

# Prototype Automasi Greenhouse Dengan Monitoring Menggunakan Smartphone Dan Esp32 Berbasis Internet of Things

Hamzah Nashirudin\*, Triyanto Pangaribowo

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

\*hamzahnasirudin9@gmail.com

**Abstrak**— *Greenhouse* merupakan salah satu media budidaya tanaman dengan memanfaatkan ruang tertutup yang setiap dindingnya ditutupi menggunakan bahan transparan atau tembus cahaya. Banyaknya faktor yang dapat memengaruhi produktivitas tanaman dalam greenhouse, salah satunya yaitu faktor iklim mikro yang mempengaruhi produktivitas tanaman dalam proses panennya. Sehingga terdapat teknologi yang mengoptimalkan faktor-faktor pendukung tersebut, yang disebut sebagai teknologi Otomasi *greenhouse*. Pada penelitian ini, pemanfaatan Otomasi *greenhouse* digunakan untuk memantau faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas dari tanaman, seperti intensitas cahaya, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan suhu udara yang terpantau secara realtime melalui Smartphone dan sensor-sensor yang terintegrasi, dengan memanfaatkan ESP32 sebagai mikrokontrolernya. Penyiraman secara terjadwal dan otomatis juga dapat diatur untuk mempermudah dalam melakukan perlakuan intensitas penyiraman terhadap tanaman yang berbeda.

**Kata Kunci**—*Internet Of Things, Sensor, Otomasi Greenhouse, Smartphone*

DOI: 10.22441/jte.2022.v13i3.010

## I. PENDAHULUAN

*Greenhouse* atau rumah kaca merupakan sebuah bangunan tempat tanaman ditanam. Otomasi *greenhouse* merupakan salah satu bagian dari budidaya tanaman secara modern. Dalam sebuah artikel yang disusun oleh Food and Agriculture Organization of United Nation pada tahun 2015 menjelaskan bahwa Pertanian dinilai membawa pengaruh besar terhadap pertanian di dunia, sekitar 40% hingga 45% nya berada di daerah tropis. Adapun Kesulitan petani/budidayawan tanaman dalam monitoring parameter lingkungan yang berpengaruh pada produksi tanaman menjadi salah satu penyebabnya. Salah satu faktor ekologi yang sangat mempengaruhi adalah faktor suhu. Faktor tersebut mudah diukur dan seringkali membatasi pertumbuhan dan distribusi tanaman. Adapun penelitian terkait otomasi *greenhouse*, telah dilakukan oleh beberapa orang dengan sistem dan metode yang cukup bervariasi, antara lain sistem monitoring *greenhouse* dengan memanfaatkan teknologi RF dan GSM dengan *wireless monitoring nodes* dan *sink nodes*. [1][2] Pada penelitian sebelumnya, sistem pada penyiramannya

masih belum bisa di custom. Akibat dari hal tersebut, tanaman pada *greenhouse* tidak bisa bervariasi. Adapun terkait dari pengendalian mikro suhu pada *greenhouse* masih menggunakan kontrol gap on-off, sehingga hasil pengaturan dalam *greenhouse* kurang maksimal. Sistem penyiraman dengan menggunakan selang dan dilakukan pada permukaan tanah dinilai kurang efisien terutama dalam mengondisikan kelembapan udara lingkungan *greenhouse*. Penelitian ini berfokus pada bagaimana parameter pada lingkungan *greenhouse* dapat terpantau, sehingga nantinya diharapkan data dari sistem yang diperoleh dapat menjadi bahan pertimbangan pengambilan keputusan dalam produksi tanaman tertentu pada *greenhouse*. Sistem custom penyiraman dapat dilakukan dengan melakukan input banyak penyiraman dan waktu penyiraman secara otomatis [3][4], berdasarkan setting kelembapan tanah, ataupun secara manual dari Smartphone. Server dan aplikasi yang digunakan pada Smartphone sendiri menggunakan BLYNK, yang mana modul kontrolnya menggunakan ESP32. Pengkondisian lingkungan secara mikro dilakukan dengan menggunakan metode PID dalam hal kontrol suhu ruang pada *greenhouse*. [5][6]

