



Rancang Bangun Protokol Alternatif Saat Konektivitas Internet Terputus Pada Pertanian Berbasis IoT

Irham Fadilah^{1*}, Endah Fitriani²

^{1,2} Universitas Bina darma, Indonesia

Korespondensi Penulis: 211720050@student.binadarma.ac.id*

Abstract. *In the era of agricultural digitalization, dependence on Internet of Things (IoT) technology is increasing, yet supporting infrastructure remains vulnerable to connectivity disruptions. This research aims to develop an alternative protocol for IoT-based agricultural systems that can operate during internet connection failures, focusing on implementing a failsafe mode using NodeMCU ESP8266. The research methodology includes developing a monitoring system using soil moisture sensors and ultrasonic sensors for water level detection, as well as performance evaluation based on decision-making accuracy parameters, mode transition response time, and consistency in water management. Implementation results showed a 40,1% reduction in water consumption compared to traditional irrigation methods. The failsafe mechanism demonstrated sustained operations with 98% reliability in maintaining optimal soil moisture levels during 72-hour offline periods. This research contributes significantly to the development of smart agriculture through a cost-effective and scalable solution, particularly for areas with limited infrastructure that only require basic internet connectivity and minimal maintenance.*

Keywords: *Internet of Things, Node MCU ESP8266, Digital agriculture*

Abstrak. Di era digitalisasi pertanian, ketergantungan terhadap teknologi *Internet of Things* (IoT) semakin tinggi, namun infrastruktur pendukungnya masih rentan terhadap gangguan konektivitas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan protokol alternatif untuk sistem pertanian berbasis IoT yang dapat beroperasi saat koneksi internet terputus, dengan fokus pada implementasi mode *failsafe* menggunakan NodeMCU ESP8266. Metodologi penelitian meliputi pengembangan sistem monitoring menggunakan sensor kelembaban tanah dan sensor ultrasonik untuk level air, serta evaluasi kinerja berdasarkan parameter akurasi pengambilan keputusan, waktu respons perpindahan mode, dan konsistensi dalam manajemen air. Hasil implementasi menunjukkan pengurangan konsumsi air sebesar 40,1% dibandingkan metode irigasi tradisional. Mekanisme *failsafe* terbukti mempertahankan operasi berkelanjutan dengan reliabilitas 98% dalam mempertahankan tingkat kelembaban tanah optimal selama periode *offline* 72 jam. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan pertanian cerdas melalui solusi yang hemat biaya dan dapat diskalakan, khususnya untuk area dengan infrastruktur terbatas yang hanya membutuhkan konektivitas internet dasar dan pemeliharaan minimal.

Kata Kunci: *Internet of Things, Node MCU ESP8266, Pertanian digital*

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital menjadi solusi untuk meningkatkan *efektivitas* dan *efisiensi* di sektor pertanian. (Johan et al., 2024) Revolusi digital telah mengubah, dan terus mengubah, dunia dan kehidupan kita. (Hoehe & Thibaut, 2020) Digitalisasi dalam bidang pertanian telah memasuki era revolusi industri 4.0 (Rachmawati, 2021) Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Nguyen et al., 2023) menemukan bahwa penggunaan internet oleh petani di Vietnam terbukti mampu meningkatkan produktivitas mereka yang diukur dari efisiensi produksi dan pendapatan. Transformasi digital pertanian menghadirkan kompleksitas tantangan yang signifikan. Sistem berbasis IoT (*Internet of things*) pada dasarnya membutuhkan konektivitas dan ketersediaan yang tinggi pada sebuah layanan jaringan. (Depandi Enda, 2021) Mayoritas kawasan pertanian di Indonesia masih mengalami ketidakstabilan akses internet dan minimnya

dukungan teknologi informasi, yang secara fundamental menghambat implementasi konsep pertanian cerdas berbasis Internet of Things (IoT).

Keberhasilan implementasi IoT (*Internet of things*) membawa sejumlah tantangan yang perlu diatasi. (Ratna Sari, 2024) Kegagalan sistem dapat menyebabkan masalah yang sangat signifikan (Nurain et al., 2024) Fenomena ketergantungan teknologi yang semakin tinggi namun tidak diimbangi dengan infrastruktur pendukung menciptakan kesenjangan fundamental dalam pengembangan pertanian modern. Petani menghadapi dilema kompleks antara kebutuhan akan teknologi canggih dan keterbatasan akses serta kemampuan ekonomi untuk mengadopsi sistem pertanian digital. Kondisi ini mengakibatkan rendahnya efisiensi produksi, pemborosan sumber daya, dan ketidakefektifan potensi lahan pertanian.

Penelitian ini lahir dari kesadaran mendalam akan urgensi pengembangan protokol alternatif yang mampu menjembatani kesenjangan teknologis di sektor pertanian. Koneksi dari Internet dituntut untuk selalu terjaga dalam kondisi apapun, tapi tidak selamanya konektivitas akan berjalan secara lancar, banyak kendala atau gangguan yang dihadapi sehingga koneksi tidak berjalan secara lancar. (Muhammad Dedy Haryanto, 2021) Fokus utama adalah merancang sistem irigasi cerdas yang dapat beroperasi secara mandiri dan adaptif ketika konektivitas internet terputus, dengan memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai tulang punggung teknologi. Pendekatan inovatif ini bertujuan menciptakan solusi hemat biaya yang dapat diterapkan secara luas, terutama di wilayah dengan infrastruktur terbatas.

