

PEMENUHAN KEBUTUHAN MEDIA PEMBELAJARAN DI SEKOLAH ALAM DENGAN MENGIMPLEMENTASIKAN SISTEM PEMANTAUAN KOLOM IKAN DI BEBERAPA TITIK BERBASIS IOT

Istiqomah¹, Arif Abdul Aziz², Achmad Rizal³, Muhammad Fahriza Bahrudin⁴, Soediponegoro⁵, Azriansyah⁶, Achmad Ibnu Abas⁷, Muhammad Yusuf Salman⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Indonesia

istiqomah@telkomuniveristy.ac.id¹, arifabdulaziz@telkomuniversity.ac.id²,
achmadrizal@telkomuniversity.ac.id³, muhhammadfahriza@student.telkomuniversity.ac.id⁴,
singamon@student.telkomuniversity.ac.id⁵, azriansyah@student.telkomuniversity.co.id⁶,
achmadibnuabas@student.telkomuniversity.ac.id⁷, yusufsm@student.telkomuniversity.ac.id⁸

ABSTRAK

Abstrak: Di sekolah alam process pembelajaran mengedepankan interaksi dengan alam. Terkadang sekolah alam memiliki beberapa fasilitas sebagai media pembelajaran yang berhubungan dengan alam seperti kolam. Tidak terkecuali di Sekolah Alam Gaharu sebagai mitra di pengabdian masyarakat ini. Sekolah Alam Gaharu yang memiliki beberapa kolam ikan yang digunakan untuk fasilitas observasi alam. Untuk mempermudah fasilitas tersebut digunakan sebagai media pembelajaran, Sekolah Alam Gaharu membutuhkan satu sistem pemantauan semua kolam dan media belajar. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dikembangkan satu sistem pemantauan kolam ikan di beberapa titik untuk parameter keasaman dan temperature air kolam yang terintegrasi oleh satu sistem IoT. Sistem yang diterapkan sebagai solusi di Sekolah Alam Gaharu adalah dua sensor node yang digunakan untuk mengakuisisi data PH dan temperatur dan satu sistem gateway sebagai sistem integrasi kedalam satu sistem IoT. Kemudian semua parameter PH dan temperatur kolam dapat dipantau di aplikasi android. Untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai kebutuhan Sekolah Alam Gaharu, dilakukan survei umpan balik ke guru sekolah tersebut. Dari Umpan balik yang dilakukan ke lima belas guru, didapatkan respon bahwa seluruh guru sangat setuju bahwa semua komponen sistem yang telah diimplementasikan sangat membantu dalam process pembelajaran. Seluruh responden menyatakan sangat setuju 100% bahwa sistem mampu membantu process pembelajaran di Sekolah Alam Gaharu.

Kata Kunci: Sistem Pemantaua Kolam ikan; Pemantauan Beberapa Titik; IoT; Sekolah Alam.

Abstract: In natural schools, the learning process emphasizes interaction with nature. Sometimes natural schools have several facilities as learning media related to nature, such as ponds. Gaharu Natural School is no exception as a partner in this community service. Gaharu Nature School has several fish ponds used as natural observation facilities. Gaharu Natural School requires a monitoring system for all ponds and learning media to make it easier for these facilities to be used as learning media. Therefore, to meet these needs, a fish pond monitoring system has been developed at several points for the parameters of acidity and pond water temperature, which are integrated by an IoT system. The system implemented as a solution at the Gaharu Natural School is two sensor nodes used to acquire PH and temperature data and a gateway system as an integration system into an IoT system. Then all PH and pool temperature parameters can be monitored in the Android application. A feedback survey was conducted on the school's teachers to determine whether the system is running according to the needs of the Gaharu Natural School. From the feedback provided to the fifteen teachers, the responses were obtained that all teachers strongly agreed that all the components of the system that had been implemented were very helpful in the learning process. All respondents strongly agreed 100% that the system could assist the learning process at Gaharu Natural School.

Keywords: Fish Pond Monitoring System; Multiple Point Monitoring; IoT; Nature school.



