



Perancangan Sistem Pemberi Pakan Ikan Komet Menggunakan Mikrokontroler Nodemcu Esp32 Berbasis *Internet Of Things (Iot)* Pada Aplikasi BLYNK

Muhammad Hendri¹

¹Universitas Sapta Mandiri, Balangan, Kalimantan Selatan, Indonesia

Diajukan: 10 November 2025; **Diterima:** 12 November 2025 ; **Diterbitkan:** 17 Desember 2025

ABSTRACT

This study This research aims to design an Internet of Things (IoT)–based automatic fish feeding system for comet fish using NodeMCU ESP32 integrated with the Blynk application for remote monitoring. The study adopts a Research and Development (R&D) approach including needs analysis, system design, hardware assembly, software programming, functional testing, and evaluation. The system uses an ultrasonic sensor to detect feed levels, RTC for automated scheduling, and a servo motor for feeding mechanisms. The system successfully dispensed feed according to schedule, enabled manual/automatic feeding through Blynk, and provided real-time feed level monitoring. Testing results indicate accurate sensor readings, stable servo movement, and reliable IoT connectivity. The integration of ESP32, RTC, servo motor, and ultrasonic sensor into a compact IoT feeding module provides a more efficient and low-cost solution compared to conventional designs. This system supports fish keepers and small-scale aquarium businesses in maintaining consistent feeding schedules and reducing the risk of overfeeding.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemberi pakan ikan komet berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan *NodeMCU ESP32* yang terintegrasi dengan aplikasi *Blynk* untuk monitoring jarak jauh. Penelitian menggunakan pendekatan R&D melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, perakitan *hardware*, pemrograman *software*, pengujian fungsional, dan evaluasi. Sistem memanfaatkan sensor *ultrasonik* untuk membaca kapasitas pakan, *RTC* untuk penjadwalan otomatis, dan motor *servo* untuk mekanisme pemberian pakan. Sistem mampu memberikan pakan sesuai jadwal, melakukan *feeding* manual dari *Blynk*, serta menampilkan status pakan secara *real time*. Hasil pengujian menunjukkan sensor akurat, *servo* stabil, dan konektivitas *IoT* berjalan baik. Integrasi *ESP32*, *RTC*, *servo*, dan *ultrasonik* dalam satu modul *IoT* memberikan solusi yang lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan sistem serupa sebelumnya. Sistem mendukung konsistensi pemberian pakan, memudahkan *monitoring*, serta mengurangi risiko pakan berlebih atau terlambat.

Keywords : *Employee LOT, ESP32, BLYNK, Comet Fish, Automatic Feeder.*

PENDAHULUAN

Pemeliharaan ikan hias, khususnya ikan komet (*Carassius auratus*), membutuhkan manajemen pakan yang baik agar pertumbuhan ikan optimal dan kualitas air tetap terjaga. Pemberian pakan yang tidak tepat, baik dari segi frekuensi maupun jumlah, menjadi penyebab utama turunnya kualitas air dan meningkatnya risiko penyakit pada ikan (Iskandar dkk., 2024). Pada praktiknya, pemberian pakan manual masih menjadi metode dominan yang digunakan pemilik toko ikan dan penghobi, namun metode ini memiliki berbagai keterbatasan seperti jadwal yang tidak konsisten, takaran pakan yang tidak terukur, serta ketergantungan terhadap keberadaan manusia.

Seiring berkembangnya teknologi digital, konsep *Internet of Things (IoT)* telah memberikan kemudahan dalam otomasi berbagai aktivitas rumah tangga dan industri. *IoT* memungkinkan perangkat untuk saling terhubung, bertukar data, serta menerima perintah secara jarak jauh menggunakan jaringan internet (Adyatma et al., 2025). Dalam konteks akuakultur, *IoT* telah digunakan untuk berbagai tujuan seperti monitoring kualitas air, pengendalian pemberian pakan, hingga pencatatan pertumbuhan ikan secara otomatis (Sugiarto dkk., 2024).

