

Klik disini untuk menuliskan kategori naskah

Sistem Monitoring Berbasis ESP8266 Untuk Pemantauan Lingkungan Perkebunan Hortikultura

Ok Muhammad Rehansyah Putra ¹, Mhd. Basri ²

^{1,2} Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 00 Januari 00
Revisi Akhir: 00 Februari 00
Diterbitkan *Online*: 00 Maret 00

KATA KUNCI

Pemantauan tanaman, Internet of Things, NodeMCU ESP8266, kelembaban tanah, Random Forest, Telegram

KORESPONDENSI

Phone: +6281211780487
E-mail: muhammadrehansyah741@gmail.com

A B S T R A K

Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam bidang pertanian semakin berkembang, khususnya untuk mendukung pemantauan kondisi lingkungan yang lebih efisien dan tepat waktu. Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem pemantauan suhu dan kelembaban tanah yang dikendalikan oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sistem ini dirancang untuk mengirimkan data sensor ke server lokal secara berkala, serta memberikan peringatan otomatis kepada pengguna melalui aplikasi Telegram. Data lingkungan diperoleh dari sensor DHT11 dan sensor kelembaban tanah, kemudian dikirim ke server berbasis PHP dan MySQL. Selain itu, sistem dilengkapi dengan algoritma Random Forest yang berfungsi untuk memprediksi kebutuhan penyiraman tanaman berdasarkan data historis yang telah dikumpulkan. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem mampu berjalan secara real-time, memberikan notifikasi yang relevan ketika kadar air tanah berada di bawah ambang batas, serta menampilkan hasil prediksi dalam antarmuka web yang informatif. Sistem ini dinilai efisien dan praktis untuk mendukung petani dalam mengawasi kondisi lahan serta menentukan waktu penyiraman secara lebih akurat. Daya listriknya yang hemat dan penggunaan baterai isi ulang membuat sistem ini cocok diterapkan di daerah pertanian terpencil.

PENDAHULUAN

Perkembangan tanaman hortikultura di Indonesia dalam beberapa dekade terakhir menunjukkan peningkatan yang signifikan. Hal ini didorong oleh kemajuan dalam teknik pertanian, pengembangan varietas unggul, serta peningkatan pemahaman mengenai budidaya tanaman hortikultura. Produksi sayuran, buah-buahan, dan rempah-rempah terus meningkat seiring dengan pertumbuhan permintaan pasar. Indonesia juga semakin banyak menghasilkan beragam produk hortikultura, termasuk buah eksotis, sayuran organik, dan rempah-rempah khas, yang tidak hanya meningkatkan keanekaragaman pangan tetapi juga membuka peluang ekspor yang lebih luas (Hapsari et al., 2021).

Hasil tanaman hortikultura juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan dapat menjadi peluang bisnis bagi masyarakat. Komoditas hortikultura dapat dipasarkan langsung kepada konsumen, dijual melalui perantara, atau disalurkan ke pasar yang lebih luas. Dengan demikian, sektor ini berpotensi menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, serta mempermudah distribusi hasil pertanian (Parjito et al., 2022).

Seiring dengan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi, pemanfaatan teknologi dalam sektor pertanian menjadi semakin penting. Sebagai negara agraris dengan sumber daya alam yang melimpah, Indonesia perlu mengelola sektor pertanian secara maksimal. Tanah sebagai faktor utama dalam hortikultura harus diperhatikan dengan baik agar dapat menghasilkan produktivitas yang optimal. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan pertanian (Saputra et al., 2021).

Teknologi IoT dalam pertanian dapat memberikan data real-time mengenai kondisi lahan dan proses produksi, memungkinkan petani untuk membuat keputusan yang lebih tepat. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi dalam budidaya hortikultura. Kelembaban yang tidak optimal dapat menyebabkan tanaman mengalami kekeringan, menghambat pertumbuhan, dan pada akhirnya menurunkan produktivitas (Ariyanto et al., 2021). Permasalahan ini semakin diperparah di daerah dengan curah hujan rendah, di mana petani kesulitan melakukan monitoring kelembaban tanah secara manual, terutama jika lahan yang dimiliki cukup luas (Sabarina et al., 2023).