## II. PENELITIAN TERKAIT

Pada penelitian [1] sistem multi-telemetri digunakan untuk memantau suhu udara pada *prototype greenhouse* yang dapat dilakukan dari tempat yang berbeda. Sistem ini melakukan proses pengambilan data suhu dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT11. Sedangkan untuk proses pengiriman data hasil sensor, digunakan modul WiFi ESP8266. Data hasil pembacaan sensor dikirim dari sensor node ke server dengan menggunakan protokol HTTP, selanjutnya data hasil pengiriman tersebut akan ditampilkan dalam bentuk aplikasi web. Pada penelitian [2] melakukan pemantauan parameter *greenhouse* dapat dipantau dengan menggunakan protokol komunikasi secara *wireless* dengan menggunakan *framework Things.io* yang terintegrasi dengan *website* dan menggunakan sensor DHT11 sebagai pemantau suhu.

Penelitian yang dilakukan oleh [3]. bertujuan untuk kontrol suhu dan memonitoring iklim mikro pada *greenhouse* berupa temperatur udara, kelembapan udara, kelembapan air, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Sensor yang digunakan peneliti untuk memonitoring semua parameter diatas dengan menggunakan DHT11, CC2530, SN-M114, dan LDR. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian tersebut adalah Arduino uno dengan bantuan ESP8266 sebagai modul

internet. Server yang digunakan untuk menampilkan data menggunakan BLYNK.

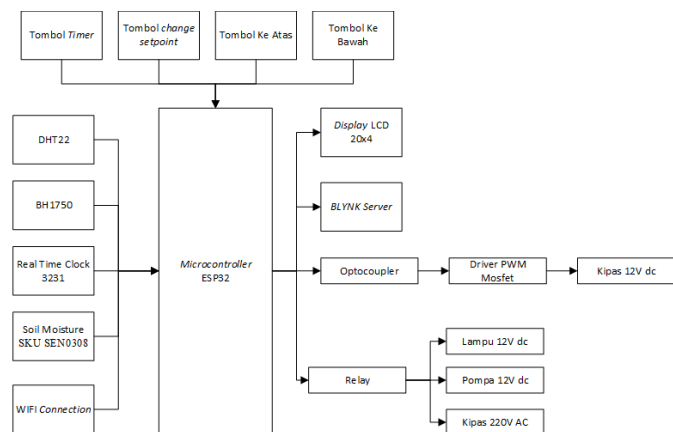
### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa macam alat sebagai pendukung sistem otomasi *greenhouse*, seperti Power Supply 12V dc, PCB Shield, Akrilik, Kipas 12V dc, Pompa Air 12V dc, Modul XL4005 Step Down, Led Strip 12V dc, Kipas Exhaust AC 220V, Relay 5V dc. Penulis juga menggunakan beberapa bahan dan komponen sebagai berikut ESP32 *Dev-kit*, sensor suhu & Kelembapan DHT22, sensor kelembapan tanah SKU SEN0308 [13], sensor cahaya BH1750, *datasheet* sensor dan mikrokontroler, BLYNK *Server*. [7][8]

#### B. Skema Pengontrolan Otomasi *Greenhouse*

Secara umum pengontrolan Otomasi *greenhouse* [9] dijalankan berdasarkan program utama yang telah dibuat, dan dieksekusi oleh board ESP32 *Dev-kit*. Sensor BH1750, soil moisture, dan DHT22 mempunyai peranya masing-masing dalam mendeteksi parameter-parameter di sekitar lingkungan *greenhouse*, Sehingga, memungkinkan pengontrolan *greenhouse* dengan baik dan akurat. Untuk aktuator, bekerja berdasarkan hasil dari pembacaan sensor, apabila mode otomatis yang dipilih. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1 berikut.