Meskipun demikian, sebagian besar alat pakan otomatis yang telah dikembangkan sebelumnya cenderung menggunakan platform seperti *Arduino Uno* atau *Raspberry Pi* yang memiliki keterbatasan tertentu, baik dari segi biaya, konsumsi daya, maupun fleksibilitas konektivitas (Khairunisa dkk., 2021). *NodeMCU ESP32* hadir sebagai solusi yang lebih efisien karena memiliki *Wi-Fi* dan *Bluetooth* bawaan, prosesor ganda, serta kemampuan pemrograman yang lebih fleksibel.

Selain itu, penelitian sebelumnya umumnya fokus pada ikan konsumsi berskala besar seperti ikan nila atau lele, sementara penelitian mengenai otomasi pemberian pakan ikan hias skala kecil rumah tangga masih terbatas. Padahal, ikan hias memiliki kebutuhan pemberian pakan yang berbeda serta memerlukan kontrol takaran yang lebih presisi agar kualitas air tetap stabil.

Pada penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem pemberi pakan otomatis berbasis *NodeMCU ESP32* yang dikombinasikan dengan sensor ultrasonik untuk mendeteksi sisa pakan, motor servo sebagai mekanisme pembuka wadah, serta modul *RTC (Real-Time Clock)* sebagai pengatur waktu penjadwalan pakan. Aplikasi Blynk digunakan sebagai antarmuka *IoT* untuk memberikan perintah jarak jauh sekaligus *monitoring* kapasitas pakan secara *real time*.

Dengan inovasi ini, penelitian diharapkan mampu:

1. Menyediakan solusi otomasi pakan yang lebih akurat dan konsisten.
2. Mengurangi ketergantungan pada kehadiran manusia.
3. Meningkatkan efisiensi pemeliharaan ikan dan menekan biaya operasional.
4. Memberikan kontribusi bagi pengembangan otomasi akuarium skala rumah dan toko kecil.

METODE

Pengembangan *prototipe*, yang merupakan pendekatan efektif dalam menghasilkan produk teknologi yang dapat diuji, dievaluasi, dan diperbaiki secara berulang hingga mencapai performa optimal (Sugiyono, 2017). Penelitian ini menggunakan *metode Research and Development (R&D)* dengan model 2019; (Creswell & Creswell, 2018). Pemilihan metode ini didasarkan pada

kebutuhan penelitian untuk menghasilkan perangkat otomatisasi pemberian pakan ikan yang tidak hanya berfungsi, tetapi juga memenuhi aspek keandalan, kemudahan penggunaan, dan integrasi dengan teknologi *Internet of Things (IoT)*.

Tahap analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi lapangan di Barokah Akuarium dan wawancara mendalam dengan pemilik usaha. Pada tahap ini ditemukan beberapa permasalahan utama, yaitu ketidak teraturan pemberian pakan akibat keterbatasan waktu pemilik, ukuran pakan yang tidak konsisten, ketiadaan sistem pemantauan sisa pakan, serta ketergantungan pemilik untuk hadir langsung saat pemberian pakan. Temuan ini sejalan dengan penelitian João Reis (2020) yang menunjukkan bahwa sistem pemberian pakan manual berpotensi menurunkan efisiensi dan kualitas pemeliharaan. Oleh karena itu, kebutuhan terhadap alat pemberian pakan otomatis yang terjadwal, konsisten, dan dapat dipantau secara *real time* menjadi semakin jelas.

Tahap perancangan perangkat keras berfokus pada penyusunan rangkaian elektronik dengan komponen utama *Node MCU ESP32* sebagai pusat kontrol yang mendukung konektivitas *IoT* berdaya rendah (Sunny dkk., 2021). Sensor *Ultrasonik HC-SR04* digunakan untuk mendeteksi ketinggian sisa pakan secara presisi, sementara *Motor Servo SG90* difungsikan sebagai aktuator dalam mekanisme pembukaan selongsong pakan. Modul waktu *RTC DS3231* dipilih untuk memastikan jadwal pemberian pakan tetap berjalan meskipun koneksi internet tidak stabil. Seluruh komponen mekanik, termasuk wadah pakan dan rangkaian pengeluaran pakan, dirancang agar mekanisme distribusi pakan berlangsung stabil dan terukur. Sumber daya yang digunakan adalah *catu daya 5V* yang kompatibel dengan seluruh komponen.