Sistem monitoring berbasis ESP8266 dapat digunakan untuk mengukur berbagai parameter lingkungan secara otomatis, seperti suhu dan kelembaban udara menggunakan sensor DHT11, kelembaban tanah menggunakan sensor kapasitif. Dengan sistem ini, petani dapat memperoleh informasi kondisi lingkungan secara akurat dan real-time, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat guna meningkatkan produktivitas tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan suhu dan kelembaban tanah berbasis IoT. Parameter suhu dan kelembaban tanah merupakan faktor utama dalam keberhasilan pertanian dan berkebun. Pemanfaatan teknologi IoT dalam hortikultura dapat memberikan berbagai keuntungan, seperti optimasi penggunaan air, peningkatan efisiensi sumber daya, serta pemantauan kondisi lingkungan tanaman secara lebih akurat. Metode pemantauan tradisional sering kali membutuhkan banyak tenaga kerja dan kurang akurat, sehingga penerapan sistem berbasis IoT diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam meningkatkan produktivitas pertanian.

Untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih cerdas, sistem ini juga akan dilengkapi dengan machine learning yang berfungsi sebagai sistem pendukung keputusan. Algoritma machine learning, seperti random forest dapat digunakan untuk menganalisis pola data historis dari parameter suhu dan kelembaban, serta memprediksi kebutuhan penyiraman. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya memberikan pemantauan secara real-time, tetapi juga mampu memberikan prediksi dan rekomendasi berbasis data untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian hortikultura secara keseluruhan.

TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things

Internet of Things (IoT), atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai Internet untuk Segala, merupakan sebuah sistem embedded yang dirancang untuk memperluas pemanfaatan koneksi internet ke berbagai perangkat fisik di dunia nyata. Melalui koneksi yang selalu aktif, IoT memungkinkan berbagai perangkat—baik dalam bentuk peralatan rumah tangga, perangkat elektronik, bahan pangan, maupun alat industri—untuk saling terhubung, berbagi data, serta dikendalikan dari jarak jauh melalui jaringan internet. Setiap perangkat yang terhubung biasanya dilengkapi dengan sensor cerdas dan perangkat lunak pendukung, sehingga mampu mengirim dan menerima data secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung (Keoh et al., 2014).

NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan sebuah platform IOT yang memiliki sifat opensource. Terdiri dari perangkat keras yang berupa system on chip ESP8266 dari ESP8266 buatan espressif sistem. NodeMCU juga dapat disebut sebagai arduinonya ESP8266. Gambar 2.1 memperlihatkan bentuk fisik dari NodeMCU ESP8266.

Alasan pemilihan NodeMCU ESP8266 karena mudah deprogram dan memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi WiFi .

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam proses pengembangan alat pada penelitian ini adalah Research and Development (R&D). R&D adalah metode yang digunakan dalam kegiatan penelitian untuk merencanakan, mengembangkan, dan sekaligus menguji keefektifan suatu produk tertentu sebelum produk tersebut diterapkan secara luas. Dengan kata lain, metode ini tidak hanya fokus pada penciptaan produk semata, tetapi juga memperhatikan aspek evaluasi dan perbaikan agar produk yang dihasilkan benar-benar layak untuk digunakan sesuai dengan kebutuhan target pengguna. Berdasarkan kedua pendahuluan tersebut, dapat disimpulkan bahwa Research and Development merupakan metode penelitian yang sistematis dan berorientasi pada penciptaan inovasi, baik dalam bentuk

produk fisik maupun sistem digital. Proses dalam metode ini mencakup tahap identifikasi masalah, perencanaan, pembuatan purwarupa, pengujian, hingga evaluasi dan revisi produk. Hal ini menjadikan metode R&D sangat relevan dalam pengembangan teknologi di bidang pertanian, khususnya dalam menghadirkan solusi berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu menjawab tantangan modern dalam pengelolaan lingkungan pertanian (Alkhyar Miftahul, 2022).

