

Implementasi IoT dalam Dukungan Kontrol Pakan Ternak Ikan

A. H. Aliandi¹, S.N.M.P. Simamora^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Infomatika, Institut Digital Ekonomi LPKIA Bandung

¹230434002@fellow.lpkia.ac.id, ^{2*}snmpsimamora@lpkia.ac.id

ABSTRAK

Terapan teknologi di berbagai bidang sudah banyak dirasakan manfaatnya oleh masyarakat luas. Transformasi cara kerja manual menjadi berbasis pada otomatisasi cukup bermanfaat dalam efisiensi dan efektivitas kerja. Salah satu contoh yang sangat bermanfaat untuk menggantikan mekanisme kerja manual pada budidaya ternak ikan; khususnya dalam pemberian pakan ikan. Siklus pemberian pakan ikan harus terjaga dan berjalan dengan teratur untuk mencegah penyakit yang bisa membuat ikan lambat dalam tumbuh-kembang. Dan lebih utama lagi dengan pengawasan yang baik akan mencegah tindakan kriminal seperti sabotase dan pencurian pada kolam atau tambak ikan. Pada penelitian ini telah dilakukan implementasi sistem otomatisasi berbasis IoT untuk pengontrolan pemberian pakan ternak ikan. Mikrokontroler yang digunakan ESP-32 yang telah dilengkapi dengan chip teknologi WiFi (Wireless Fidelity) sehingga dapat dikoneksikan dengan jaringan publik telekomunikasi. Hasil pengujian menunjukkan periode pemberian pakan sebanyak tiga kali yakni: pagi, siang, dan malam telah berhasil diterapkan. Demikian juga pengontrolan terhadap cadangan pakan juga telah berhasil diimplementasikan sehingga saat cadangan pakan telah berkurang di bawah batas ambang yang ditentukan, dikirimkan notifikasi kepada peternak untuk melakukan pengisian-ulang pada wadah. Dan dapat disimpulkan berdasar hasil wawancara dengan peternak bahwa terapan IoT pada usaha budidaya ternak ikan cukup terbantuan dan sangat mendukung, dimana sebelumnya pekerjaan harus dilakukan secara manual atau konvensional; namun setelah diterapkannya teknologi IoT, maka pekerjaan berjalan dengan efisien dan efektif.

Kata kunci: IoT, ESP-32, otomatisasi, mikrokontroler, efisien, efektif

The application of technology in various fields has greatly benefited the general public. The transformation from manual to automated work

processes has significantly improved efficiency and effectiveness. One particularly beneficial example is the replacement of manual labor in fish farming, especially in fish feeding. A regular feeding cycle is crucial to prevent diseases that can hinder fish growth and development. Moreover, proper monitoring can prevent criminal activities such as sabotage and theft from fish ponds. This research has implemented an IoT-based automation system to control fish feed. An ESP-32 microcontroller equipped with WiFi technology has been used to connect to public telecommunication networks. Testing results demonstrate the successful implementation of a three-time daily feeding schedule: morning, afternoon, and night. Additionally, feed inventory control has also been successfully implemented. When the feed supply falls below a predetermined threshold, a notification is sent to the farmer to refill the container. Based on interviews with farmers, it can be concluded that the application of IoT in fish farming has been very helpful and supportive. Previously, tasks had to be performed manually or conventionally. However, after the implementation of IoT technology, work processes have become more efficient and effective.

Kata kunci: IoT, ESP-32, automation, microcontroller, efficient, effective

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *internet* sudah memasuki konvergensi dengan bidang *hardware*, seperti *microcontroller* [1][2][3]. Bila awalnya *controller* terbatas *me-remote* sebuah beban dalam jangkauan *light-of-sight*-nya; maka dengan penerapan teknologi *internet* yakni *Internet of Things* (IoT), sebuah *devices* dapat dikendalikan bahkan *di-remote* pengoperasiannya [4][5]. Salah satunya juga terobosan terbaru pada bidang *protocol* komunikasi-data dan terutama sekali di bidang elektronika komputer [6][7][8].

Pekerjaan konvensional yang sebelumnya membutuhkan pengawasan langsung seperti pemberian pakan ternak

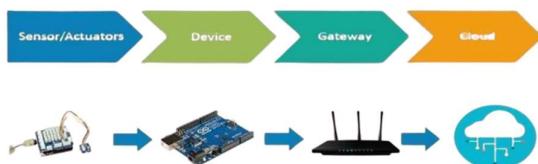
kadangkala tidak berjalan sesuai perencanaan dan ketentuan seperti jadwal kegiatan. Dan ini tentu menghasilkan nilai bias, tidak akurat [9][10]. Bila pemberian pakan sering tidak disiplin sesuai jadwal yang telah ditentukan, menyebabkan ternak yang dibudidayakan; misalkan ikan, tidak bisa maksimal pertumbuhannya. Dan hal ini tentu saja menyebabkan ternak rentan terserang penyakit. Bila ini tidak menjadi perhatian prioritas bisa menyebabkan penjualan jatuh dan petani merugi besar. Terlebih lagi dalam bisnis peternakan, resiko cukup tinggi mengalami kerugian; oleh alasan objek sebagai sasaran budidaya adalah kelompok organisme yang pasti membutuhkan perhatian yang teratur dan ketat dalam pengawasannya. Dan dengan terapan IoT pada mekanisme pemberian pakan, jadwal dipastikan berjalan dengan baik oleh sebab aktivitas yang berjalan telah terotomatisasi [4][5][11][12].