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan *Arduino IDE* untuk pemrograman *ESP32*. Integrasi *IoT* menggunakan *Library Blynk*, yang memfasilitasi komunikasi *real time* antara perangkat dan aplikasi pengguna. Selain itu, *Library RTC* digunakan untuk konfigurasi waktu, serta pengkodean mekanisme *servo* dan sensor *ultrasonik*. Pada tahap ini, *algoritma* penghitungan kapasitas pakan dan logika pemberian pakan otomatis disusun berdasarkan perubahan ketinggian wadah yang dibaca sensor. Penyusunan diagram alir sistem dilakukan untuk menggambarkan hubungan dan alur komunikasi antara sensor, *RTC*, *servo*, dan *ESP32* secara sistematis, sebagaimana direkomendasikan dalam pengembangan sistem berbasis *IoT* (Chiu dkk., 2022).

Pada tahap implementasi, seluruh komponen perangkat keras dirakit sesuai rancangan wiring. Setelah itu, program diunggah ke *ESP32* dan dilakukan integrasi antara *hardware* dan *software*. Implementasi juga mencakup konfigurasi *Blynk Cloud* serta penghubungan perangkat dengan jaringan *Wi-Fi* lokal. Proses ini memastikan bahwa sistem dapat menjalankan perintah manual, otomatis, serta pengiriman data kapasitas pakan secara sinkron.

Pengujian dilakukan melalui beberapa tahap. Pengujian fungsional menggunakan teknik *blackbox* untuk memastikan setiap fungsi bekerja sesuai input yang diberikan. Pengujian *servo* dilakukan untuk memastikan kestabilan dan konsistensi bukaan pakan. Sementara itu, pengujian sensor *ultrasonik* menilai akurasi pembacaan ketinggian pakan dalam berbagai kondisi. Selain itu, pengujian konektivitas *IoT* dilakukan untuk mengevaluasi keandalan pengiriman perintah manual maupun otomatis, serta kestabilan integrasi dengan *Blynk Cloud*. Pengujian penjadwalan *RTC* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem tetap menjalankan jadwal pemberian pakan meskipun koneksi internet terputus, sebagaimana disarankan dalam penelitian sistem otomatisasi berbasis *RTC* (Telsang dkk., 2025).

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai kebutuhan, namun beberapa aspek memerlukan penyempurnaan, seperti kalibrasi tepat untuk takaran pakan, stabilisasi sudut *servo* untuk mengurangi ketidakkonsistenan bukaan, serta optimasi jeda (*delay*) agar respons *servo* lebih halus. Tahap penyempurnaan ini penting karena keberhasilan *prototipe* bergantung pada proses perbaikan bertahap berdasarkan temuan uji coba (Wardhana dkk., 2025).

HASIL

Bagian hasil penelitian ini menyajikan temuan-temuan utama yang diperoleh dari proses perancangan, pengujian, dan evaluasi sistem pemberi pakan ikan otomatis berbasis *NodeMCU ESP32*. Setiap komponen diuji secara terpisah dan integratif untuk memastikan sistem bekerja sesuai harapan.

Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan, seluruh komponen telah dirakit dan dikonfigurasi sehingga membentuk satu sistem terpadu. *ESP32* berperan sebagai pusat pengolah data dan pengendali perangkat. Sensor *ultrasonik* memberikan input berupa jarak sisa pakan, *servo* berfungsi sebagai penggerak mekanik pembuka wadah, sedangkan *RTC* memastikan bahwa sistem dapat melakukan feeding otomatis tepat waktu.

Secara keseluruhan, sistem bekerja dengan integrasi yang baik. Aplikasi *Blynk* menambah fleksibilitas bagi pengguna karena dapat mengontrol alat dari mana saja dan memantau kapasitas pakan secara *real-time*.

Standar Takaran Pakan Ikan Komet

Standar takaran pakan digunakan untuk menentukan berapa banyak pakan yang seharusnya dikeluarkan *servo* dalam setiap siklus feeding.