Article History:

Received: 07-07-2023

Revised : 23-07-2023

Accepted: 26-07-2023

Online : 18-08-2023



This is an open access article under the
CC-BY-SA license

A. LATAR BELAKANG

Sekolah Alam yang berkonsep mengembangkan interaksi peserta didik dengan berbagai komponen makhluk hidup dialam terbuka pertama kali digagas oleh Lendo Novo pada tahun 1988 (Ashoka Indonesia, 2016). Pada dasarnya sekolah alam mengajak siswanya untuk lebih banyak menggunakan waktunya untuk mengobservasi dan berinteraksi langsung dengan alam sekitar sehingga pengalaman dan pembelajaran dapat langsung diambil oleh siswa dari alam (Ifa Khoiria Ningrum & Yuniarta Ita Purnama, 2019; Istiqomah et al., 2023; Maryati, 2007; Ramadan, 2020). Sekolah Alam terbukti mampu meningkatkan hasil prestasi siswa (Qari'ah et al., 2021; Ronaldi & Supriyoko, 2020). Dengan menjunjung semangat dan latar belakang yang sama, pada tahun 2011 didirikanlah Sekolah Alam Gaharu yang terletak di Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Sekolah Alam Gaharu merupakan sekolah alam yang berkomitmen dalam mendukung siswa siswanya untuk berinteraksi langsung dengan alam. Salah satu fasilitas yang disediakan oleh Sekolah alam Gaharu adalah interaksi antara siswa dengan alam air yang diwujudkan dengan adanya beberapa kolam ikan sebagai media pembelajaran. Dengan adanya kolam ikan, siswa siswi dapat mengamati dan belajar langsung bagaimana spesies ikan tertentu hidup di alam. Selain itu, siswa siswi dapat mengamati langsung bagaimana pengaruh kondisi air dapat mempengaruhi perkembangan ikan. Beberapa parameter yang mempengaruhi ekosistem kolam ikan adalah PH dan temperature (Elba Lintang et al., 2017). Untuk memenuhi kebutuhan program dari Sekolah Alam Gaharu ini, penulis mengimplementasikan sistem pemantauan kolam ikan untuk membantu dan mempermudah proses observasi kondisi kolam ikan. Selain memberikan informasi yang akurat mengenai kondisi air pada kolam, sistem ini dapat digunakan sebagai media belajar yang memadukan antara teknologi dan alam. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat menjadi media belajar yang menarik dan interaktif bagi siswa siswi pada sekolah Alam Gaharu.

Secara umum, tingkat suhu dan kadar keasaman air pada kolam ikan perlu dimonitoring secara berkala agar dapat menjaga habitat kolam ikan yang optimal. Hal ini menjadi kritikal ketika jenis ikan yang hidup pada kolam adalah jenis-jenis ikan yang sensitif terhadap perubahan parameter air. Untuk khusus Sekolah Alam Gaharu, sumber air yang digunakan untuk mengisi air kolam merupakan air dari limbah rumah tangga sekolah tersebut. Sehingga pemantauan perubahan parameter kolam juga bisa jadi pembelajaran perubahan air terhadap limbah. Sehingga pembelajaran yang didapatkan selain pemantauan parameter air kolam terhadap habitat kolam ikan, tetapi siswa siswi bisa menganalisis pengaruh limbah rumah tangga terhadap kondisi kolam dan apakah pengaruhnya terhadap kondisi kolam.

