

Penerapan Monitoring Suhu Air Tambak Pada Budidaya Udang Vanami Berbasis Internet of Things.

Sholeh Rachmatullah¹, Muhammad Yasir Zain², Anang Faktchur Rachman³, Matsani⁴, Ali Rahman⁵, Muhammad Umar Mansyur⁶, Siti Ririn Sutarsih⁷, Sri Wirayanti⁸, Moh Rizki⁹

¹⁻⁸⁾ Prodi Informatika, Universitas Madura

Article history

Received : 04-10-2024

Revised : 11-10-2024

Accepted : 30-10-2024

* Sholeh Rachmatullah

Email :

sholeh@unira.ac.id

Abstrak

Tujuan dari pengabdian ini adalah menerapkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memonitor suhu air tambak udang vaname. Kualitas air yang buruk dapat berdampak negatif pada kesehatan dan pertumbuhan udang vaname. Salah satu faktor yang memengaruhi kualitas air dalam budidaya udang vaname adalah suhu air tambak. Pengabdian ini menjadi penting mengingat pertumbuhan industri budidaya tambak udang vaname yang semakin pesat, serta kebutuhan akan pengelolaan yang efektif dan berkelanjutan. Dalam praktik tradisional, pemantauan kualitas air tambak, khususnya pengukuran suhu air, dilakukan secara manual. Hal ini sering kali menyebabkan keterbatasan waktu, ketidakakuratan, dan kurangnya ketepatan data. Sistem monitoring yang dikembangkan terdiri dari sensor suhu yang terhubung ke jaringan IoT dan mampu memberikan informasi suhu air tambak secara real-time. Data tersebut dapat diakses oleh petani udang vaname melalui aplikasi web. Penggunaan aplikasi "SiVaname" yang dilengkapi perangkat monitoring suhu berbasis IoT memungkinkan pelaporan dan pemantauan secara real-time, sehingga dapat mengurangi kesalahan dan mempercepat pengambilan keputusan. Dengan demikian, petani dapat meminimalkan risiko kerugian.

Kata Kunci: Suhu; IoT; Udang Vanami; SiVaname.

Abstract

The purpose of this service is to apply Internet of Things (IoT) technology to monitor the water temperature of vaname shrimp ponds. Poor water quality can negatively affect the health and growth of vaname shrimp. One of the factors that affect water quality in vaname shrimp farming is pond water temperature. This dedication is important given the rapid growth of the vaname shrimp aquaculture industry, as well as the need for effective and sustainable management. In traditional practice, pond water quality monitoring, especially water temperature measurement, is done manually. This often leads to time constraints, inaccuracies and lack of data precision. The developed monitoring system consists of temperature sensors connected to an IoT network and is able to provide real-time pond water temperature information. The data can be accessed by vaname shrimp farmers through a web application. The use of the "SiVaname" application equipped with an IoT-based temperature monitoring device allows real-time reporting and monitoring, thereby reducing errors and accelerating decision making. Farmers can minimize the risk of loss.

Keyword : Temperature; IoT; Vaname Shrimp; SiVaname.

PENDAHULUAN

Analisis Situasi

Sektor perikanan adalah salah satu sektor yang prospektif di Indonesia. Dengan lautnya yang luas dan garis pantainya yang panjang, Indonesia memiliki potensi sangat baik untuk pengembangan sektor tambak. Dengan potensi areal yang ada, bisa membangkitkan minat usah tambak udang dengan varietas udang baru yang lebih unggul dan tahan penyakit agar jumlah produksi semakin maksimal. Udang vaname merupakan solusi alternatif dalam memperkaya dan menambah produksi udang budidaya (Lukman Hudi; Shahab Abdullah 2005).