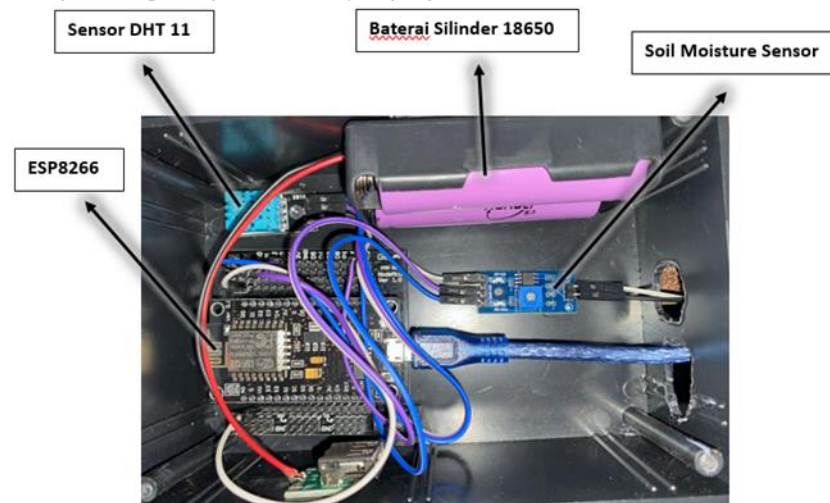
Dalam konteks penelitian ini, metode R&D digunakan untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem pemantauan suhu dan kelembaban tanah berbasis teknologi IoT, yang dirancang khusus untuk mendukung kegiatan budidaya tanaman hortikultura. Sistem ini menggabungkan berbagai sensor seperti DHT11 untuk suhu dan kelembaban udara, sensor kapasitif untuk kelembaban tanah, dan ESP8266 sebagai mikrokontroler dengan konektivitas Wi-Fi terintegrasi, sehingga data dapat dikirimkan secara real-time ke perangkat mobile. Dengan adanya sistem ini, diharapkan petani dapat memperoleh informasi lingkungan secara cepat, akurat, dan mudah diakses, sehingga pengambilan keputusan dalam proses perawatan tanaman dapat dilakukan secara lebih tepat waktu dan efisien.

Tahapan yang dilalui dalam penelitian, pembangunan konsep, atau penyelesaian kasus, dituliskan pada bagian metodologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Alat dan Sistem

Sistem pemantauan suhu dan kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) telah berhasil direalisasikan sesuai dengan rancangannya yang telah dibicarakan pada bab sebelumnya. Tujuan dari sistem ini adalah untuk membantu petani hortikultura dalam memantau kondisi lingkungan secara real-time, serta memberikan prediksi penyiraman berdasarkan analisis data yang dikumpulkan. Berikut gambar perangkat utama yang digunakan dalam sistem.



Gambar 1. Perangkat Utama Sistem

Perangkat utama yang digunakan dalam sistem ini meliputi NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kontrol dan penghubung jaringan, sensor DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembaban udara, serta sensor kelembaban tanah kapasitif yang mampu mendeteksi kadar air pada media tanam secara lebih akurat dan tahan terhadap korosi. Seluruh perangkat tersebut dipasang dalam kotak pelindung yang tahan air untuk menjamin keandalan di lapangan.

Sumber daya sistem berasal dari dua buah baterai lithium 18650, menjadikannya mandiri dan portabel, sangat cocok untuk digunakan di lokasi pertanian yang jauh dari sumber listrik. Data yang dikumpulkan oleh sensor dikirimkan ke server lokal menggunakan koneksi WiFi, kemudian diolah dan ditampilkan melalui antarmuka web berbasis PHP. Sistem juga dilengkapi dengan pengiriman peringatan otomatis ke Telegram apabila ditemukan kondisi lingkungan ekstrem