Keamanan tambak atau kolam ternak ikan juga perlu diamati untuk menghindari berbagai tindakan percobaan pencurian. Dan bila masih menggunakan cara manual; yakni mengawasi secara langsung, tentu tidak efektif dan tidak efisien. Beberapa terobosan positip telah banyak dilakukan dengan terapan *devices* berbasis *microcontroller* [13][14][15]. Salah satu dorongan penerapan sistem berbasis otomatisasi agar faktor ketidakteelitian *end-user*; umum diistilahkan dengan *human error*, dapat tertangani dengan baik. Dan dengan pengambil-alihan pekerjaan manual yang membutuhkan ketelitian dengan tingkat akurasi tertentu, akan menghindari berbagai persoalan yang menyebabkan kerugian yang tidak sedikit [15][16][17].

2. KERANGKA TEORITIS

2.1. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep dan terapan yang menghubungkan berbagai perangkat telekomunikasi dan aplikasi IT (*Information Technology*) di dalamnya, dengan tujuan untuk mendukung kegiatan bisnis dan bidang kerja lainnya; agar memudahkan proses aktivitas dan penyelesaian persoalan di organisasi/bisnis tersebut [1][16][18]. Dasar teknologi IoT terletak pada komponen utamanya yakni *dashboard* (sebagai data visualisasi), *microcontroller unit* (MCU), *sensor*, dan *actuator* seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [19][20].

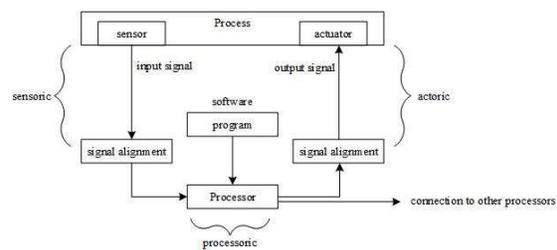


Gambar 1. Komponen utama IoT

Sumber: www.nrcmec.org

Saat ini *internet* telah ada di mana-mana, telah menyentuh hampir setiap sudut dunia; mempengaruhi kehidupan manusia dengan cara yang tak terbayangkan [1][16]. Dunia saat ini telah memasuki era konektivitas yang lebih luas dimana berbagai macam peralatan akan terhubung ke *web*. IoT telah menjangkau berbagai *end-user* yang berbeda untuk kebutuhan yang berbeda juga untuk area aplikasi IoT, seperti: Kota Pintar (dan wilayah), Mobil Pintar dan mobilitas, Rumah Pintar dan kehidupan berbantuan, Industri Cerdas, Keamanan publik, Energi & perlindungan lingkungan, Pertanian dan Pariwisata [2][3][4].

Integrasi sistem yang dibentuk berbasiskan teknologi IoT ini bekerja dengan cara menerapkan prinsip *digital*, dimana perubahan sensitivitas lingkungan di-*capture* oleh *sensor* dan dikirimkan kepada *actuator* untuk menjalankan operasi sesuai fungsi yang dimilikinya. *Sensor* merupakan suatu *devices* yang menangkap perubahan fisik lingkungan sekitar seperti: sentuhan, gerakan, suara, getaran, cahaya bahkan tekstur. Adapun *actuator* digunakan untuk mengaktualisasikan sinyal yang diterima *sensor* sehingga ada suatu *object* yang digerakan untuk melakukan sebuah operasi/pekerjaan [19][21]. Pada penelitian ini digunakan *sensor* Ultrasonik HC-SR04, dimana untuk mengubah besaran fisis yakni gelombang ultrasonik menjadi besaran listrik. Umum digunakan untuk mengukur jarak terhadap suatu *obstacle* tertentu [13][22].