Lingkungan hidup udang meliputi tanah dan air tempat (habitat) hidup udang. Kelayakannya, ditentukan oleh suhu air, derajat keasaman (pH), kadar garam (salinitas), kandungan oksigen terlarut, kandungan amonia, H₂S, kecerahan air, kandungan plankton, dan dosis pakan. Pada pengabdian ini, kami berfokus pada monitoring suhu di dalam air tambak udang vaname, suhu air dapat mengoptimalkan pertumbuhan udang vanami pada kisaran 26-30 derajat celcius (Primanandra, Yusfi, and Rasyid 2024). Ketahanan hidup ini sangat menentukan dalam keberhasilan proses budidaya udang. Agar faktor ketahanan hidup atau survival udang bisa terjaga sampai usia panen, maka diperlukan *treadment* terhadap kondisi lingkungan air tambak.

Mitra pengabdian Bernama Jaring Emas, merupakan kelompok petani udang vaname yang berlokasi di dusun karang mimba, desa Grujukan, Kec. Gapura, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur. Permasalahan yang dialami oleh pembudidaya adalah Hasil pengukuran suhu air dilakukan pencatatan oleh pembudidaya secara manual, hal ini sangat menyulitkan untuk melakukan analisa terhadap semua aktifitas yang dilakukan di tambak, oleh karena itu perlu dibuatkan aplikasi sistem manajemen informasi

tambak udang vaname berbasis web dan monitoring suhu berbasis IoT (Alanazi Rayan, Ahmed I. Taloba, Rasha M. Abd El-Aziz 2020; Shamshiri et al. 2018). Melalui aplikasi ini petugas yang menjaga udang bisa mendapatkan informasi *feeding* atau pemberian dosis makan setiap tambak agar pertumbuhan udang bisa baik. Kemudian petugas bisa melihat data suhu air di setiap tambak yang dikirimkan secara otomatis oleh perangkat IoT, dimana hasilnya bisa memberikan rekomendasi tentang *water treadment* atau penanganan yang harus dilakukan jika kondisi air berada di rentang bahaya untuk survival udang, hal ini perlu dilakukan untuk meminimalisasikan jumlah udang yang mati. Kemudian penjaga udang bisa melakukan sampling pada usia tertentu dan hasilnya harus dilaporkan ke aplikasi SiVaname untuk menghitung besaran sudah sesuai dengan rumus tumbuh kembang udang.

Pengabdian ini melibatkan mahasiswa prodi informatika sebagai aktifitas pembelajaran diluar kampus tentang pemanfaatan teknologi informasi dan IoT untuk Smart Farming, aplikasi Sivaname berbasis IoT merupakan produk prototipe hasil penelitian sebelumnya yang akan digunakan oleh mitra petani udang vaname dalam pengabdian ini.

Permasalahan yang dialami oleh pembudidaya adalah hasil pengukuran kondisi air dan dosis pakan dilakukan pencatatan oleh pembudidaya secara manual, hal ini sangat menyulitkan untuk melakukan analisa terhadap semua aktifitas yang dilakukan di tambak, oleh karena itu perlu dibuatkan aplikasi sistem manajemen informasi tambak udang vaname berbasis web. pembuatan pelaporan kondisi air berbasis aplikasi, aplikasi bisa memberikan rekomendasi *treatment* pada kondisi lingkungan tambak, pemberian pakan sesuai dosis, perhitungan sampling udang.

Melalui aplikasi ini petugas yang menjaga udang bisa mendapatkan informasi *feeding* atau pemberian dosis makan setiap tambak agar

pertumbuhan udang bisa baik. Kemudian petugas bisa memasukkan data kondisi air dalam hal ini warna air berdasarkan variable yang diminta di setiap tambak menggunakan *smartphone*(Saha, Rajib, and Kabir 2018), dimana hasilnya bisa memberikan rekomendasi tentang *water treatment* atau penanganan yang harus dilakukan jika kondisi air berada di rentang bahaya untuk survival udang, hal ini perlu dilakukan untuk meminimalisasikan jumlah udang yang mati. Kemudian *feeder* bisa melakukan sampling pada usia tertentu dan hasilnya harus dilaporkan ke aplikasi untuk menghitung besaran sudah sesuai dengan rumus tumbuh kembang udang.