Di Sekolah Alam Gaharu ada beberapa kolam ikan sebagai fasilitas observasi alam dan media pembelajaran disekolah tersebut. Untuk mempermudah memantau kolam tersebut, maka dibutuhkan sistem

pemantauan kolam ikan, yang dititikberatkan ke satu sistem dengan mengintegrasikan pemantauan beberapa kolam sekaligus. Oleh karena itu akan ada beberapa sistem sensor atau *sensor node* yang akan mengirimkan data terpusat ke satu sistem *gateway* (Azhra & Anam, 2021; Chen et al., 2022; Ya'acob et al., 2021). Sistem pemantauan beberapa kolam ikan pada sekolah Alam Gaharu, diimplementasikan dengan menggunakan *sensor node* yang terdiri dari kombinasi sensor suhu dan sensor PH yang mampu membaca tingkatan suhu dan kadar keasaman pada kolam ikan. Sejumlah *sensor node* tersebar pada beberapa kolam ikan agar dapat memonitoring kondisi air pada kolam yang berbeda. Data yang dikumpulkan oleh masing masing *sensor node* dikirim dengan menggunakan teknologi pengiriman data jarak jauh tanpa kabel yang disebut LoRa. Suhu dan keasaman air dikirim dari masing masing *sensor node* menuju pusat pengumpulan data yang disebut *Gateway*. *Gateway* bertugas untuk mengumpulkan data yang dikirim oleh semua *sensor node* yang selanjutnya diunggah menuju database (*Firebase*) via internet.

Selain implementasi *sensor node* dan *Gateway* pada Sistem pemantauan beberapa kolam ikan, kontribusi lain dari penulis pada pengabdian masyarakat ini adalah monitoring sistem yang dapat dengan mudah diakses melalui *smartphone* ataupun *komputer*. Sebagai salah satu bentuk dukungan penulis untuk mendukung proses belajar bagi siswa siswi sekolah Alam Gaharu, data yang berhasil disimpan pada database dapat dimonitoring dan ditampilkan secara sederhana, menarik dan intuitif bagi anak-anak. Interface pada sistem ini dirancang dengan mempertimbangkan sudut pandang guru dan murid, sehingga mendukung penuh proses belajar yang menarik dan tetap mempertahankan konsep interaksi langsung dengan alam. Sehingga tujuan pengabdian masyarakat ini terpenuhi, yaitu untuk menyediakan sistem pemantauan kolam ikan yang mampu dijadikan media pembelajaran.

B. METODE PELAKSANAAN

Hakekatnya pengabdian masyarakat yang dilakukan sejalan dengan bidang keilmuan, yang lebih menekankan pengimplementasian teknologi secara tepat sesuai dengan kebutuhan masyarakat (Herlina et al., 2022). Pengabdian masyarakat Telkom University berusaha memenuhi kebutuhan mitra, Sekolah Alam Gaharu, yang berlokasi di Baleendah, Kabupaten Bandung, Jawa. Sehingga pengabdian masyarakat ini, lebih mengutamakan penerapan teknologi di Sekolah Alam Gaharu, sehingga bisa dijadikan media pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Pemanfaatan teknologi sebagai media pembelajaran sangat dibutuhkan (Dimiyati A et al., 2018; Ronaldi & Supriyoko, 2020). Beberapa pengabdian masyarakat yang menggunakan teknologi sebagai media pembelajaran, terlihat dapat digunakan dengan baik sebagai tool pembelajaran (Fuadi et al., 2022; Prihatiningrum et al., 2022). Namun pengabdian masyarakat ini sedikit

berbeda, yang lebih mengedepankan penerapan teknologi sebagai media observasi untuk mendukung process pembelajaran sesuai kebutuhan di Sekolah Alam Gaharu

Metode pelaksanaan pengabdian masyarakat dilakukan dilakukan dalam berbagai empat tahap. Tahapan tersebut yang terdiri dari survei kebutuhan, pengembangan alat yang merupakan solusi kebutuhan, pengimplementasian solusi dan melihat hasil dari solusi yang direalisasikan. Berikut penjabaran lebih detail setiap tahapan metode pelaksanaan pengabdian masyarakat:

1. Survei kebutuhan Sekolah Alam Gaharu.

Pada tahapan ini tim mengunjungi Sekolah Alam Gaharu untuk mendiskusikan kebutuhan sekolah. Tim ngumpulkan semua kebutuhan dari sekolah alam dan menanyakan tingkat priotas dari kebutuhan tersebut. Diharapkan kebutuhan dapat diselesaikan dengan solusi yang sesuai dengan bidang keahlian tim pengabdian masyarakat ini.