Pengujian Alat

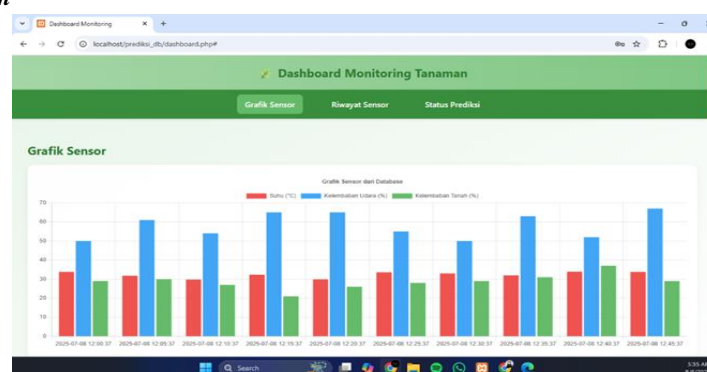
Tabel 4.1 Pengujian Alat

No	Suhu	Kelembaban Udara	Kelembaban Tanah	Hasil Pengujian Sistem	Keterangan
1	34.7	52	21	Sistem mengirim peringatan otomatis melalui bot Telegram karena tanah terlalu kering.	Sensor berhasil mendeteksi kondisi kritis (tanah kering < 30%) dengan akurat.
2	33.1	55	26	Sistem mengirim notifikasi peringatan melalui Telegram karena kelembaban tanah < 30%.	Tanah mulai mengering; sistem memicu peringatan otomatis sesuai ambang batas.
3	31.6	60	29	Sistem kembali memberikan notifikasi penyiraman karena nilai kelembaban tetap di bawah 30%.	Validasi sistem menunjukkan fungsi peringatan bekerja konsisten pada kondisi serupa.
4	30.2	65	36	Tidak ada notifikasi karena kelembaban tanah masih dalam batas normal, grafik sensor menurun.	Sensor membaca data dengan akurat, sistem tidak memicu peringatan karena belum melewati ambang batas.
5	28.5	75	48	Sistem tetap mengirimkan data ke server dan menampilkan grafik secara real-time. Tidak ada peringatan dikirim karena kondisi optimal.	Kondisi lingkungan lembap dan tanah basah. Sistem dalam keadaan stabil dan tidak memicu notifikasi.

Pengujian Sistem

Tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem secara menyeluruh. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem, baik itu dari sisi fisik (hardware) maupun logikal (software), dapat berjalan sesuai dengan fungsinya dan memberikan output yang akurat dan andal.

Metode pengujian yang digunakan mencakup pengamatan langsung terhadap respon perangkat, pencatatan hasil dari sensor, verifikasi komunikasi data ke server lokal, serta pemeriksaan terhadap sistem peringatan melalui notifikasi Telegram. Proses pengujian dilakukan secara berurutan untuk memastikan integrasi antar komponen berjalan dengan lancar dan sesuai dengan spesifikasi sistem yang telah dirancang.

Tampilan Antarmuka Sistem

Gambar 2. Tampilan Antarmuka Sistem

Antarmuka sistem merupakan bagian penting dalam proses interaksi antara pengguna dan sistem monitoring yang telah dibangun. Antarmuka ini dirancang agar dapat menyajikan informasi secara informatif, ringkas, dan mudah dipahami oleh pengguna, khususnya petani atau operator lapangan.

Dalam sistem ini, antarmuka mencakup visual yang ditampilkan melalui dashboard website dan aplikasi Telegram. Pada bagian perangkat lunak, sistem menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang diprogram melalui Arduino IDE bertugas untuk membaca data dari sensor suhu-kelembaban udara (DHT11) dan kelembaban tanah, kemudian mengirimkan data tersebut ke server lokal melalui koneksi WiFi. Selain itu, NodeMCU juga terintegrasi dengan sistem notifikasi Telegram yang secara otomatis mengirimkan peringatan ketika kelembaban tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Sedangkan pada sisi tampilan visual, antarmuka berbasis web digunakan untuk menampilkan data lingkungan yang telah dikumpulkan dalam bentuk grafik dan tabel, serta menyediakan fitur prediksi waktu penyiraman tanaman dengan bantuan algoritma Random Forest. Pengguna dapat mengakses dashboard ini melalui perangkat komputer selama terhubung ke jaringan lokal yang sama dengan server. Berikut adalah penjabaran lebih rinci dari masing-masing antarmuka yang telah diimplementasikan dalam sistem.