Permasalahan Mitra

Permasalahan prioritas yang akan ditanagani terhadap mitra produktif secara ekonomi meliputi bidang produksi dan bidang manajemen melalui pelaporan pakan, monitoring kualitas air tambak terutama suhu, dengan bantuan aplikasi SiVaneme dan monitoring suhu berbasis IoT. Aplikasi ini merupakan produk penelitian internal tahun 2022 dan 2023 (Rachmatullah, Hari, et al. 2023; Rachmatullah, Zain, et al. 2023).

Permasalahan yang dialami oleh pembudidaya adalah hasil pengukuran kondisi suhu air dan dosis pakan dilakukan pencatatan oleh pembudidaya secara manual, hal ini sangat menyulitkan untuk melakukan analisa terhadap semua aktifitas yang dilakukan di tambak, oleh karena itu perlu dibuatkan aplikasi sistem manajemen informasi tambak udang vaname berbasis web. pembuatan pelaporan kondisi suhu air berbasis IoT, aplikasi bisa memberikan rekomendasi *treatment* pada kondisi lingkungan tambak, pemberian pakan sesuai dosis, perhitungan sampling udang.

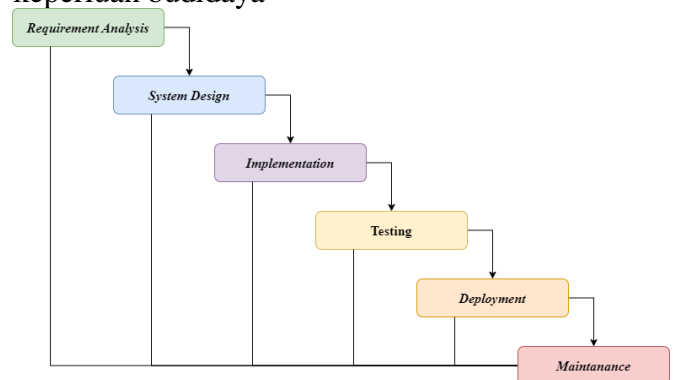
Melalui aplikasi ini petugas yang menjaga udang bisa mendapatkan informasi *feeding* atau pemberian dosis makan setiap tambak agar pertumbuhan udang bisa baik. Kemudian petugas bisa melihat data suhu air di setiap tambak yang dikirimkan secara otomatis oleh

perangkat IoT yang terpasang di setiap tambak dan bisa mengaksesnya menggunakan *smartphone*(Saha, Rajib, and Kabir 2018), dimana hasilnya bisa memberikan rekomendasi tentang *water treatment* atau penanganan yang harus dilakukan jika kondisi air berada di rentang bahaya untuk survival udang, hal ini perlu dilakukan untuk meminimalisasikan jumlah udang yang mati. Kemudian *feeder* bisa melakukan sampling pada usia tertentu dan hasilnya harus dilaporkan ke aplikasi untuk menghitung besaran sudah sesuai dengan rumus tumbuh kembang udang