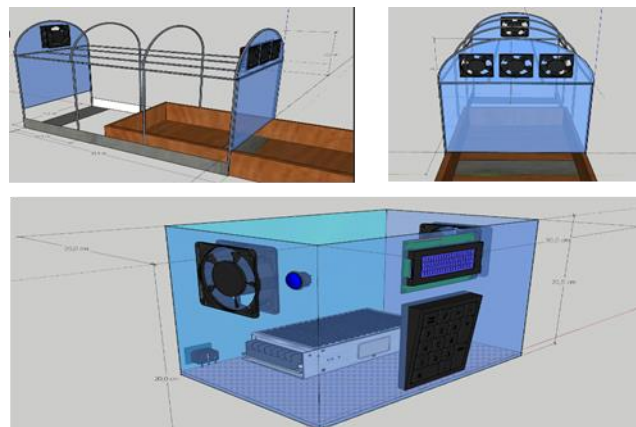


Gambar 1. Skema Pengontrolan Otomasi *Greenhouse*

Skema pada gambar 1 menjelaskan rancangan sistem pengontrolan Otomasi *greenhouse*. Sensor DHT 22 dan BH1750 akan dipasang dekat sisi penopang atap pada *greenhouse*. Pengoperasian diawali dengan LCD menampilkan beberapa menu utama. Pengguna diharuskan memilih mode operasi yang dijalankan *greenhouse*. Pada mode operasi terdapat 2 menu utama, yaitu otomatis dan manual. Menu otomatis memungkinkan pengguna memasukkan set point terkait suhu *greenhouse*, dan set point untuk kelembapan tanah. Hasil dari pembacaan sensor tersebut akan diolah oleh mikrokontroler dan langsung ditampilkan di LCD maupun pada aplikasi BLYNK pada Smartphone. Sensor kelembapan tanah akan ditanam ditahan dekat dengan tumbuhan. Nilai pembacaan sensor kelembapan tanah ini akan menjadi acuan atau set point untuk mode otomatis dalam melakukan penyiraman. Sensor BH1750 juga digunakan, yang berfungsi untuk memonitoring atau

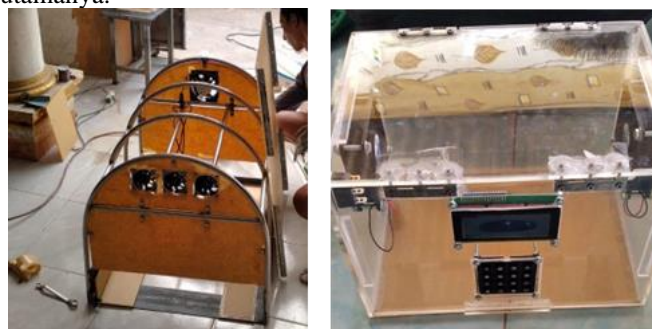
mendeteksi intensitas cahaya pada lingkungan *greenhouse*. Pada rancangan prototype otomasi *greenhouse* ini menggunakan 1 strip led sebagai sumber cahaya pada *greenhouse*. 5 buah kipas DC dengan penggunaan 2 buah kipas untuk pendingin pada sisi control panel dan 3 buah sebagai blower untuk menurunkan suhu ketika suhu [10] yang terdeteksi melebihi set point, 1 buah kipas AC sebagai sistem exhaust pada *greenhouse*, dan 1 buah motor pompa DC sebagai alat untuk menyiram tanaman dengan metode sprayer.

#### C. Perancangan Sistem Perangkat Keras dan Lunak



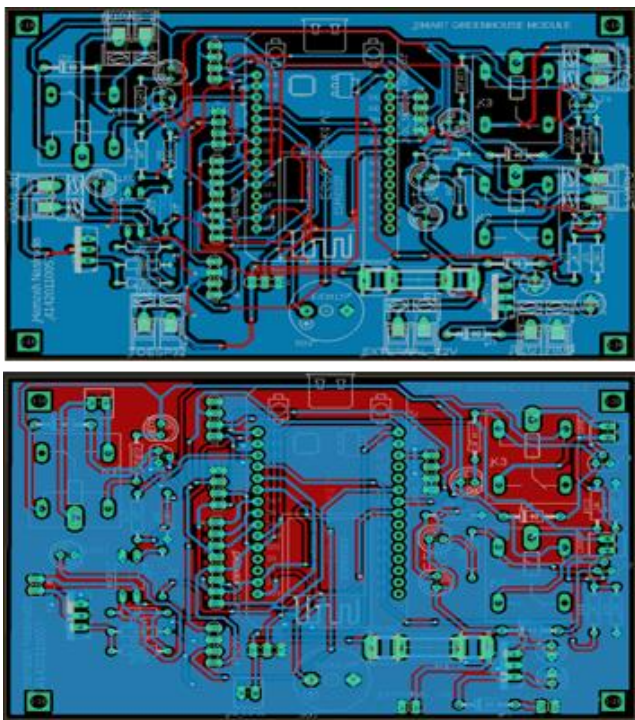
Gambar 2. Desain prototype Otomasi *greenhouse* dan control panel