2. Pengembangan alat sebagai solusi kebutuhan Sekolah Alam Gaharu.

Pengembangan yang dilakukan disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan. Kebutuhan utama dari Sekolam Alam Gaharu adalah sistem pemantauan disetian fasilitas media pembelajaran di sekolah tersebut. Semua bisa terinterasi menjadi satu sistem pemantauan. Pengembangan alat disesuaikan dengan bidang keahlian tim yaitu sistem IoT. Dengan referensi beberapa penelitian, dari yang telah tim lakukan (Gemilang Zulkarnain et al., 2022; Junaidi & Kartiko, 2020; Udanor et al., 2022) dan beberapa referensi terkait lainnya.

3. Pengimplementasian solusi alat di Sekolah Alam Gaharu.

Setelah alat dikembangkan, tim pengabdian masyarakat melakukan persiapan pengimplementasian, dengan dua tahap. Tahapan pertama adalah melakukan survai kembali ke Sekolah Alam Gaharu untuk perencanaan pemasangan alat dan menguji apakah alat berjalan dengan baik dari sisi komunikasi. Tahapan kedua adalah melakukan pemasangan alat yang telah dikembangkan di Sekolah Alam Gaharu. Tim pengabdian masyarakat membuatkan modul penggunaan dan papan informasi disetiap alat yang dipasang. Dimana modul tersebut berisikan tentang keterangan sistem, cara penggunaan alat dan aplikasi yang disediakan. Tim menjelaskan ke tiga orang guru alat dan modul yang dibuat sebagai perwakilan. kemudian modul penggunaan sistem pemantauan beberapa kolam ikan diedar ke guru disekolah tersebut.

4. Melihat hasil dari solusi yang direalisasikan.

Setelah sistem pemantauan beberapa kolam ikan diterapkan, guru-guru sekolah diminta untuk mencoba dan menggunakan alat dalam beberapa waktu. Kemudian untuk melihat hasil pengimplementasian sistem disebarkan survei ke 15 guru Sekolah Alam Gaharu sebagai umpan balik dari kegiatan pengabdian masyarakat ini. Berikut beberapa pertanyaan yang ditanyakan sebagai umpan balik dari kegiatan pengabdian masyarakat, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Umpan balik kegiatan pengabdian masyarakat

No	Pertanyaan umpan balik dari pengguna alat Abdimas
1	Seberapa penting teknologi yang diimplementasikan dibutuhkan sebagai pendukung dalam media pembelajaran STEM (Science, technology, engineering, and mathematics) di Sekolah Alam Gaharu?
2	Apakah sistem pemantauan kolam ikan dapat menjadi media pembelajaran bagi guru untuk menjelaskan ke siswa untuk memahami ekosistem kolam ikan dan parameter pendukung?
3	Apakah aplikasi mobile sistem pemantauan kolam ikan dapat membantu memberikan informasi hasil pemantauan kolam dengan baik?
4	Dengan mengintegrasikan titik pemantauan 2 kolam ikan kedalam satu sistem, apakah pengembangan dan pengimplementasian tersebut sangat berguna untuk membangun ekosistem teknologi di Sekolah Alam Gaharu?

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

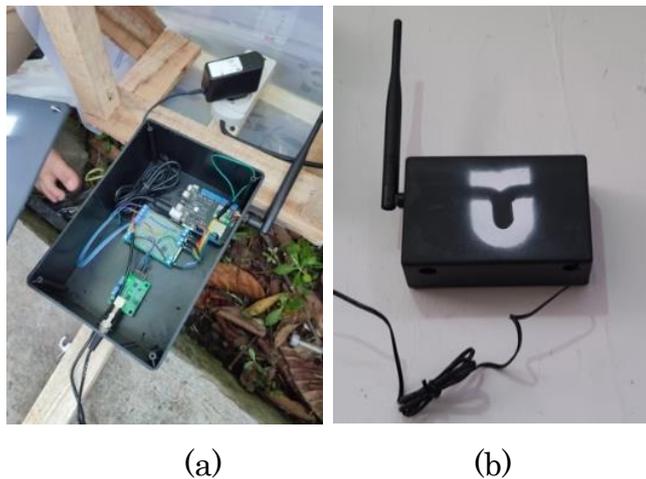
Berikut adalah hasil dari pengimplementasian sistem pemantauan beberapa kolam ikan di Sekolah Alam Gaharu.