Gambar 2. Mekanisme *sensor* dan *actuator* [21]

Ditunjukkan pada (1) bahwa pembagi konstanta 2 dimunculkan karena gelombang yang dipantulkan berjarak dua kali antara *sensor* (bertindak sebagai *transmitter*) dan *obstacle* (bertindak sebagai *receiver*). Jarak dalam satuan-dasar *centimeter* (cm), sedangkan *t* menyatakan waktu yang dibutuhkan *sensor* menangkap *obstacle* di depannya; dinyatakan dalam satu-dasar detik [13][16][22].

$$\text{Jarak} = \frac{340 \cdot t}{2} \quad (1)$$

2.2. ESP-32

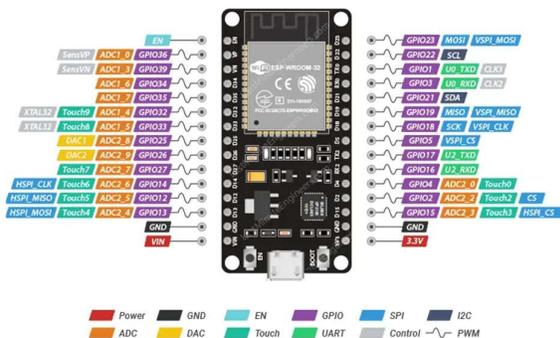
Sebuah *microcontroller unit* (MCU) digunakan untuk mengontrol secara terpusat berbagai mekanisme kerja dan proses dalam suatu *devices* yang terkontrol otomatis, sesuai instruksi yang disimpan ke *memory*-nya [14][15][23]. Berbagai contoh MCU yang salah satunya adalah ESP-32. Instruksi disimpan pada *memory* ESP-32 yang selanjutnya berdasar instruksi tersebut, ESP-32 menjalankan operasi sesuai pekerjaan yang diinstruksikan. Instruksi dibangun berdasar algoritma dan pemrograman [23][24].

Algoritma merupakan prosedur tertulis yang disusun berdasar pendekatan solusi dari suatu persoalan berdasar logika dan/atau perhitungan. Dasar dari sebuah pemrograman adalah algoritma, dan instruksi yang disimpan pada *memory* MCU harus direpresentasikan dalam bentuk sebuah bahasa pemrograman [14][23][24].



Gambar 3. ESP-32 yang digunakan

Pada penelitian ini *tools* yang digunakan untuk mengisikan instruksi ke *memory* ESP_32 adalah Arduino IDE. Basis instruksi dalam *code-syntax* Arduino IDE adalah C/C++ *programming language family*. ESP-32 mengkombinasikan sumberdaya mendasar pada sebuah *microcomputer* seperti: CPU, *memory*, I/O *resources* dalam *chip* tunggal. Setiap kaki-kaki konduktor (*pin-out*) pada ESP-32 memiliki fungsi-fungsi khusus. Pada penelitian ini *pin-out* yang digunakan adalah: D2, D4, D14, D21 D22; disamping *pin* catu-daya V_{IN} dan GND.

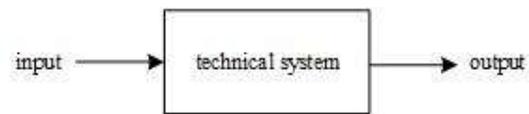


Gambar 4. Skema *pin-out* ESP-32
Sumber: *lastminuteengineers.com*

Adapun *simulator* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Wokwi berbasis *cloud*. Peran penting digunakannya *simulator* ini untuk efisiensi apabila ditemukannya kesalahan dalam pemrograman dan/atau desain *lay-out* komponen. Dalam hal lainnya untuk *re-engineering* terhadap rancangan sirkuit, agar memperoleh hasil yang lebih optimal.

2.3. Otomatisasi

Saat transformasi pekerjaan manual menjadi terdigitalisasi, maka mekanisme kerja telah beralih pada model kerja otomatisasi. Peran penting transformasi cara kerja ini untuk memenuhi dan mencapai efisiensi dan efektivitas kerja [7][16]. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5, bahwa perbedaan antara mekanisme kerja manual dan terotomatisasi terletak pada komponen *technical system*; bila pada basis kerja otomatisasi maka dilakukan secara *digital* bila berorientasi pada sistem komputer [18][21][25].



Gambar 5. Skema dasar mekanisme kerja *technical system*
Sumber: *progettosi.eu*

Efisiensi sebuah sistem secara umum diukur dari *ratio* nilai luaran terhadap nilai masukan, sehingga semakin besar *ratio* yang diperoleh maka semakin baik sistem tersebut bekerja [2][4][10]. Adapun efektivitas kerja dari sebuah sistem otomatisasi dihitung dari persentase *error* yang muncul saat sebuah *task/job* dikerjakan.

$$\text{efisiensi} = \eta = \frac{\text{nilai_luaran}}{\text{nilai_masukan}} * 100\% \quad (2)$$

Efektivitas dapat diukur dengan membandingkan hasil yang dicapai dengan tujuan yang ditetapkan. Secara umum ditunjukkan pada (3) oleh sebab tidak ada persamaan yang baku terkait mengukur efektivitas kerja, karena bergantung pada tujuan spesifik dari setiap proses atau pekerjaan [2][4].