Gambar 2 merupakan desain dari alat yang akan dibuat, selain dari desain *greenhouse* sendiri, dibuat juga untuk *control panel* sebagai tempat mikrokontroler dan sistem pengkabelan terkait sensor yang akan dipasang pada *greenhouse*. Setelah desain tersebut di evaluasi, kemudian masuk pada tahap implementasi dari desain yang ada. Pembuatan *greenhouse* menggunakan pipa stainless dan akrilik sebagai bahan utamanya.



Gambar 3. Hasil dari Desain Prototype *Greenhouse*

Gambar 3 menunjukkan penggunaan akrilik yang diperuntukan bagi *cover* luar dari *control panel* dan dinding depan dari *greenhouse*. Secara dimensi diharapkan *prototype greenhouse* ini mampu menampung 5- 6 tumbuhan jenis sawi dengan jarak antar tumbuhan yaitu 10 cm. Pembuatan rangkaian tersebut kemudian di pindahkan ke mode board untuk dilakukan proses routing agar jalur PCB tertata dengan rapi sebelum masuk tahap pencetakan. Gambar di bawah ini merupakan hasil dari *routing* yang telah dilakukan.



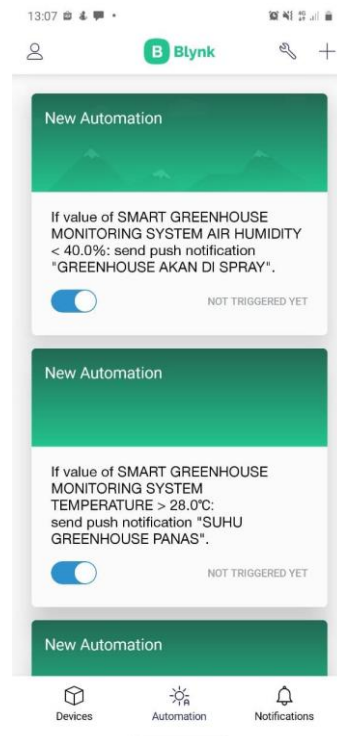
Gambar 4. Hasil Dari Routing Rangkaian Schematic

Pembuatan rangkaian tersebut kemudian di pindahkan ke *mode board* untuk dilakukan proses *routing* agar jalur PCB tertata dengan rapi sebelum masuk tahap pencetakan. Pembuatan server dilakukan melalui *website* BLYNK [11][12] dengan menginalisasikan data dan membuat *datastream* terkait sensor yang digunakan. Setelah dilakukanya inisialisasi, maka pin virtual pada *datastream* dapat digunakan pada halaman pengaturan interface pada aplikasi BLYNK *Smartphone*. [14]



Gambar 5. Interface Otomasi *Greenhouse Monitoring System*

Langkah terakhir terkait pembuatan perangkat lunak pada aplikasi BLYNK adalah melakukan automasi terkait notifikasi operasi dari setiap sistem. Pembuatan automasi notifikasi tersebut dilakukan pada halaman automation pada aplikasi BLYNK pada *Smartphone*.



Gambar 6. Pembuatan sub automasi notifikasi sistem

#### IV. HASIL DAN ANALISA

Pembacaan temperature pada otomasi *greenhouse* menggunakan sensor DHT22 yang telah terkalibrasi menggunakan alat ukur yang membaca temperature dan humidity yang sesuai dengan parameter lingkungan, sedangkan pembacaan untuk kelembapan tanah menggunakan sensor SKU SEN0308 yang sudah mempunyai fitur *waterproof*. Kalibrasi DHT22 dilakukan dengan membandingkan hasil ukur dari alat yang terpasang di *greenhouse* dengan alat ukur pembeding. Tabel 4.1 adalah hasil dari selisih pengukuran dari alat ukur terpasang dan hasil dari pengukuran alat ukur pembeding. Dari data error tersebut kemudian didapatkan rata-rata *error temperature* dan *humidity*.