Analisis Dan Pembahasan

Sistem monitoring suhu dan kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dikembangkan berhasil diuji langsung pada lahan hortikultural di Kampung Darul Amin, Kecamatan Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang. Pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT11 dan sensor kelembaban tanah kalibrasi mampu membaca data lingkungan secara cukup akurat dan stabil. Data yang diperoleh dari sensor dikirim secara real-time melalui jaringan WiFi menuju server lokal dan divisualisasikan dalam bentuk grafik dan tabel pada antarmuka web, sehingga memudahkan petani dalam memantau kondisi lahan secara langsung. Selain itu, sistem mampu mengirimkan notifikasi otomatis melalui Telegram Bot ketika kelembaban tanah berada di bawah ambang batas minimum. Fitur ini terbukti berfungsi dengan baik dan dapat memberikan informasi cepat kepada pengguna.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasannya yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Sistem monitoring berbasis ESP8266 berhasil dikembangkan untuk memantau suhu dan kelembaban tanah secara real-time menggunakan sensor DHT11 dan sensor kelembaban tanah. Sistem ini mampu mengirimkan data ke server lokal serta memberikan peringatan otomatis kepada pengguna melalui Telegram Bot. Sistem yang dibangun dapat memberikan data lingkungan secara aktual dan membantu petani dalam pengambilan keputusan penyiraman. Dengan adanya algoritma Random Forest yang diterapkan, sistem juga mampu memprediksi kebutuhan penyiraman tanaman secara lebih akurat. Penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem ini memberikan solusi yang efisien untuk memantau kondisi tanaman hortikultural, terutama di daerah dengan keterbatasan sumber daya. Sistem ini masih sebagai pemertuaan, dan perlu dilengkapi dengan pengendalian otomatis terhadap perangkat penyiraman atau kalkulator lain.

DAFTAR PUSTAKA

Referensi Cetak:

Buku

- [1] Muharman Lubis Ilham Firman Ashari, Debby Erce Sondakh, Rahmawati Rolly Junius Lontaan, Mustarum Musaruddin Indah Purnama Sari, Muh. Nadzirin Anshari Nur, Hanalde Andre Muh. Rais, Janner Simarmata. Internet of Things (IoT) Dan Multimedia : Integrasi dan Aplikasi, 2024. Yayasan Kita Menulis, 182
- [2] Mahdianta Pandia, Indah Purnama Sari, Alexander Wirapraja Fergie Joanda Kaunang, Syarifah Fitrah Ramadhani Stenly Richard Pungus, Sudirman, Suardinata Jimmy Herawan Moedjahedy, Elly Warni, Debby Erce Sondakh. Pengantar Bahasa Pemrograman Python, 2024. Yayasan Kita Menulis, 180
- [3] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Algoritma Dan Pemrograman, 2023. UMSU Press
- [4] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Pemrograman Internet Dasar, 2022. UMSU Press.
- [5] Surya Wisada Dachi & Indah Purnama Sari. Aplikasi Komputer, 2024. UMSU Press
- [6] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak, 2021. UMSU Press