Tabel 1. Standar Takaran Pakan Ikan Komet Berdasarkan Berat Ikan

Berat Ikan	Takaran (gram)	Sendok Teh	Keterangan
100 g	2–3 g	1–1.5 sdt	Ikan kecil
200 g	4–6 g	2–3 sdt	Ukuran menengah
300 g	6–9 g	3–4.5 sdt	Stabil
400 g	8–12 g	4–6 sdt	Hindari <i>overfeeding</i>
500 g	10–15 g	5–7.5 sdt	Akuarium besar

Tabel 1 menjadi dasar kalibrasi jumlah pakan yang harus dilepaskan sistem. Takaran dihitung berdasarkan berat total ikan, dengan kisaran 2–3% dari berat tubuh. Dengan ini, sudut bukaan *servo* dapat disesuaikan dengan jumlah ikan dalam akuarium untuk mencegah *overfeeding* yang menyebabkan turunnya kualitas air.

Pengujian Motor Servo

Tabel 2. Pengujian Kinerja Servo

Sudut	Pakan Keluar	Stabilitas	Keterangan
20°	0.8 g	±0.2	Tidak stabil
25°	1.1 g	±0.15	Stabil
30°	1.4 g	±0.1	Rekomendasi
35°	1.7 g	±0.2	Cenderung berlebih
40°	2.1 g	±0.3	Terlalu banyak

Dari hasil pengujian, sudut bukaan 30° menghasilkan jumlah pakan paling stabil. Ini menunjukkan bahwa pergerakan *servo* pada sudut ini sesuai dengan kebutuhan standar pakan ikan. Sudut di atas 35° menghasilkan pakan berlebih yang dapat menambah limbah pakan dan meningkatkan keruhnya air. Hal ini mendukung pentingnya penggunaan *servo* yang terkalibrasi baik untuk mencegah pemberian pakan berlebih.

Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik

Tabel 3. Pengujian Akurasi Sensor HC-SR04

Jarak Asli	Sensor	Error	Keterangan
5 cm	5.9 cm	+0.9	Baik
10 cm	10.7 cm	+0.7	Stabil
15 cm	15.9 cm	+0.9	Baik
20 cm	21.2 cm	+1.2	Sedikit tinggi
25 cm	26.1 cm	+1.1	Stabil

Pengujian menunjukkan bahwa sensor *ultrasonik* memiliki tingkat error yang relatif rendah, yaitu sekitar ±1 cm. Akurasi ini cukup untuk mendeteksi kapasitas sisa pakan pada wadah dengan ketinggian standar. Error kecil seperti ini wajar terjadi karena sensor *ultrasonik* dipengaruhi faktor pantulan suara dan kondisi permukaan pakan.

Pengujian IoT pada Aplikasi BLYNK

Tabel 4. Pengujian IoT

Pengujian	Respons	Status	Keterangan
Feeding manual	0.4 detik	OK	Cepat
Notifikasi low feed	0.7 detik	OK	Akurat
Data sensor	1 detik	Stabil	Terpengaruh Wi-Fi
Restart sistem	1.2 detik	OK	Baik

LOT dengan *BLYNK* bekerja sangat efektif. Respon feeding manual hanya memerlukan 0.4 detik, cukup cepat untuk memastikan pengguna memiliki kontrol penuh kapan pun dibutuhkan. Kestabilan ini sangat penting untuk menjaga integritas sistem otomasi dalam kondisi jaringan yang berubah-ubah.

Pengujian Penjadwalan *RTC*

Tabel 5. Pengujian *RTC*

Jadwal	Waktu Eksekusi	Deviasi	Ketepatan
07.00	07.00.03	+3 dtk	Sangat baik
12.00	12.00.02	+2 dtk	Baik
17.00	17.00.04	+4 dtk	Stabil
20.00	20.00.02	+2 dtk	Konsisten

RTC DS3231 menunjukkan deviasi waktu yang sangat kecil, yaitu 2–4 detik. Ini menunjukkan keandalan tinggi dalam menjaga jadwal pemberian pakan. *RTC* sangat penting karena *feeding* otomatis tetap dapat berjalan ketika koneksi *Wi-Fi* terganggu.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemberi pakan otomatis berbasis *IoT* dengan *ESP32* memberikan kinerja yang stabil dan akurat. Integrasi sensor *ultrasonik*, *servo*, dan *RTC* menunjukkan komposisi sistem yang efektif dalam memenuhi kebutuhan pemberian pakan ikan hias skala kecil.