METODE PELAKSANAAN

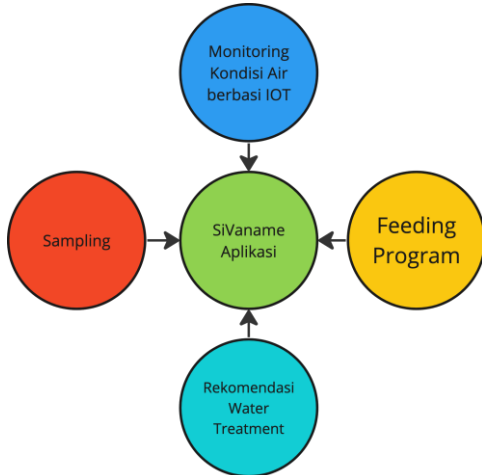
Metode Pendekatan Permasalahan

Manajemen pakan yang baik merupakan tolak ukur keberhasilan dari budidaya udang vanami karena biaya terbesar dari budidaya adalah biaya pakan udang, manajemen pakan bisa dikatakan baik jika nilai perbandingan pendapatan udang dengan jumlah pakan yang diberikan rendah, nilai ini kita sebut dengan (FCR) *Feed Conversion Rasio*. maka dalam pengabdian ini menerapkan aplikasi Sivaname dan monitoring kualitas air tambak terutama suhu air menggunakan sensor suhu yang terhubung dengan perangkat IoT. Hasil pengukuran suhu air bisa dimonitoring oleh teknisi . hal in digunakan, agar teknisi bisa memberikan perlakuan yang tepat untuk keperluan budidaya



Gambar 1. Tahapan pengabdian Metodologi yang digunakan dengan pendekatan *Systems development life cycle (SDLC) waterfall model* (Nur 2019)(Mulyani

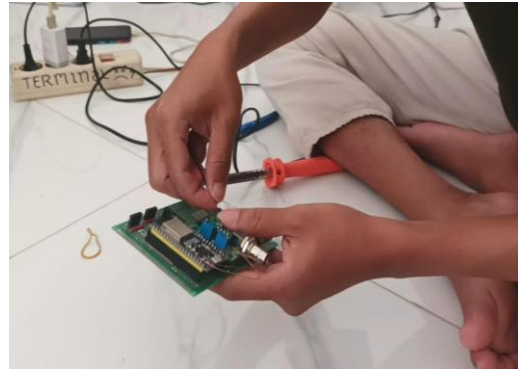
Sri 2016). Model pengembangan ini sangat penting untuk membantu proses pengembangan perangkat lunak. *Waterfall Model* (Pote 2019), disebut juga model klasik, memiliki beberapa tahap utama, yaitu analisis dan rekayasa sistem, perancangan, penulisan program, pengujian, dan pemeliharaan.



Gambar 2. SiVaname Berbasis IoT

Tahapan yang dilakukan dalam proses pengabdian ini. Tahapan pertama *Requerment analysis* yaitu melakukan observasi terhadap budidaya udang vaname, mulai pemberian pakan atau *feeding*, pengecekan kualitas air berdasarkan suhu air di dalam tambak, kebutuhan sensor suhu yang mendukung pengiriman suhu air secara otomatis. Berdasarkan analisis, maka dibuatlah gambaran sistem aplikasi Sivaname yang diintegrasikan dengan monitoring suhu berbasis IoT.

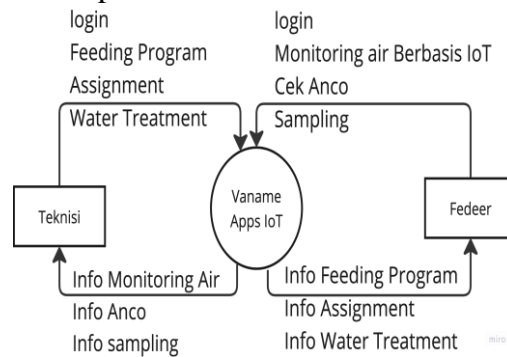
Tahap kedua *System design* yaitu membuat purwarupa aplikasi yang bernama SiVaname berbasis IoT, bisa dilihat pada Gambar 3. SiVaname merupakan aplikasi sistem informasi manajemen berbasis web (Matsaini and Rachmatullah 2021)(Hanggoro and Yanti 2023)(Pratama, Marzuki, and Hikmah 2022). Perancangan memiliki layanan monitoring kondisi suhu air, *feeding information*, rekomendasi *water treatment*, dan *sampling*. Serta laporan kondisi air setiap hari dalam satu putaran pembudidayaan udang dalam satu lahan tambak.