1. Survei kebutuhan Sekolah Alam Gaharu.

Sekolah alam memiliki beberapa kolam ikan, kandang unggas dan hidroponik sebagai media pembelajaran mereka. Dari semua fasilitas yang dimiliki sekolah, kebutuhan tool sebagai media observasi guru dan siswa sebagai media pembelajaran. Namun tantangan dari sistem yang diinginkan adalah semuanya bisa terintegrasi dari satu sistem dan dimonitoring dari satu aplikasi. Untuk tahap awal tim hanya memantau kolam ikan terlebih dahulu. Parameter yang ingin dipantau dari kolam ikan adalah PH dan temperature, yang merupakan parameter penting untuk ekosistem ikan.

2. Pengembangan sistem pemantauan beberapa kolam ikan.

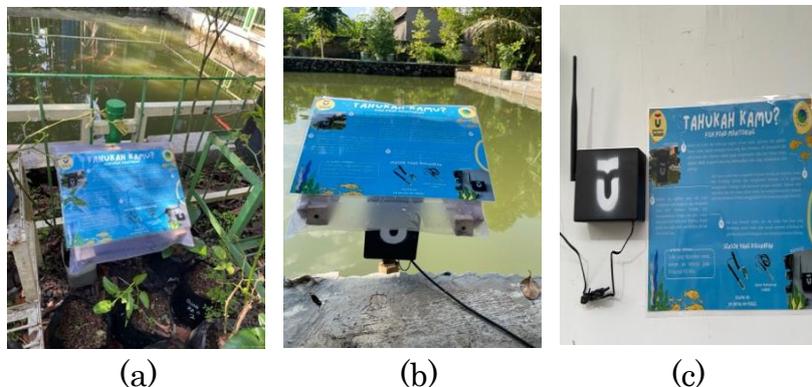
Tim pengabdian masyarakat mengajukan solusi setiap titik yang ingin diobservasi oleh satu *sensor node* dengan sensor PH dan dan temperature. Kemudian beberapa sensor node tersebut akan terintegrasi dengan dengan satu *gateway* internet untuk mengirimkan semua parameter dari proses akuisisi data sensor database (*firebase*). Semua data akan diakses oleh android aplikasi sebagai user interface sebagai sistem pemantauan beberapa kolam ikan. Pengembangan alat ini dilakukan selama tiga bulan oleh tim pengabdian masyarakat. Gambar 1 adalah sistem hardware yang dikembangkan pada pengabdian masyarakat ini.



Gambar 1. (a) Sensor Node; dan (b) sistem pemantauan beberapa kolam ikan berbasis IoT.

3. Pengimplementasian solusi alat di Sekolah Alam Gaharu

Pada pengimplementasian alat dua sensor node dipasang di dua kolam berbeda ditempat yang cukup terpisah sekitar 500 Meter. Kedua sensor node terintegrasi oleh satu gateway, dimana gateway diletakan dekat dengan sumber koneksi internet. Gambar 2 merupakan letak dari sensor node disetiap kolam dan gateway yang dipasang. Setiap perangkat dilengkapi papan informasi sebagai media pembelajaran awal siswa siswi yang membacanya.