Tabel 1. Hasil Perbandingan Sensor Terpasang dan Sensor Pembeding

| Alat Ukur | Parameter   | Error Hasil vs Waktu Pengukuran |         |         |         |         |         | Rerata Total Error |
|-----------|-------------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
|           |             | Error 1                         | Error 2 | Error 3 | Error 4 | Error 5 | Error 6 |                    |
| DHT22     | Temperature | 3,42%                           | 2,58%   | 2,15%   | 1,96%   | 0,4%    | 1,49%   | 2,4%               |
| DHT22     | Humidity    | 0,74%                           | 0,68%   | 0,73%   | 0,22%   | 0,91%   | 1,12%   | 0,58%              |

Perhitungan *error* per-sampling dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Error = \frac{Hasil\ Terukur - Nilai\ Pembanding}{Nilai\ Pembanding} \times 100\% \quad (1)$$

Sedangkan perhitungan rata-rata total error menggunakan rumus berikut :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{N} \quad (2)$$

Keterangan :

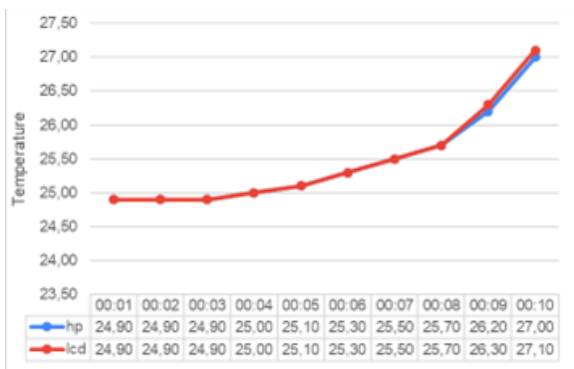
$\bar{X}$  = Rata – rata total error

$X_1$  = Data error 1

$X_2$  = Data error 2

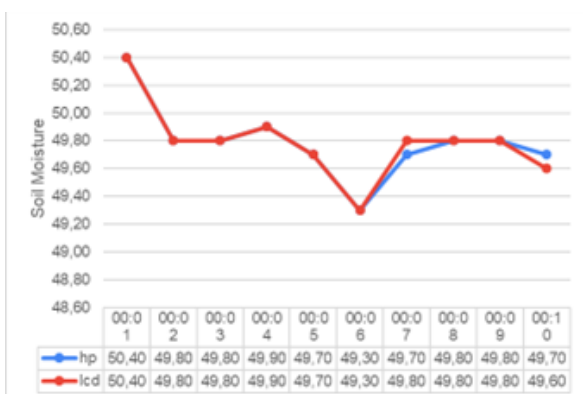
$X_n$  = Data error jumlah ke-n

Pengujian *monitoring* parameter kerja yang ada pada otomasi *greenhouse* dilakukan dengan akses melalui *Smartphone*, yang menggunakan aplikasi BLYNK. *Monitoring* parameter lingkungan *Greenhouse* dilakukan secara *real time*, yang artinya penunjukan lokal (LCD) dengan penunjukan melalui *Smartphone* di *update* secara terus menerus. Sampling data dilakukan setiap detik. Pengambilan data setiap detik dilakukan agar perubahan data terlihat jelas sesuai dengan yang terjadi di lingkungan *greenhouse*. Gambar 4.8 merupakan grafik penunjukan lokal (LCD) panel dan penunjukan pada *interface Smartphone*.



Gambar 7. Hasil Pengujian Monitoring Suhu

Grafik diatas menunjukkan bahwa perbedaan yang didapat tidak terlalu signifikan, dan membuktikan bahwa nilai yang *monitoring* dilakukan secara *real time*.



Gambar 8. Hasil Pengujian Monitoring Kelembapan Tanah

Pengujian aktuator pada *greenhouse* dilakukan bersamaan dengan pengujian *monitoring* parameter pengaruh kerja aktuator. Pada mode otomatis, aktuator bekerja berdasarkan *setpoint* yang diinginkan dengan memasukkan *setpoint* untuk parameter tertentu.