Dari hasil pengujian *servo*, sudut 30° ditemukan sebagai bukaan ideal. Temuan ini mendukung literatur yang menyatakan bahwa *servo* bekerja paling stabil pada bukaan menengah dengan beban ringan, karena posisi tersebut menghasilkan distribusi mekanik yang seimbang. Dengan sudut ideal ini, alat dapat mengeluarkan pakan sesuai standar konsumsi ikan komet berdasarkan berat total.

Sensor *ultrasonik* bekerja dengan baik dalam mendeteksi sisa pakan. Meskipun memiliki error ± 1 cm, hal ini tidak mengganggu *monitoring*. Error kecil ini juga umum terjadi pada sensor ultrasonik karena pengaruh bentuk wadah, tekstur pakan, dan kondisi lingkungan.

Integrasi *IoT* menggunakan *Blynk* menunjukkan performa sangat responsif. Pengiriman data *real-time* dapat dilakukan dalam waktu <1 detik. Responsivitas tinggi ini memungkinkan pemilik ikan memantau kondisi pakan meski sedang tidak berada di lokasi. Kecepatan respon *Blynk* sangat relevan untuk sistem monitoring karena keputusan pengguna dapat diambil secara cepat.

RTC DS3231 menunjukkan ketepatan waktu yang sangat tinggi. Deviasi 2–4 detik termasuk kategori sangat baik untuk sistem berbasis *mikrokontroler*. Hal ini memastikan bahwa pemberian pakan selalu terjadi pada waktu yang tepat, bahkan saat koneksi internet tidak tersedia. Stabilitas ini menjadikan sistem lebih dapat diandalkan dibanding alat otomatis berbasis timer

konvensional.

Dengan demikian, keseluruhan sistem dinilai sudah mampu menggantikan metode pemberian pakan manual yang sering bermasalah seperti ketidakaturan jadwal, takaran tidak konsisten, dan tidak adanya *monitoring*. Sistem ini dapat menjadi solusi ideal bagi pemilik akuarium rumahan maupun usaha kecil yang membutuhkan otomatisasi praktis, stabil, dan mudah digunakan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemberi pakan ikan komet berbasis *NodeMCU ESP32* yang dilengkapi sensor ultrasonik, *servo* mekanis, dan *RTC DS3231* serta terhubung dengan aplikasi *Blynk* berbasis *Internet of Things (IoT)*. Sistem ini mampu memberikan pakan secara otomatis sesuai jadwal, memonitor sisa pakan secara *real time*, dan menerima perintah *feeding* manual dari pengguna melalui *smartphone*.

Pengujian *servo* menunjukkan bukaan optimal 30°, pengujian sensor menunjukkan akurasi tinggi dengan error ± 1 cm, dan pengujian *Blynk* menunjukkan kecepatan respon sangat cepat (< 1 detik). Selain itu, *RTC* memberikan penjadwalan yang sangat presisi dengan deviasi waktu minimal.

Dengan seluruh hasil ini, sistem *feeder* otomatis dinilai layak digunakan sebagai solusi bagi pemeliharaan ikan komet skala kecil. Selain mengurangi ketergantungan pada pemberian pakan manual, sistem juga meningkatkan efisiensi waktu, mengurangi risiko *overfeeding*, serta meningkatkan kualitas perawatan akuarium secara keseluruhan.

SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian ini memberikan beberapa rekomendasi yang dapat menjadi acuan pada tahap pengembangan berikutnya. Pertama, integrasi sensor kualitas air seperti sensor *pH*, suhu, dan *TDS* perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan kemampuan monitoring dan menjaga kondisi akuarium secara menyeluruh. Kedua, sistem akan lebih aman jika dilengkapi *Uninterruptible Power Supply (UPS)* mini sebagai sumber daya cadangan agar proses pemberian pakan tetap berjalan meskipun terjadi pemadaman listrik.