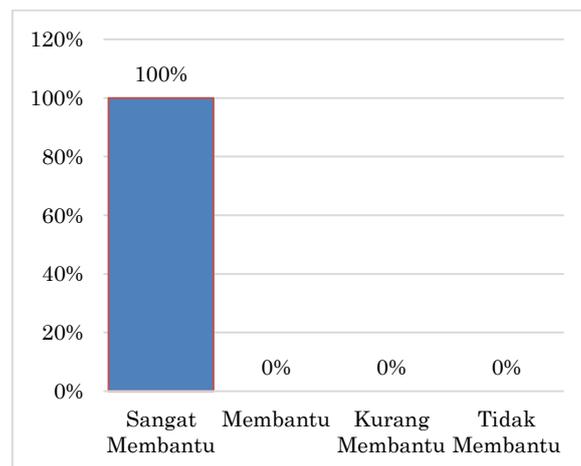
Gambar 2. (a) Sensor node kolam 1, (b) Sensor node kolam 2, (c) Gateway.

4. Melihat hasil dari sistem pemantauan beberapa kolam ikan.

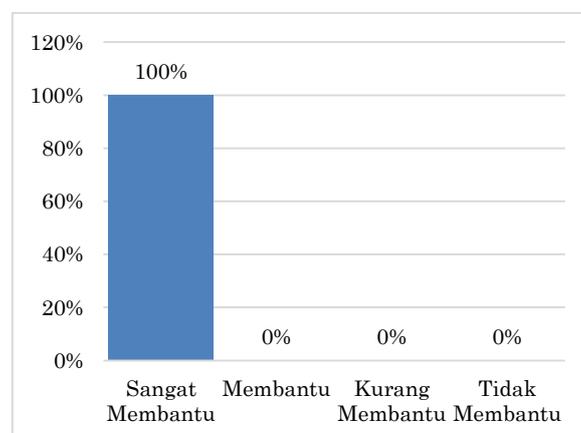
Setelah sistem digunakan selama satu minggu oleh Sekolah, disebarkanlah survai ke 15 pengguna dalam hal ini guru untuk mengukur tingkat keberhasilan dari realisasi sistem. Terdapat empat pertanyaan sebagai umpan balik ke pengguna terlihat di tabel 1. Terdapat empat kategori jawaban Sangat setuju, setuju, kurang setuju dan tidak setuju dalam setiap pertanyaan umpan balik. Gambar 3 sampai dengan gambar 6 merupakan hasil umpan balik dari realisasi sistem.

Gambar 2 merupakan hasil dari umpan balik seberapa penting teknologi digunakan sebagai media pembelajaran STEM. Dari hasil umpan balik

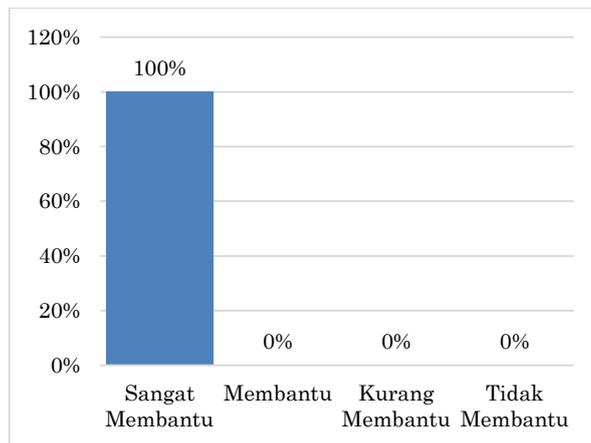
semua pengguna menyatakan sangat penting dengan presentasi 100%. Hal ini menyatakan sistem mampu menjadi media pembelajaran STEM di Sekolah Alam Gaharu. Gambar 4 hasil umpan balik seberapa membantu sistem pemantauan beberapa kolam ikan untuk media pembelajaran di Sekolah Alam Gaharu, dari hasilnya 100% responden menyatakan sangat sistem membantu sebagai media pembelajaran. Kemudian di gambar 5 juga merupakan umpan balik untuk kebermanfaatan aplikasi sebagai media observasi sebagai media pembelajaran. semua responden menyatakan sangat setuju 100% bahwa aplikasi sangat membantu sebagai media pembelajaran. Dan umpan balik terakhir pada Gambar 6, digunakan untuk mevalidasi apakah sistem yang terintegrasi ini membantu membangun ekosistem teknologi di Sekolah Alam Gaharu, dan seluruh responden menyatakan sangat setuju. Dari hasil umpan balik semua responden menyatakan sistem yang diterapkan sangat membantu dan bisa digunakan sebagai media pembelajaran di Sekolah Alam Gaharu, seperti terlihat pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.