Gambar 3. Peragkaian sensor suhu pada perangkat IoT

Tahap ketiga *Implementation* yaitu penerapan program aplikasi SiVaname berbasis IoT. Tahap keempat *Testing* yaitu melakukan ujicoba penggunaan aplikasi SiVaname berbasis IoT pada tempat budidaya udang vaname. Semua aktifitas kegiatan yang dilakukan oleh *feeder* dan teknisi dilaporkan melalui aplikasi ini. Tahap kelima *Deployment* yaitu melakukan edukasi penggunaan aplikasi SiVaname berbasis IoT ke pembudidaya udang vaname. Tahap keenam *Maintenance* yaitu pemeliharaan yaitu melakukan perbaikan terhadap sistem yang berjalan jika ditemukan *bug program* atau diperlukan pengembangan aplikasi

Proses desain sistem dilakukan untuk memudahkan perancangan teknologi informasi yang dibuat sesuai dengan analisis permasalahan sehingga menghasilkan solusi yang tepat sesuai kebutuhan pengguna sistem(Arifin and Siahaan 2020). Berikut ini merupakan desain *data flow diagram*, bisa dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 DFD Level 0 Vaname Apps berbasis IoT

Gambar 4 DFD level 0 Vaname Apps berbasis IoT menunjukkan ada dua entitas yaitu Teknisi dan *Feeder*. Teknisi adalah seorang praktisi budidaya udang yang dipercaya oleh pemilik tambak untuk mengelola aktifitas budidaya udang dan kontrol terhadap kondisi tambak. Sedangkan *Fedeer* adalah orang yang bekerja di tambak untuk melaksanakan semua pekerjaan yang sesuai arahan dari teknisi.



Gambar 5 Prototipe Sivaname berbasis IoT.

Hasil dari proses perakitan perangkat IoT bisa dilihat pada Gambar 5 Prototipe Sivanami berbasis IoT. Perangkat ini sudah bisa membaca kondisi Suhu Air dalam tambak melalui sensor suhu, kemudian hasilnya ditampilkan pada layar lcd pada perangkat. Perangkat keras utama dalam memonitoring suhu air tambak yaitu sensor suhu DS18B20 *water proof temperature* dan Node MCU ESP32 (Aquino, Ballado, and Bautista 2021; Muzafarov and Eshmuradov 2019; Othman and El-Mousa 2020). Node MCU ESP32 berfungsi untuk mengelola semua informasi dari sensor dan mengirimkan data sensor ke server, kemampuannya sangat tepat dalam pengembangan proyek IoT. Sensor suhu DS18B20 *water proof temperature* adalah komponen terpenting yang digunakan untuk mengukur suhu air di dalam tambak udang vaname.

Tahapan pelaksanaan solusi

Untuk menghasilkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan mitra, maka rencana kegiatan yang dilakukan tim PKM yaitu,

- Sosialisasi penerapan aplikasi SiVaname berbasis IoT.

- Membuat prototipe aplikasi SiVaname berbasis IoT.
- Konfigurasi aplikasi SiVaname di *web hosting* agar aplikasi bisa diakses secara online.
- Pemasangan perangkat IoT di tambak udang.
- Melakukan pelatihan penggunaan aplikasi dan perangkat IoT kepada mitra.
- Pemberian user hak akses kepada mitra.

PEMBAHASAN

Pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan selama tahun 2024 di wilayah Kecamatan Gapura, kabupaten Sumenep. Pelatihan dilakukan kepada mitra kelompok petani udang vanname jaring emas sebanyak 8 orang dengan jumlah tambak yang dikelola kurang lebih mencapai 20 tambak. Tahapan pertama dilakukan sosialisasi penggunaan aplikasi SiVaname berbasis IoT sebagai digitalisasi laporan harian aktifitas tambak serta laporan suhu air tambak secara otomatis dan kedua dilanjutkan dengan pelatihan penggunaan aplikasi Sivaname berbasis IoT kepada Teknisi atau Mitra.