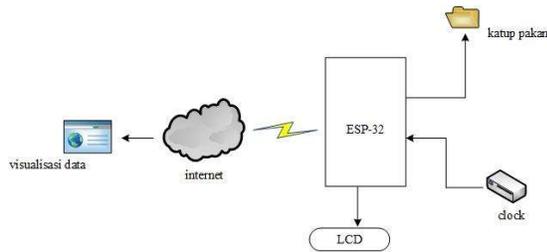
$$\text{efektivitas} = \Delta = \frac{\text{has_dicapai}}{\text{tujuan_awal}} * 100\% \quad (3)$$

Pada penelitian ini dibandingkan antara saat menggunakan cara atau mekanisme konvensional; terhadap setelah diterapkannya IoT. Fokus pengamatan aktivitas kerja pada pemberian pakan ternak ikan. Ada tiga jadwal pemberian pakan, yakni: pagi (pk06.00), siang (pk12.00), malam (pk19.00).

2.4. Pengembangan hipotesis

Dengan penerapan IoT pada sistem pemberian pakan ternak ikan diharapkan jadwal dapat berjalan selalu tepat-waktu. Hal ini untuk menghindari apabila terjadi keterlambatan bisa menyebabkan rentan penyakit menyerang ternak ikan. Demikian juga dengan teknologi IoT notifikasi dapat dibangkitkan setiap saat sesuai kebutuhan untuk mengingatkan berbagai hal seperti: cadangan pakan saatnya diisi kembali, alat mengalami *malfunction*, terdeteksi akses *illegal*, informasi pemberian pakan.

Notifikasi dikirimkan melalui jaringan publik *internet* dengan menggunakan aplikasi Telegram sebagai antarmuka pengguna. Telegram berperan sebagai komponen visualisasi data.



Gambar 6. Model dan arsitektur perangkat yang dikembangkan

3. METODE RISET

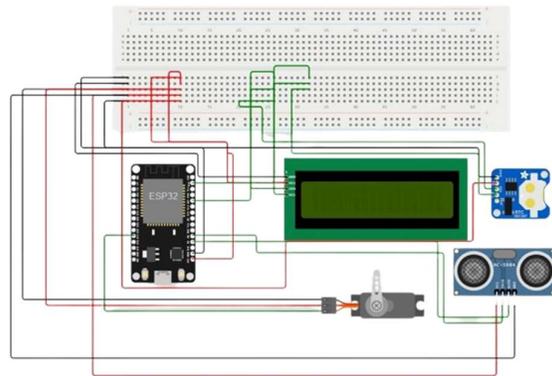
Metode penelitian yang digunakan adalah *prototyping*, dimana metode ini menitikberatkan pembuatan model awal (yakni *prototype*) untuk nantinya akan diuji sehingga diperoleh evaluasi terhadap penambahan atau perbaikan sesuai rencana pengembangan dan kebutuhan [3][6]. Adapun berdasar metode ini dilakukan sejumlah tahapan seperti: menganalisis kebutuhan, menentukan fungsionalitas, memilih *prototype* jenis *high-fidelity* karena melibatkan *software* desain, menentukan fitur yang menjadi prioritas, desain antar-muka, implementasi fitur, uji-coba, evaluasi, perbaikan akhir, finalisasi alat.

Simulator yang digunakan adalah Wokwi dengan kelebihanannya berbagai fitur sudah lengkap dan mendekati

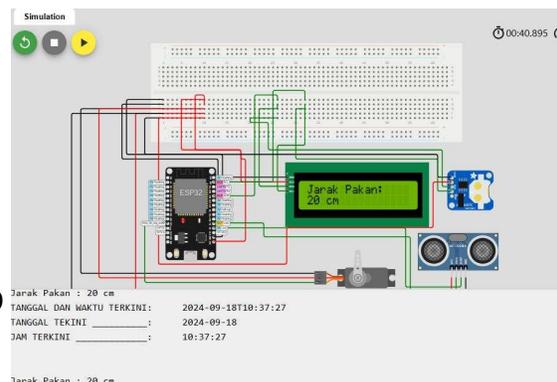
alat dan sistem sesungguhnya. Dan di satu sisi juga bahwa *simulator* ini sudah berbasis *cloud-systems* sehingga *end-user* tidak perlu dibebankan proses instalasi. Hal ini memberi keuntungan dalam hal efisiensi ruang-*memory*.

Pada penelitian ini, *pin-out* ESP-32 yang digunakan, yakni: D14, D2, D4, D21, D22. *Pin-out* D14 berperan mengontrol gerak *servo*, dimana *servo* diilustrasikan sebagai katup pakan atau penyekat untuk fungsionalitas *blocking* akses *illegal*. *Pin-out* D2 berperan mengontrol *sensor* untuk mendeteksi ketinggian pakan apakah sudah saatnya dilakukan penambahan atau tidak. *Pin-out* D22 berperan mengontrol LCD untuk menampilkan teks sesuai instruksi yang ditetapkan. *Pin-out* D21 berperan mengontrol *clock* sebagai fungsionalitas jadwal buka-tutup katup pakan; dengan mengirim sinyal kepada *servo* yang diposisikan sebagai katup pakan sebelumnya.