Gambar 9. Tampilan LCD Pengaturan Setpoint

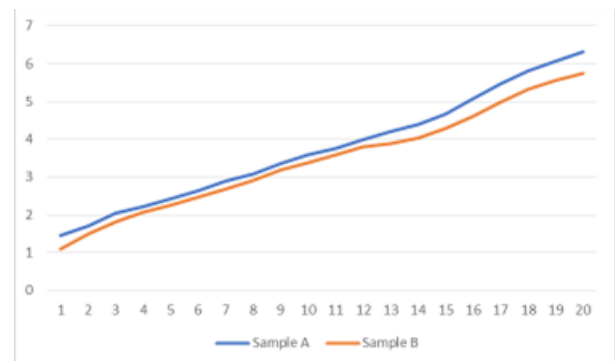
Kemudian, error untuk setiap uji coba aktuator dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$(\%) = \frac{Total\ Data\ error}{Total\ Data} \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 2. Kinerja Otomatisasi Aktuator Greenhouse Mode Otomatis

| Sensor      | Parameter        | Nilai Syarat        | Aksi Aktuator Pada Plant | Kesesuaian Kinerja | Keterangan             |
|-------------|------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
| DHT22       | Suhu             | $\leq 27^{\circ}$   | Kipas = OFF              | Sesuai             |                        |
|             |                  | $> 27^{\circ}$      | Kipas = ON               |                    |                        |
| BH1750      | Cahaya           | $\leq 15\text{ lx}$ | Lampu = ON               | Sesuai             | Rerata pada jam 18:00  |
|             |                  | $> 15\text{ lx}$    | Lampu = OFF              |                    |                        |
| SKU SEN0308 | Kelembapan Tanah | $\leq 67\%$         | Pompa = ON               | 100%               | Setpoint dapat dirubah |
|             |                  | $> 67\%$            | Pompa = OFF              |                    |                        |

Pengujian kontrol PID dilakukan untuk mendapatkan dan mengetahui respon dari PID kontroler yang telah dituning pada set point suhu yang ditetapkan.



Gambar 10. Grafik Respon Sistem Dengan Set Point 27°C

Berdasarkan grafik data yang ditunjukkan gambar diatas, didapatkan bahwa dengan menggunakan kontroler PID dengan besar  $K_p = 1$ ;  $K_i = 0,3$ , dan  $K_d = 6$  sistem memberikan performa yang cukup baik, dengan pengaturan *set point* pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$  yang di-monitor dari suhu awal  $30,6^{\circ}\text{C}$ . Hasil *rise time* dapat dicapai setelah 107 detik. Performa *rise time* pada sistem termasuk baik mengingat suhu merupakan variabel yang berubah-ubah pada selang waktu yang cukup lambat. Sedangkan *Over shoot* yang terjadi pada sistem pun tidak terlalu tinggi yaitu di sekitar  $27,5^{\circ}\text{C}$  atau sekitar  $1,85\%$  (*percent overshoot*). *Over shoot* yang terjadi masih masuk pada toleransi dari nilai *set point greenhouse*.

$$Y = \bar{x}(d_1 + d_2 + \dots + d_n) \tag{4}$$

Tabel 3. Tabel Ketinggian Rata-Rata Sample Tanaman Pakcoy

| Hari ke- | Rata-Rata Sample A1-A6 (cm) | Rata-Rata sample B1-B6 (cm) | Hari ke- | Rata-Rata Sample A1-A6 (cm) | Rata-Rata sample B1-B6 (cm) |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1        | $\pm 0,05$                  | $1,10 \pm 0,05$             | 11       | $3,76 \pm 0,05$             | $3,58 \pm 0,05$             |
| 2        | $2,03 \pm 0,05$             | $1,50 \pm 0,05$             | 12       | $4,00 \pm 0,05$             | $3,80 \pm 0,05$             |
| 3        | $2,05 \pm 0,05$             | $1,81 \pm 0,05$             | 13       | $4,21 \pm 0,05$             | $3,88 \pm 0,05$             |
| 4        | $2,21 \pm 0,05$             | $2,06 \pm 0,05$             | 14       | $4,40 \pm 0,05$             | $4,03 \pm 0,05$             |
| 5        | $2,43 \pm 0,05$             | $2,25 \pm 0,05$             | 15       | $4,60 \pm 0,05$             | $4,28 \pm 0,05$             |
| 6        | $2,63 \pm 0,05$             | $2,46 \pm 0,05$             | 16       | $5,08 \pm 0,05$             | $4,61 \pm 0,05$             |
| 7        | $2,90 \pm 0,05$             | $2,68 \pm 0,05$             | 17       | $5,50 \pm 0,05$             | $4,98 \pm 0,05$             |
| 8        | $3,08 \pm 0,05$             | $2,91 \pm 0,05$             | 18       | $5,80 \pm 0,05$             | $5,33 \pm 0,05$             |
| 9        | $3,36 \pm 0,05$             | $3,18 \pm 0,05$             | 19       | $6,06 \pm 0,05$             | $5,55 \pm 0,05$             |
| 10       | $3,58 \pm 0,05$             | $3,38 \pm 0,05$             | 20       | $6,31 \pm 0,05$             | $5,75 \pm 0,05$             |