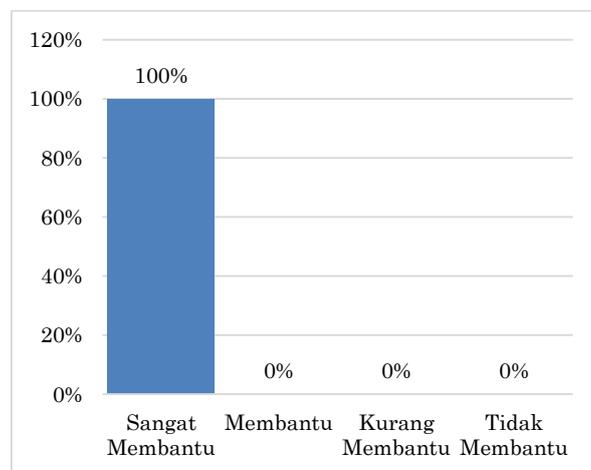
Gambar 3. Hasil umpan balik seberapa penting teknologi yang diimplementasikan untuk media pembelajaran STEM.



Gambar 4. Hasil umpan balik seberapa membantu sistem pemantauan beberapa kolam ikan untuk media pembelajaran.



Gambar 5. Hasil umpan balik aplikasi sistem pemantauan beberapa kolam ikan membantu media pembelajaran.



Gambar 6. Hasil umpan balik sistem pemantauan beberapa kolam ikan membantu untuk membangun ekosistem teknologi sebagai media pembelajaran.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Sekolah Alam Gaharu yang merupakan masyarakat sasaran, memiliki beberapa kolam ikan yang digunakan sebagai media pembelajaran. Sekolah membutuhkan sistem pemantauan yang digunakan untuk mengobservasi kolam untuk media pembelajaran guru dan siswa. Oleh karena itu dibuatlah sistem pemantauan beberapa kolam ikan yang terintegrasi oleh satu sistem IoT. Tim pengabdian masyarakat mencoba merealisasikan sistem sebagai upaya menyiapkan media pembelajaran untuk Sekolah Alam Gaharu.