Pada Gambar 8 dan Gambar 9 ditunjukkan hasil simulasi rancangan alat yang dikembangkan. Skenario yang diterapkan saat ketinggian pakan diatur pada *sensor* HC-SR04 Ultrasonic, sehingga *servo* bergerak dan ditampilkan pada LCD keterangan jarak *obstacle* terhadap tutup pakan. Pakan saatnya ditambahkan ke wadah ketika jarak antara *obstacle* (yakni permukaan pakan terdekat ke tutup pakan) semakin jauh. Pada penelitian ini ditentukan bahwa pakan saatnya ditambahkan ke wadah ketika jarak *obstacle* terhadap *sensor* minimal 30 cm, modelnya seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

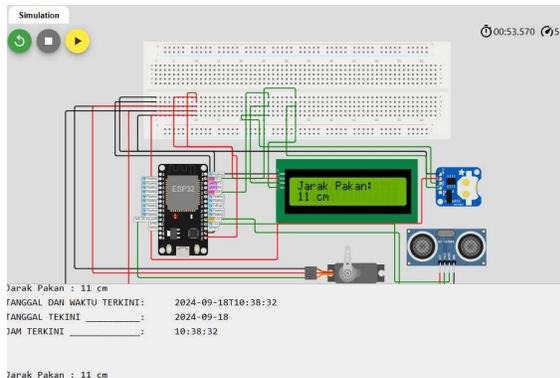


Gambar 7. Rancangan alat yang dikembangkan

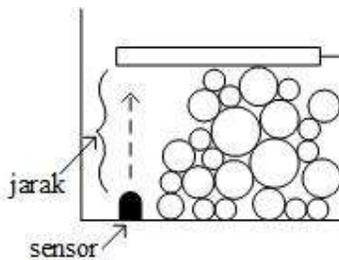


Gambar 8. Disimulasikan dengan skenario jarak=20

Selanjutnya untuk menguji alat yang telah dikembangkan digunakan metode pengukuran terhadap pengiriman notifikasi perihal jadwal pemberian pakan. Dan dipilih pada slot jadwal malam yakni pk19.00, dengan alasan periode *rush-hour* pada *backbone* jaringan telekomunikasi. Seperti diketahui bahwa sebuah jaringan *internet* dapat berjalan dengan baik bergantung terhadap kondisi kanal komunikasi pada jaringan telekomunikasi yang digunakan [5][12].

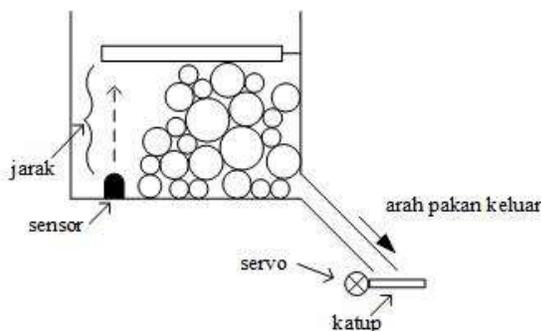


Gambar 9. Disimulasikan dengan skenario jarak=11



Gambar 10. Model skenario pengukuran *sensor* pakan apakah ditambah

Sensor mengukur jarak terhadap ketinggian penampang yang berelasi dengan semakin berkurang ketinggian volume pakan, maka penampang akan semakin mendekati *sensor*. Alhasil jika jarak semakin kecil mengindikasikan pakan harus ditambahkan kembali ke dalam wadah.



Gambar 11. Model wadah pakan dan cadangan pakan

Ditunjukkan pada Gambar 11, tutup pakan digerakkan oleh *servo* sesuai dengan jadwal pemberian pakan yakni: pagi (pk06.00), siang (pk12.00), malam (pk19.00). Dan saat *sensor* mendeteksi jarak ketinggian kurang dari 30 cm maka dikirimkan notifikasi ke perangkat (*gadget*) peternak untuk menginformasikan agar pakan diisi kembali.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat yang dikembangkan berdasar rancangan yang telah dibangun telah berjalan dengan baik sesuai dengan skenario yang telah ditentukan. Hasil pengujian berdasar model arsitektur pada Gambar 6 ditunjukkan pada Gambar 13 yang menampilkan notifikasi telah berhasil diterima pada *gadget* peternak. Visualisasi data menggunakan aplikasi Telegram, dimana dilakukan terlebih dahulu pendaftaran akun seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 12. Alat yang telah dibuat

TABEL 1
UJI PENGIRIMAN NOTIFIKASI

waktu-kirim	waktu-terima	durasi (detik)
19:40:00	19:40:02	2
19:41:00	19:41:02	2
19:43:00	19:43:01	1

19:46:00	19:46:02	2
19:48:00	19:48:02	2
19:49:00	19:49:01	1
19:50:00	19:50:01	1
19:53:00	19:53:03	3
19:57:00	19:57:02	2
19:59:00	19:59:01	1

