Zainal, M., dkk. (2023). *Pemanfaatan Energi Surya Terintegrasi dengan IoT untuk Monitoring Pertanian*. Reddit.
- [10] Arxiv. (2020). *sCrop: An IoT-Based Solar-Powered System for Smart Farming*.