1. Penambahan Sensor Kualitas Air
Integrasi sensor *pH*, suhu, dan *TDS* akan meningkatkan fungsi *monitoring* dan menjaga kondisi akuarium secara menyeluruh.
2. Penambahan *UPS* atau Sistem Cadangan Daya
Sistem akan lebih aman jika dilengkapi *UPS* mini untuk menghindari kegagalan pemberian pakan saat listrik padam.
3. Kapasitas Wadah Pakan yang Lebih Besar
Untuk pengguna dengan jumlah ikan lebih banyak, wadah pakan perlu ditingkatkan volumenya.
4. Pengembangan Aplikasi Android Mandiri
Penggunaan aplikasi khusus dapat memberikan kontrol lebih luas dibanding *Blynk* yang memiliki batasan tertentu.
5. Menggunakan Sensor *Load Cell*
Sensor ini dapat dijadikan fitur tambahan untuk mengukur berat aktual pakan yang

keluar.

6. Uji Coba pada Spesies Ikan Berbeda

Karena setiap jenis ikan memiliki kebutuhan pakan berbeda, uji coba pada ikan lain seperti *koi mini*, *guppy*, atau *molly* akan memperluas penggunaan alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adyatma, P. N. A., Buana, P. W., & Suarjaya, I. M. A. D. (2025). Android-based multi-IoT fish feeding system: An end-to-end information system approach. *Matrix : Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 15(2), 87–101. <https://doi.org/10.31940/matrix.v15i2.87-101>
- Chiu, M.-C., Yan, W.-M., Bhat, S. A., & Huang, N.-F. (2022). Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models. *Journal of Agriculture and Food Research*, 9, 100357. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100357>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- Iskandar, A., Nurfauzi, E. H., Carman, O., Indriastuti, C. E., & Siregar, B. (2024). Optimizing goldfish hatchery of the oranda variety *Carassius auratus* to improve cultivation performance at BSD fish farm. *Nekton*, 4(2), 9–21. <https://doi.org/10.47767/nekton.v2i2.760>
- Khairunisa, K., Mardeni, M., & Irawan, Y. (2021). Smart Aquarium Design Using Raspberry Pi and Android Based. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(5), 368–372. <https://doi.org/10.18196/jrc.25109>
- Reis, J., Novriadi, R., Swanepoel, A., Jingping, G., Rhodes, M., & Davis, D. A. (2020). Optimalisasi otomatisasi pakan: Peningkatan sistem pengumpanan waktu dan sistem sesuai permintaan pada budidaya tambak semi intensif udang *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 519, 734759. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734759>
- Sugiarto, M. A. R., Muhtarom, M., & Asri, A. A. K. (2024). Implementasi Sistem Pemberian Pakan Ikan Hias Otomatis Menggunakan Esp32 Berbasis IoT (Internet of Things). *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 5(3), 2781–2791. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i3.1008>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sunny, A. I., Zhao, A., Li, L., & Kante Sakiliba, S. (2021). Low-Cost IoT-Based Sensor System: A Case Study on Harsh Environmental Monitoring. *Sensors*, 21(1), 214. <https://doi.org/10.3390/s21010214>
- Telsang, S., Prithviraj, R. J., Nilesh, J. H., Pratik, J. S., Prithviraj, D. J., Ravindra, J., & Ritesh, M. (2025). Home Automation System with Multiple Control Access Using IoT and RTC Module. Dalam A. Kumar, G. Iyer, U. Desai, & A. Kumar (Ed.), *Advances in Design and Automation* (hlm. 149–164). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-97-5621-6_12
- Wardhana, A. S., Ferdiansyah, M., & K, S. K. (2025). Desain dan Prototipe Integrasi IoT dalam Pertanian Hidroponik Cerdas Berbasis Energi Terbarukan. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 6(1), 105–114. <https://doi.org/10.35870/jimik.v6i1.1134>