TABEL 2
UJI EFEKTIVITAS ALAT

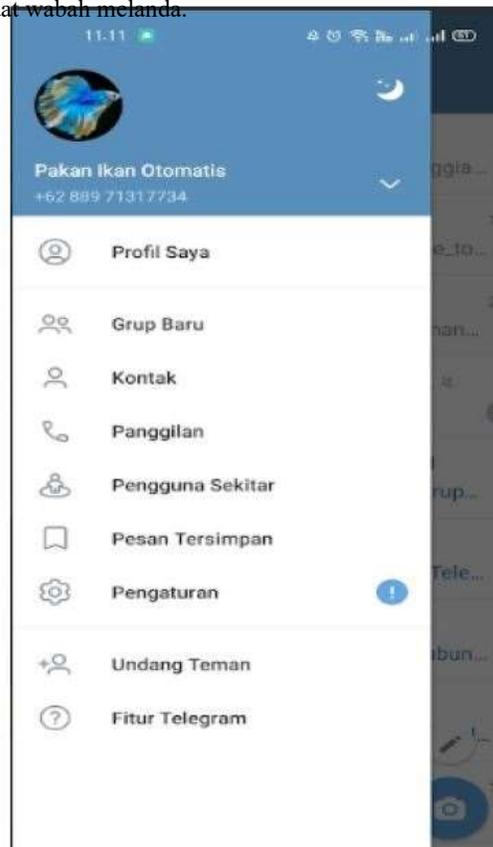
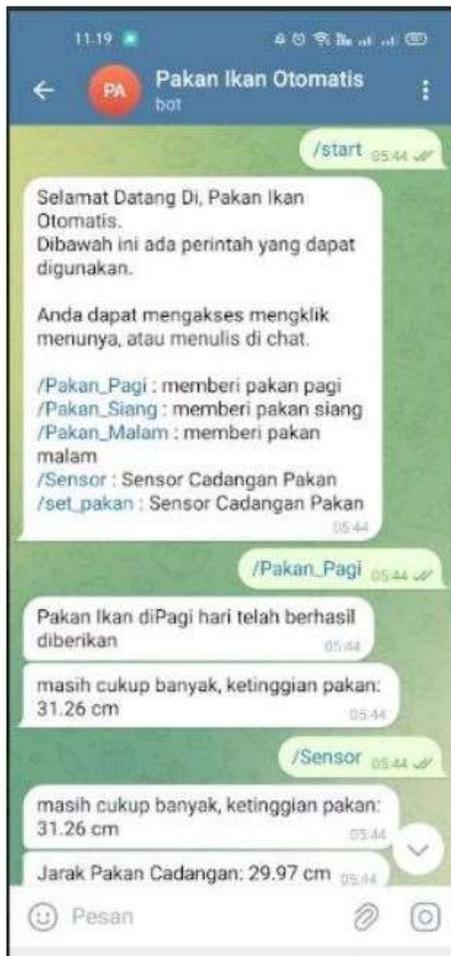
	manual	otomatisasi
saat pemberian pakan	terlambat (0.5)	ontime (1)
cara pemberian pakan	langsung-tidak sesuai takaran (0.55)	otomatis-sesuai takaran (1)
pakan habis	cek langsung (0.75)	ada notifikasi (0.95)
kesehatan ternak ikan	belum tentu terjaga (0.45)	pakan secara teratur (1)
pengadaan infrastruktur	high-cost (0.75)	high-cost (0.35)
	$\Delta = 0.6$	$\Delta = 0.86$

Berdasar (3), pada Tabel 2 diperoleh bahwa efektivitas otomatisasi lebih besar dibandingkan dengan manual. Hasil ini menunjukkan alat lebih baik dibandingkan cara konvensional.

Gambar 13. Notifikasi pada visualisasi data

Pengiriman notifikasi pada Tabel 1 diskenarioikan pada instruksi program untuk dikirimkan pada *slot* jadwal ke-3 pemberian pakan yakni malam (pk19.00). Selanjutnya *clock* di-*set* agar selama durasi 60 menit ke depan dari pk19.00, notifikasi dikirimkan ke *gadget* peternak. Hal ini dikondisikan untuk menguji *delay-propagasi* pengiriman notifikasi saat *rush-hour* pada kanal-komunikasi jaringan telekomunikasi. Hal ini menunjukkan efisiensi waktu bila dibandingkan peternak harus secara manual memberikan pakan secara langsung.

Pada Gambar 15 juga diperlihatkan saat *clock* di-*set* untuk menggerak *servo* agar pakan dikeluarkan; asumsi sesuai dengan jadwal pemberian pakan. Ilustrasinya jika pemberian pakan teratur dan disiplin dilakukan maka kesehatan ternak ikan dapat terjaga, terlebih lagi pemberian asupan gizi dapat teratur diberikan. Hal yang menjadi hambatan selama ini dalam budidaya ternak jika masih dilakukan secara manual, yakni ketidakteraturan dalam pemberian pakan. Padahal pada budidaya ternak hal prioritas yang harus diperhatikan dan menjadi perhatian utama adalah kesehatan ternak. Khususnya lagi dalam bisnis peternakana, resiko sangat riskan muncul saat wabah melanda.