Proses monitoring suhu air bisa dilakukan dengan cara menambahkan perangkat Iot terhadap aplikasis SiVaname, bisa dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Tambah perangkat IoT pada tambak Setelah proses identifikasi perangkat IoT pada aplikasi sivaname selesai dilaukakukan,

maka Langkah selanjutnya melakukan pemasangan perangkat IoT di tambak udang milik mitra. Bisa dilihat pada Gambar 6. Implementasi perangkat IoT dilakukan dengan meletakkannya di tepian tambak udang vaname. Sensor suhu dipasang di bawah permukaan air pada kedalaman 20-30 cm. tulisan di layer perangkat Iot menunjukkan tinggi air, kadar garam dan pH masih dalam tahap pengembangan.



Gambar 6. Pemasangan perangkat IoT tambak udang
Penggunaan aplikasi SiVaname berbasis IoT pada tempat budidaya udang vaname menunjukkan sensor suhu telah berjalan dengan baik. hal ini bisa dimonitoring melalui aplikasi Sivanami, lihat Gambar 7 monitoring kondisi air tambak. Pengamatan pada aplikasi sivaname menunjukkan kondisi suhu air di dalam tambak udang vaname saat dilakukan pemasangan perangkat IoT terpantau normal sesuai dengan standar suhu kisaran 28-31Celsius pada siang hari. Petani udang vaname bisa melihat suhu air tambak secara *real time* melauai aplikasi Sivaname.



Gambar 7. Monitorig kondisi air tambak

Tahapan akhir dari pengabdian ini, melakukan perbaikan terhadap sistem yang berjalan. Jika ditemukan bug program atau kerusakan pada perangkat IoT. Selanjutnya pengembangan apilkasi pada prototipe monitoring suhu air bisa dilakukan setelah dilakukan evaluasi penggunaan sistem Sivaname berbasis IoT, lihat Gambar 9



Gambar. Proses perawatan perangkat IoT tambak udang

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelaksanaan pengabdian oleh Tim Pengabdian Hibah Internal Universitas Madura dapat disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi Sivaname berbasis IoT telah membantu pembudidaya udang vanami dalam digitalisasi hasil pengukuran kondisi suhu air di dalam tambak secara otomatis.
2. Teknisi bisa mengetahui kondisi suhu air berdasarkan variable yang diminta di setiap tambak, dimana hasilnya bisa memberikan rekomendasi tentang *water treadment* atau penanganan yang harus dilakukan jika kondisi suhu air berada direntang bahaya untuk survival udang.
3. Aplikasi Sivaname berbasis IoT masih menggunakan 1 jenis sensor yaitu sensor suhu, selanjutn bisa dikembangkan menggunakan sensor lain yang menunjang *smart aquatic farming*, seperti sensor TDS, sensor kedalaman Air, sensor pH, Sensor warna air.