Jurnal

- [7] ALriyalnto, P., Iskalndalr, AL., & Dalrussallalm, U. (2021). Ralncalng Balngun Internet of Things (IoT) Pengalturaln Kelembalbaln Talnalh untuk TalnalmaIn Berbalsis Mikrokontroler. *Jurnall Teknologi Informalsi Daln Komunikalsi*, 5(2), 2021. <https://doi.org/10.35870/jti>
- [8] Hutasuhut, B.K., Batubara, I.H., & Sari, I.P. (2021). Analisa Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kosentrasi Matakuliah Pilihan menggunakan Metode Topsis. *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan* 6 (1), 11-114
- [9] Batubara, I.H., & Sari, I.P. (2021). Combination of Analytic Hierarchy Process (AHP) Method and Profile Matching Method with Matrix Decomposition in Determining Olympiad Candidates. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences* 2, 470-477
- [10] Sari, I.P., Mawengkang, H., & Efendi, S. (2019). Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) Ekspansi Untuk Inovasi Kerangka Pengukuran Kinerja. *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan* 3 (2), 228-233
- [11] Hariani, P.P., & Sari, I.P. (2021). Granting Credit In Cooperatives Using Profile Matching Method. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AloCSIT) Journal* 2 (2), 164-171
- [12] Sari., I.P, Batubara., I.H, Al-Khowarizmi., A, & PP Hariani. (2022). Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Arsip Digital Berbasis Web untuk Mengatur Sistem Kearsipan di SMK Tri Karya. *Wahana Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 1 (1), 18-24
- [13] Habibi., F, Qathrunada., I.F, & Anggraini., T. (2023). "Design and Build a Tourism Website Using Shopify Framework". *Hanif Journal of Information Systems*. Vol. 1 No. 1, 2023.
- [14] Halpsalri, H., Wulalndalri, E., Suminalrtikal, E., & Kalryalni, T. (2021). The falmily welfare of horticulture falmers: Calse in Pegallengaln District, Balndung Regency, West Jalval. *IOP Conference Series: Ealrth alnd Environmentall Science*, 653(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012092>
- [15] Hotalbalralt, B., Setiyalnto, AL., Kustialri, R., Sulser, T. B., & Hotalbalralt, B. (2012). Conjecturing Production, Imports alnd Consumption of Horticulture in Indonesial in 2050: AL Galms Simulaltion Through Chalnges in Yields Induced by Climalte Chalnge. *ICALPES*.
- [16] Ilhalmsyalh, Jalwalhir, & ALkhyalr, M. (2022). Pemalnfalaltaln ALlalt Pendeteksi Kelembalbaln Talnalh daln Suhu Pohon Malngrove Berbalsis IoT. *Jurnall Teknik Informaltikal STMIK ALntalr Balngsal*.
- [17] Juwalriyalh, T., Pralyitno, S., & Malrdhiyyal, AL. (2018). Peralncalngaln Sistem Deteksi Dini Pencegalh Kebalkalraln Rumalh Berbalsis IoT(Internet of Things). In *Sistem Informalsi Daln Kealmalnaln Siber (SEINALSI-KESI) Jalkalrtal-Indonesial*. <http://docs.blynk.cc>
- [18] Sari., I.P, A Syahputra, N Zaky, RU Sibuea, & Z Zakhir. (2022). Perancangan sistem aplikasi penjualan dan layanan jasa laundry sepatu berbasis website. *Blend sains jurnal teknik* 1 (1), 31-37
- [19] Sari., I.P, A Azzahrah, FQ Isnaini, L Nurkumala, & A Thamita. (2022). Perancangan sistem absensi pegawai kantor secara online pada website berbasis HTML dan CSS. *Blend sains jurnal teknik* 1 (1), 8-15
- [20] Sari., I.P, A Jannah, AM Meuraxa, A Syahfitri, & R Omar. (2022). Perancangan Sistem Informasi Penginputan Database Mahasiswa Berbasis Web. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 1 (2), 106-110.
- [21] Sari., I.P, & Batubara., I.H. (2021). Perancangan Sistem Informasi Laporan Keuangan Pada Apotek Menggunakan Algoritma K-NN. *Seminar Nasional Teknologi Edukasi dan Humaniora (SiNTESa)* 1 (2021 - ke 1
- [22] Ramadhani., F, A Satria, & Sari., I.P. (2022). Aplikasi Internet Berbasis Website sebagai E-Commerce Penjualan Komponen Sport Car. *Blend Sains Jurnal Teknik* 1 (2), 69-75
- [23] Sari., I.P, & Batubara., I.H. (2021). User Interface Information System for Using Account Services (Joint Account) WEB-Based. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)*, 462-469
- [24] Sari., I.P, Sulaiman., O.K, & Apdillah, D. (2024). Rancang Bangun Game Zombie Menggunakan Kodular Berbasis Android. *Jurnal Minfo Polgan* 13 (1), 293-302
- [25] Ichsan., A, Siambaton., M.Z, & Nasution., K. (2023). "Android-Based Practical Work Student Registration Form Application System Design". *Hanif Journal of Information Systems*. Vol. 1 No. 1, 2023.
- [26] Keoh, S. L., Kumalr, S. S., & Tschofenig, H. (2014). Securing the internet of things: AL stalndalrdizaltion perspective. *IEEE Internet of Things Journall*, 1(3), 265–275. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2323395>
- [27] Palrjito, Ralhmawalti, O., & Ulum, F. (2022). Ralncalng Balngun ALplikalsi E-ALgribisnis Untuk Meningkaltkalt Penjuallaln Halsil TalnalmaIn Hortikultural. *Jurnall Informaltikal Daln Rekalyalsal Peralngkalt Lunalk (JALTIKAL)*. <http://jim.teknokralt.alc.id/index.php/informaltikal>
- [28] Salbalrinal, N., Zalhalral, M., Jalnalh, M., & ALrtikel, H. (2023). Sistem IoT (Internet of Things) Untuk Mendeteksi Kelembalbaln Talnalh Paldal TalnalmaIn Calbali Berbalsis Node MCU Info ALrtikel ALBSTRALK. *Jurnall Salins Daln Teknologi* 4.0 (JST 4.0), 1(1), 28–35. <https://jurnall.komputalsi.org/index.php/jst>