Hasil dari implementaian sistem pemantauan beberapa kolam ikan di Sekolah Alam Gaharu divalidasi dari empat pertanyaan umpan balik ke 15 guru sebagai pengguna. Didapatkan seluruh responden 100% sangat setuju seluruh sistem pemantauan beberapa kolam ikan sangat membantu sebagai media pembelajaran di Sekolah Alam Gaharu. Dari hasil tersebut penerapan teknologi sebagai media pembelajaran sangat membantu dalam process pembelajaran di Sekolah Alam Gaharu. Saran kedepannya sistem bisa diintegrasikan dengan fasilitas sekolah alam lainnya atau catuan listriknya bersumber dari energi terbarukan seperti panel surya, sebagai pengembangan media pembelajaran lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk Sekolah Alam Gaharu telah memberikan kesempatan kami untuk menjalankan pengabdian masyarakat disekolah tersebut. Tidak lupa untuk Universitas Telkom yang telah memberikan dana kegiatan Abdimas ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Ashoka Indonesia. (2016). *Lendo Novo: Pendiri Sekolah Alam, Penggagas Sobat Bumi*. <https://pembaharublog.wordpress.com/2016/10/28/lendo-novo-pendiri-sekolah-alam-penggagas-sobat-bumi-bagian-i/>
- Azhra, F. H., & Anam, C. (2021). IoT-based Automatic Fish Pond Control System. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 06, 394. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2020i6.11128>
- Chen, C.-H., Wu, Y.-C., Zhang, J.-X., & Chen, Y.-H. (2022). IoT-Based Fish Farm Water Quality Monitoring System. *Sensors*, 22(17), 6700. <https://doi.org/10.3390/s22176700>
- Dimiyati A, M., Suwardiyanto, D., Yuliandoko, H., & Arief W, V. (2018). Pemanfaatan Teknologi Sebagai Media Pembelajaran Daring (On Line) Bagi Guru Dan Siswa Di Smk Nu Rogojampi. *J-Dinamika : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2). <https://doi.org/10.25047/j-dinamika.v2i2.565>
- Elba Lintang, Firdaus, & Ida Nurcahyani. (2017). Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Komunikasi Zigbee. *Prosiding Snati F Ke-4*.
- Fuadi, A. Z., Istiqomah, I., & Budiman, F. (2022). Implementasi Arduino Untuk Menunjang Pembelajaran Stem di Mgmp Ipa Kabupaten Bandung Barat. *Prosiding COSECANT: Community Service and Engagement Seminar*, 2(1). <https://doi.org/10.25124/cosecant.v2i1.18419>
- Gemilang Zulkarnain, G., Aji Pramudita, B., & Istiqomah. (2022). Water Pollution Monitoring Systems Several Point Locations Using the Internet of Things. *2022 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/APWiMob56856.2022.10014098>
- Herlina, E., Stai, R., Khalidiyah, A., & Kalimantan, S. (2022). *Bentuk Dan Sifat Pengabdian Masyarakat Yang Diterapkan Oleh Perguruan Tinggi*. 2(3), 122–130.
- Ifa Khoiria Ningrum, & Yuniarta Ita Purnama. (2019). *Sekolah Alam*.
- Istiqomah, I., Pramudita, B. A., & Rizal, A. (2023). Pelatihan Learning Management Sistem Di Sekolah Alam Gaharu, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 7(2), 1964. <https://doi.org/10.31764/jmm.v7i2.13345>
- Junaidi, A., & Kartiko, C. (2020). Design of Pond Water Quality Monitoring System Based on Internet of Things and Pond Fish Market in Real-Time to Support the Industrial Revolution 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 771(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/771/1/012034>
- Maryati. (2007). *Sekolah Alam, Alternatif Pendidikan Sains Yang Membebaskan Dan Menyenangkan*.
- Prihatiningrum, N., Barri, M. H., Pramudita, B. A., Fuadi, A. Z., Istiqomah, I., & Budiman, F. (2022). Workshop Arduino Untuk Menunjang Pembelajaran Stem Untuk Guru Ipa Smp. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(5). <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i5.9783>
- Qari'ah, A., Surtini, D., & Efendi, E. (2021). Pengembangan Sekolah Alam Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar Pada Pelajaran Ipa. *LeNSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 2(2), 45–50. <https://doi.org/10.24929/lensa.v2i2.151>

- Ramadan, W. (2020). Sekolah Alam di Kalsel; Latar Belakang, Ekspektasi dan Persepsi. *Madrasah: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Dasar*, 12(1), 40–51. <https://doi.org/10.18860/mad.v12i1.7656>
- Ronaldi, R., & Supriyoko, S. (2020). Manajemen Pembelajaran Alam Dalam Upaya Meningkatkan Kemandirian Peserta Didik. *Media Manajemen Pendidikan*, 2(3), 389. <https://doi.org/10.30738/mmp.v2i3.6778>
- Udanor, C. N., Ossai, N. I., Nweke, E. O., Ogbuokiri, B. O., Eneh, A. H., Ugwuishiwu, C. H., Aneke, S. O., Ezuwgu, A. O., Ugwoke, P. O., & Christiana, A. (2022). An internet of things labelled dataset for aquaponics fish pond water quality monitoring system. *Data in Brief*, 43, 108400. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108400>
- Ya'acob, N., Dzulkefli, N. N. S. N., Yusof, A. L., Kassim, M., Naim, N. F., & Aris, S. S. M. (2021). Water Quality Monitoring System for Fisheries using Internet of Things (IoT). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1176(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1176/1/012016>