Selain aplikasi Telegram yang dapat difungsikan sebagai visualisasi data; hal ini membedakan bidang IoT dengan bidang lain sejenis dan identik seperti *embedded-systems*; beberapa aplikasi lain juga dapat digunakan seperti Blynk dan ThingsBoard. Namun kelebihan aplikasi Telegram dapat dijalankan pada lingkungan *gadget* atau *smartphone*.

Gambar 14. Tampilan konfigurasi akun pada app Telegram

Sejumlah tahapan skenario pengujian telah dilakukan seperti: melakukan pemberian pakan sesuai ketentuan berdasar informasi peternak, melihat notifikasi pakan ikan masih cukup banyak, melihat notifikasi pakan ikan hampir habis, melihat notifikasi pakan ikan segera diisi- ulang. Hal ini diperlukan untuk melakukan umpan-balik apakah implementasi IoT dalam dukungan kontrol pakan ternak ikan telah berjalan dengan baik, terlebih lagi telah sesuai dengan model dan rancangan yang sebelumnya telah dibangun.



Gambar 15. Tampilan alat saat pakan dikeluarkan

Hal lain yang patut untuk tidak dikesampingkan yakni terkait dengan akurasi posisi *sensor* terhadap objek yang akan dikontrol. Alat yang dikembangkan menggunakan pendekatan *hand-made* tentu akan lebih baik bila dikembangkan dengan pendekatan fabrikasi. Terlebih lagi penempatan *sensor* dan *actuator* yang dilakukan dengan

5. PENUTUP

Penerapan IoT pada sebuah mekanisme kerja yang awalnya dilakukan secara manual memberikan nilai efisiensi kerja dan efektivitas kerja yang lebih optimal. Akurasi pemberian pakan juga menunjukkan hasil yang baik bila dibandingkan dengan cara-kerja manual.

Aspek ketelitian dibutuhkan pada penempatan *sensor* dan *actuator* oleh sebab dilakukan dengan pendekatan *hand-made* pada alat secara keseluruhan. Akan tetapi secara keseluruhan walaupun dilakukan dengan pendekatan *hand-made*, implementasi IoT dalam dukungan kontrol pakan ternak ikan telah berjalan dan berhasil dikembangkan.

Secara keseluruhan terapan IoT pada alat pemberi pakan ikan telah dapat membantu peternak dalam melakukan proses pemberian pakan. Disamping juga membantu dalam pemeriksaan pakan, apakah habis atau harus dilakukan isi-ulang. Dan khususnya lagi cukup mempermudah peternak dalam melakukan pemberian pakan, karena telah berjalan otomatis dan dapat dikontrol secara *real-time*.

Waktu yang dibutuhkan dengan diterapkan IoT lebih efisien jika dibandingkan cara-kerja konvensional; demikian juga efektivitas pekerjaan yang dihasilkan lebih baik bila dibandingkan dengan pekerjaan yang dilakukan secara manual. Hal ini menunjukkan terapan IoT pada pemberian pakan ikan sebagai dukungan kontrol pakan ternak ikan telah berhasil dilakukan dengan baik.

6. REFERENSI

- [1] S.N.M.P. Simamora. "Internet of Things (IoT) Sebagai Sebuah Pendekatan Praktis Solusi Kebutuhan di Era Digital". Koran Bekasi. tgl.16 Mei 2022. [Online]. Tersedia: <https://koranbekasi.id/index.php/2022/05/16/internet-of-things-iot-sebagai-sebuah-pendekatan-praktis-solusi-kebutuhan-di-era-digital/>