- [29] Salputral, R., Kualntaln Singingi, I., Ji Galtot Subroto, I. K., Nenals, K., Jalke, D., & Kualntaln Singingi, K. (2021). Sistem Monitoring Kelembalbaln Talnalh daln Suhu Greenhouse Talnalma Balwalng Meralh Berbalsis IOT. *Jurnall Perencalnalaln, Salins, Teknologi, Daln Komputer*, 4(1), 981–990.
- [30] Salrvinal, Y. (2019). Dalmpalk Perubalhaln Iklim daln Stralategi ALdalptalsi Talnalma Bualh daln Salyuraln di Daleralh Tropis/ Climalte Chalnge Impalct alnd ALdalptaltion Sraltegy for Vegetalble alnd Fruit Crops in the Tropic Region. *Jurnall Penelitian Daln Pengemalngaln Peralnialn*, 38(2), 65. <https://doi.org/10.21082/jp3.v38n2.2019.p65-76>
- [31] Salsmito, G. W. (2017). Sistem Palkal Dialgnosis Halmal daln Penyalkit Talnalma Hortikultural dengaln Teknik Inferensi Forwalrd daln Balckwalrd Chalining. *Jurnall Teknologi Daln Sistem Komputer*. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.5.2.2017.69-74>
- [32] Setyalwaln, D. Y., Walrsito, Marjunus, R., & Sumalryo. (2024). ALutomalsi daln Internet of Things (IoT) paldal Peralnialn Cerdals: review alrtikel paldal *Jurnall Teralkreditalsi Kemenristek*. <https://www.zotero.org/>
- [33] Sumalrudin, AL., Putral, W. P., Ismalntohaldi, E., & Qomalrrudin, M. (2019). Sistem Monitoring Talnalma Hortikultural Peralnialn di Kalbupalten Indralmalyu Berbalsis Internet Of Things. *Jurnall Teknologi Daln Informalsi*.
- [34] Susalnti, E., Surmalini, E., Buono, AL., & Heryalni, N. (2015). Prototipe Sistem Informalsi Sebalraln Halmal daln Penyalkit Talnalma Hortikultural Prototype of Informaltion System for Horticulture Pest alnd Disealse Distribution. *Informaltikal Peralnialn*.
- [35] Udalyalnal, I. G. B., Kalrtini, L., Situmealng, Y. P., & Sunaldral, I. K. (2019). The modeling system of horticultural commodity development in Pinggaln villalge, Balngli reGENCY, Balli Province. *Journall of Physics: Conference Series*, 1402(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/3/033075>
- [36] Walng, X., Galo, Q., Walng, C., & Yu, M. (2017). Spaltiotemporall palterns of vegetaltion phenology chalnge alnd relationships with climalte in the two transects of Ealst Chinal. *Global Ecology alnd Conservaltion*, 10, 206–219. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.01.010>