Keterangan :

Y = Total ketinggian tanaman

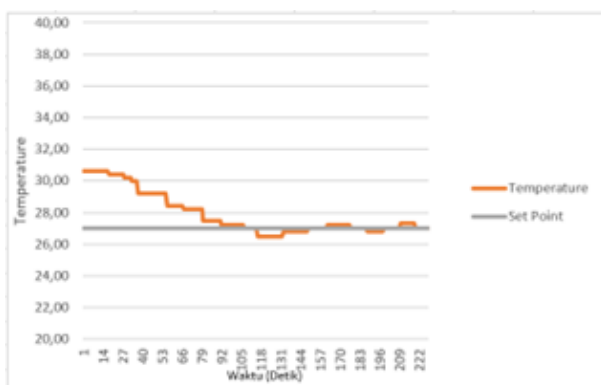
$\bar{x}$  = Rata – rata ketinggian

$d_1$  = Tinggi tanaman hari ke-satu

$d_2$  = Tinggi tanaman hari ke-dua

$d_n$  = Tinggi tanaman hari ke-n

Tabel 3 merupakan tabel ketinggian rata-rata dari tanaman PakCoy sample A dan B yang masing-masing berjumlah 6 tanaman dalam 1 media tanam. Pada gambar 4.24 merupakan grafik perbandingan dari rata-rata setiap *sample* selama 20 hari. Pada gambar 4.24 terdapat 2 garis berwarna, warna biru dan oranye untuk masing-masing adalah tanaman pakcoy *sample A* (A1-A6) dan *sample B* (B1-B6).



Gambar 11. Grafik Rata-Rata Ketinggian Tanaman Pakcoy Sample A Dan B

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian keseluruhan sistem Otomasi Greenhouse, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian integrasi dan monitoring data otomasi greenhouse menggunakan BLYNK berhasil dilakukan, dan menghasilkan pembacaan pada smartphone dengan pembacaan setiap parameter lingkungan otomasi greenhouse (suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya) yang sama dan realtime dengan yang dibaca mikrokontroler dengan tampilan LCD lokal.
2. Pengujian aktuator pada sistem otomasi greenhouse telah sesuai dengan syarat kerja masing-masing aktuator, mulai dari pengujian kipas, kinerja lampu, dan pompa,
3. Pengujian kustomisasi timer pada mode penyiraman, dan mode manual melalui smartphone serta otomatis.
4. Pengujian sistem PID pada alat berhasil diterapkan dan dapat mengatur suhu lingkungan greenhouse yang konstan pada set point  $27^{\circ}\text{C}$  dengan nilai PWM 120 dengan respon yang relatif cepat, yang mana *rise time* pada set point  $27^{\circ}\text{C}$  dapat dicapai dalam waktu 107 detik, dengan overshoot  $27,5^{\circ}\text{C}$  atau sekitar  $1,85\%$  (*percent overshoot*).
5. Berdasarkan hasil pemantauan selama 20 hari terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy yang menggunakan media tanam greenhouse pada sample
6. A lebih tinggi dibandingkan sample B dengan nilai masing-masing sebesar  $3,76\text{cm} \pm 0,05$  dan  $3,46\text{cm} \pm 0,05$