- [2] O. H. Kombo, S. Kumaran, A. Bovim. "Design and Application of a Low-Cost, Low- Power, LoRa-GSM, IoT Enabled System for Monitoring of Groundwater Resources With Energy Harvesting Integration". IEEE Access, Volume: 9. 2021.
- [3] A. Gozuoglu, O. Ozgonenel, C. Gezegin. "Design and Implementation of Controller Boards to Monitor and Control Home Appliances for Future Smart Homes". IEEE Transactions on Industrial Informatics, Volume: 20, Issue: 9. 2024.
- [4] J. Kumar, dkk. "IoT-Enabled Advanced Water Quality Monitoring System for Pond Management and Environmental Conservation". IEEE Access. Volume: 12. 2024.
- [5] M. Adeel Abid, dkk. "IoT-Based Smart Biofloc Monitoring System for Fish Farming Using Machine Learning". IEEE Access, Volume: 12. 2024.
- [6] M. AlSelek, J. M. Alcaraz-Calero, Q. Wang. "Dynamic AI-IoT: Enabling Updatable AI Models in Ultralow-Power 5G IoT Devices". IEEE Internet of Things Journal, Volume: 11, Issue: 8. 2024.
- [7] A. W. Neres da Silva, dkk. "Control and monitoring of a Flyback DC-DC converter for photovoltaic applications using embedded IoT system". IEEE Latin America Transactions, Volume: 18, Issue: 11. 2020.
- [8] S.N.M.P. Simamora. "Hal-hal Praktis dalam Elektronika Komputer". Koran TangerangSatu.co.id Edisi 25 Januari 2024. [Online]. Tersedia: [<https://tangerangsatu.co.id/hal-hal-praktis-dalam-elektronika-komputer/>] [<https://drive.google.com/file/d/19UDQ9O6UJNjWs9VaZWENyy8UHrXkO2pQ/view?usp=sharing>]
- [9] S. Turkeli, dkk. "IoT-Enabled Design and Implementation of an Endotracheal Tube Cuff Pressure Controller Device". IEEE Access, Volume: 12. 2024.
- [10] J. Zhu, dkk. "Efficient Actuator Failure Avoidance Mobile Charging for Wireless Sensor and Actuator Networks". IEEE Access, Volume: 7. 2019.
- [11] A. Natarajan, V. Krishnasamy, M. Singh. "A Machine Learning Approach to Passive Human Motion Detection Using WiFi Measurements From Commodity IoT Devices". IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Volume: 72. 2023.
- [12] G. Fabregat, dkk. "Design and Implementation of Acoustic Source Localization on a Low-Cost IoT Edge Platform". IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, Volume: 67, Issue: 12. 2020.
- [13] R.A.Y. Sidauruk, S.N.M.P. Simamora, M.I. Sari. "Implementasi Mikrokontroler Atmega8535 Berbasis Sensor Ultrasonik Untuk Proteksi Keamanan Terpadu". Prosiding Konferensi Nasional ICT-M Politeknik Telkom (KNIP) 2011. hal. 389-395. ISSN: 2088-8252.
- [14] Ö. Kafadar. "RaspMI: Raspberry Pi Assisted Embedded System for Monitoring and Recording of Seismic Ambient Noise". IEEE Sensors Journal, Volume: 21, Issue: 5. 2021.
- [15] J. Sainz-Raso, dkk. "Security Management on Arduino-Based Electronic Devices". IEEE Consumer Electronics Magazine, Volume: 12, Issue: 3. 2023.
- [16] P. Franco, dkk. "IoT Based Approach for Load Monitoring and Activity Recognition in Smart Homes". IEEE Access, Volume: 9. 2021.
- [17] S.N.M.P. Simamora. "Serangan Hacker diawali Kebiasaan Penggunaan Smart-Devices". Koran Banten Kita Edisi 10 Agustus 2024. [Online]. Tersedia: [<https://bantenkita.com/2024/08/10/serangan-hacker-diawali-kebiasaan-penggunaan-smart-devices-oleh-s-n-m-p-simora/>]
- [18] M. J. Baucas, S. A. Gadsden, P. Spachos. "IoT-Based Smart Home Device Monitor Using Private Blockchain Technology and Localization". IEEE Networking Letters, Volume: 3, Issue: 2. 2021.
- [19] İ. O. Yıldırım, dkk. "From Concept to Implementation: Streamlining Sensor and Actuator Selection for Collaborative Design and Engineering of Interactive Systems". IEEE Sensors Journal, Volume: 24, Issue: 8. 2024.
- [20] S.N.M.P. Simamora. "Mengenal Sensor dan Actuator dalam Microcontroller". Koran Bernas. tgl.18 Desember 2022. [Online]. Tersedia: [<https://koranbernas.id/mengenal-sensor-dan-actuator-dalam-microcontroller>]
- [21] S. Soloman. *SENSORS HANDBOOK*, Second Edition. McGraw-Hill. 2010.
- [22] S.N.M.P. Simamora. "Pemodelan Kontroler-Otomatik dengan Intervensi pada Pengendali Temperatur Tanah dan Kelembaban". Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi (LOFIAN). Vol 3 No 2: Februari. hal.25-28. 2024. Universitas Mandiri Bina Prestasi (UMBPP) Medan. ISSN: 2798-9593.
- [23] V. B. Vales, dkk. "Fine Time Measurement for the Internet of Things: A Practical Approach Using ESP32". IEEE Internet of Things Journal, Volume: 9, Issue: 19. 2022.
- [24] S.N.M.P. Simamora. *Modul Belajar Praktis Algoritma dan Pemrograman*. Penerbit Deepublish, Yogyakarta. 2016. ISBN:978-602-401-318-9.
- [25] A. Satria, dkk. "The Framework of Home Remote Automation System Based on Smartphone". International Journal of Smart Home. Vol. 9, No. 1. 2015.