Ucapan Terimakasih

LPPM Universitas Madura yang telah membantu pembiayaan pelaksanaan pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alanazi Rayan, Ahmed I. Taloba, Rasha M. Abd El-Aziz, Amr Abozeid. 2020. "IoT Enabled Secured Fog Based Cloud Server Management Using Task." 11(9): 697–708.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3712786 (November 28, 2023).
- Aquino, Aulivier Gilchrist Q., Alejandro H. Ballado, and Azriell V. Bautista. 2021. "Implementing a Wireless Sensor Network with Multiple Arduino-Based Farming Multi-Sensor Tool to Monitor a Small Farm Area Using ESP32 Microcontroller Board." *2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management, HNICEM 2021*.
- Arifin, Mohammad Nazir, and Daniel Siahaan. 2020. "Structural and Semantic Similarity Measurement of UML Use Case Diagram." *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi* 11(2): 88–100.
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/lontar/article/view/59547> (March 7, 2023).
- Hanggoro, Bhakti, and Fitri Yanti. 2023. "Perancangan Aplikasi Point Of Sale Pada Toko Kang Udin Berbasis Web." *OKTAL : Jurnal Ilmu Komputer dan Sains* 2(2): 379–87.
<https://journal.mediapublikasi.id/index.php/oktal/article/view/815> (March 8, 2023).
- Lukman Hudi ; Shahab Abdullah. 2005. "Optimasi Produktifitas Budidaya Udang Vaname (*Litopenaues Vannamae*) Dengan Menggunakan Metode Respon Surface Dan Non Linier Programing." *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi II Program Studi MMT-ITS II(II)*: 9.
- Matsaini, Matsaini, and Sholeh Rachmatullah. 2021. "Sistem Informasi Pelayanan SIM." *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA* 14(1): 40–50.
<http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/ti/article/view/15062> (February 19, 2022).
- Mulyani Sri. 2016. *Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Manajemen Keuangan Daerah: Notasi Pemodelan Unified Modeling Language (UML)*. 1st ed. Bandung: Abdi Sistematika.
https://books.google.co.id/books?id=_7nPDgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (November 16, 2020).
- Muzafarov, Farruh, and Abdimurod Eshmuradov. 2019. "Wireless Sensor Network Based Monitoring System for Precision Agriculture in Uzbekistan." *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)* 17(3): 1071–80.
- Nur, Hidayati. 2019. "Penggunaan Metode Waterfall Dalam Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan." *Generation Journal* 3(1): 1–10.
<https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/gj/article/view/12642> (March 7, 2023).
- Othman, Maison M., and Ali El-Mousa. 2020. "Internet of Things Cloud Computing Internet of Things as a Service Approach." *2020 11th International Conference on Information and Communication Systems, ICICS 2020*: 318–23.
- Pote, Jefonses Yarsian. 2019. "Analysis and Design of Information Systems News Portal Citizen Journalism Sumba-Indonesia as Local Content Promotion Media." *Jurnal Informatika* 12(1): 30.
<http://journal.uad.ac.id/index.php/JIFO/art>

- icle/view/8367 (November 16, 2020).
- Pratama, Anggi Arif, Imam Marzuki, and Nuzul Hikmah. 2022. "Rancang Bangun Aplikasi Nota Otomatis Berbasis QR-Code Menggunakan PHP Framework Codeigniter Dan CSS Bootstrap." *Intro - Jurnal Informatika dan Teknik Elektro* 1(1): 26–30.
<https://ejournal.upm.ac.id/index.php/jurnalintro/article/view/1073> (March 8, 2023).
- Primanandra, Afdal, Meqorry Yusfi, and Rahmat Rasyid. 2024. "Sistem Pemantauan Serta Pengendalian Suhu Dan PH Air Berbasis Arduino Uno Pada Pendederan Udang Vaname." *Jurnal Fisika Unand* 13(3): 322–28.
<http://jfu.fmipa.unand.ac.id/index.php/jfu/article/view/1262> (May 17, 2024).
- Rachmatullah, Sholeh, Nirwana Haidar Hari, Matsaini Matsaini, and Anang Faktchur Rachman. 2023. "Sistem Informasi Manajemen Pakan Dan Monitoring Kulit Air Tambak Pada Budidaya Udang Vaname Berbasis Web." *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics* 5(1): 84–95.
<https://journal.unublitar.ac.id/ilkomnika/index.php/ilkomnika/article/view/541> (June 21, 2023).
- Rachmatullah, Sholeh, Muhammad Yazir Zain, Anang Faktchur Rachman, and Matsaini Matsaini. 2023. "MONITORING KUALITAS AIR TAMBAK UDANG VANAME BERBASIS INTERNET OF THINGS." *Kabillah (Journal of Social Community)* 8(2): 116–28.
<https://ejournal.iainata.ac.id/index.php/kabillah/article/view/291> (January 22, 2024).
- Saha, Sajal, Rakibul Hasan Rajib, and Sumaiya Kabir. 2018. "IoT Based Automated Fish Farm Aquaculture Monitoring System." *2018 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology, ICISSET 2018*: 201–6.
- Shamshiri, Redmond Ramin et al. 2018. "Advances in Greenhouse Automation and Controlled Environment Agriculture: A Transition to Plant Factories and Urban Agriculture." *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 11(1): 1–22.