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini dituliskan ucapan terima kasih terhadap pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini serta ucapan terima kasih terhadap tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. S. Nida, M. Faiqurahman, and Z. Sari, "Prototype Sistem Multi-Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu Udara Berbasis Mikrokontroler ESP8266 Pada Greenhouse - UMM Institutional Repository," *Umm.ac.id*, Aug. 2017, doi: <https://eprints.umm.ac.id/37428/19/Peer%20Review%20-%20Faiqurahman%20-%20Telemetry%20Wireless%20ESP8266%20DHT11%20Greenhouse.pdf>.
- [2] Saw and Win Sandar Aung, "Monitoring and Controlling Device for Smart Greenhouse by using Thingier.io IoT Server," *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, vol. Volume-3, no. Issue-4, Jun. 2019.
- [3] S. N. S. Al-Humairi, P. Manimaran, M. I. Abdullah and J. Daud, "A Smart Automated Greenhouse: Soil Moisture, Temperature Monitoring and Automatic Water Supply System (Peaty, Loam and Silty)," 2019 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technologies (CSUDET), 2019, pp. 111-115, doi: 10.1109/CSUDET47057.2019.9214661.
- [4] H. Andrianto, Suhardi and A. Faizal, "Development of Smart Greenhouse System for Hydroponic Agriculture," 2020 International Conference on

- Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), 2020, pp. 335-340, doi: 10.1109/ICITSI50517.2020.9264917.
- [5] Y. Hirsch, L. Rinehart and Y. Goldenberg, "Applications of digital PWM integrated circuits," 1986 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 1986, pp. 171-177, doi: 10.1109/APEC.1986.7073333.
- [6] M. T. Ismail, M. N. Ismail, S. S. Sameon, Z. M. Zin and N. Mohd, "Wireless Sensor Network: Smart greenhouse prototype with smart design," 2016 2nd International Symposium on Agent, Multi-Agent Systems and Robotics (ISAMSR), 2016, pp. 57-62, doi: 10.1109/ISAMSR.2016.7810003.
- [7] G. M. Kurian, P. A. Jeyanthi, D. Devaraj and P. G. Anilkumar, "RTC Based Solar Power Multi-Level Inverter," 2018 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2018, pp. 1875-1880, doi: 10.1109/ICACCI.2018.8554496.
- [8] S. Muryani, and S. Sumariyah, "Aplikasi Modul Sensor Cahaya Gy-302 BH1750 Dan Sensor Jarak Ultrasonik Hc-Sr04 Pada Eksperimen Fotometer Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *BERKALA FISIKA*, vol. 23, no. 4, pp. 142-150, Nov. 2020.
- [9] S. Pandey and A. Pandey, "Greenhouse Technology", *Int. J. Res. Granthaalayah*, vol. 3, no. 9SE, pp. 1-3, Sep. 2015.
- [10] H. S. Nida, M. Faiqurahman, and Z. Sari, "Prototype Sistem Multi-Telemetri Wireless Untuk Mengukur Suhu Udara Berbasis Mikrokontroler ESP8266 Pada Greenhouse", *KINETIK*, vol. 2, no. 3, pp. 217-226, Jul. 2017.
- [11] S. M. Rezvani *et al.*, "IoT-Based Sensor Data Fusion for Determining Optimality Degrees of Microclimate Parameters in Commercial Greenhouse Production of Tomato," *Sensors*, vol. 20, no. 22, p. 6474, Nov. 2020, doi: 10.3390/s20226474.
- [12] A. Sofwan, S. Sumardi, A. I. Ahmada, I. Ibrahim, K. Budiraharjo and K. Karno, "Smart Greetthings: Smart Greenhouse Based on Internet of Things for Environmental Engineering," 2020 International Conference on Smart Technology and Applications (ICoSTA), 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICoSTA48221.2020.1570614124.
- [13] A. Zarnescu, R. Ungurelu and G. Varzaru, "Controlling the Temperature and Humidity in a Greenhouse," 2019 IEEE 25th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), 2019, pp. 168-171, doi: 10.1109/SIITME47687.2019.8990886.
- [14] J. Andika, E. Permana, and S. Attamimi, "Perancangan Sistem Otomatisasi dan Monitoring Perangkat Perawatan Tanaman Hias Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 2, pp. 100-107, 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i2.007.