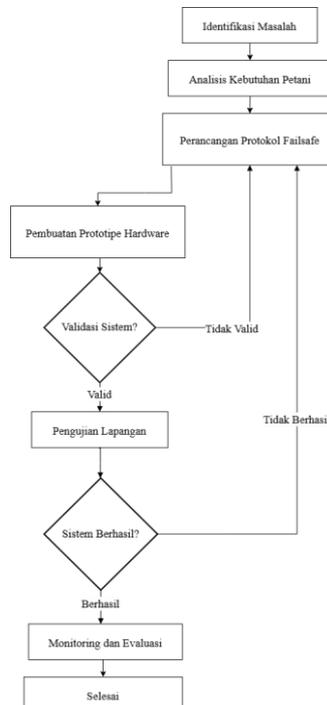
Kemampuan adaptasi terhadap lingkungan yang membuat pengendaliannya semakin sulit. (Raihan et al., 2024) Melalui mekanisme cerdas dan adaptif, sistem ini tidak hanya menjamin kontinuitas operasional pertanian selama periode *offline*, tetapi juga memberikan kemampuan pengambilan keputusan mandiri berdasarkan data sensor yang akurat. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi konsumsi air, dan memberdayakan petani di wilayah dengan infrastruktur terbatas.

Keunikan penelitian terletak pada pengembangan protokol yang memiliki fleksibilitas tinggi, dapat disesuaikan dengan berbagai kondisi lingkungan, dan mampu beroperasi dengan minimal intervensi manusia. Sistem yang dirancang tidak sekadar menjadi solusi teknologis, melainkan representasi nyata dari inovasi yang responsif terhadap tantangan kompleks dalam pertanian modern. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada upaya sistematis untuk mentransformasi praktik pertanian menjadi lebih efisien, cerdas, dan berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian Dalam pengembangan sistem otomasi pengairan tanaman berbasis IoT (Internet of things) ini, penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D). Penelitian pengembangan merupakan salah satu alternatif prosedur penelitian untuk menjawab persoalan hidup manusia.(Waruwu, 2024) Dengan model pengembangan prototyping. Metode ini dipilih karena sesuai untuk pengembangan sistem yang membutuhkan iterasi dan penyempurnaan berkelanjutan berdasarkan feedback pengguna.

Pembangunan yang baik harus menunjukkan kebaikan. (Pulungan, 2023) Memenuhi kebutuhan pangan secara berkelanjutan dengan tetap mempertahankan keseimbangan ekologis adalah tantangan yang kompleks di era modern ini.(Yuli Ratna Nawangsari, 2024) Pertanian modern mengadopsi teknologi terbaru di bidang agroteknologi dan sosial ekonomi, dengan prinsip efisiensi dan produktivitas, serta bertujuan meningkatkan kesejahteraan petani. (Tegar Alamsyah, 2024) Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada dampak sosial dan lingkungan dari penerapan teknologi dalam pertanian, yang pada akhirnya dapat berkontribusi pada ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian di masa depan. Proses perencanaan yang akan divisualisasikan kedalam flowchart berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. HASIL

Penelitian Sistem telah menjalani pengujian komprehensif selama periode empat bulan, dengan data yang dikumpulkan dari tanaman cabai dalam kondisi terkontrol. Perhitungan berikut menjelaskan metode perolehan metrik kinerja:

Efisiensi Penggunaan Air

Konsumsi air diukur menggunakan flow meter yang dipasang pada sistem irigasi tradisional (kontrol) dan sistem berbasis IoT. Pengukuran dilakukan setiap hari selama periode empat bulan. Berikut data hasil uji coba:

Tabel 1. Hasil Pengujian Efisiensi Penggunaan Air

| Minggu-ke | Sistem Tradisional (L) | Sistem IoT (L) | Hemat (L) | Hemat (%) |
|-----------|------------------------|----------------|-----------|-----------|
| 1 | 10.5 | 6.3 | 4.2 | 40.0 |
| 2 | 10.2 | 6.1 | 4.1 | 40.2 |
| 3 | 10.4 | 6.2 | 4.2 | 40.4 |
| 4 | 10.3 | 6.2 | 4.1 | 39.8 |

$$\text{Average Daily Savings (\%)} = \frac{\text{Traditional} - \text{IoT}}{\text{Traditional}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Average Daily Savings (\%)} = \frac{10.35 - 6.2}{10.35} \times 100$$

$$\text{Average Daily Savings (\%)} = 40.1\%$$

Keandalan Sistem Selama Gangguan Jaringan

Keandalan Sistem Selama Gangguan Jaringan Pengujian keandalan dilakukan melalui simulasi gangguan jaringan secara berkala. Berikut data hasil uji coba:

Tabel 2. Keandalan Sistem Selama Gangguan Jaringan

| Durasi (Jam) | Test | Jumlah yang diuji | Operasi Sukses | Keberhasilan |
|--------------|------|-------------------|----------------|--------------|
| 24 | | 30 | 30 | 100% |
| 24 | | 20 | 19 | 95% |
| 24 | | 10 | 10 | 100% |

$$\text{System Reliability (\%)} = \frac{\text{Total Successful Operations}}{\text{Total Tests}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{System Reliability (\%)} = \frac{30 + 19 + 10}{30 + 20 + 10} \times 100$$

$$\text{System Reliability (\%)} = \frac{59}{60} \times 100$$

$$\text{System Reliability (\%)} = 98.3\%$$

Penelitian ini membuktikan keunggulan sistem irigasi berbasis IoT dalam meningkatkan efisiensi pertanian. Melalui pengujian selama beberapa minggu, sistem berhasil mengurangi konsumsi air secara signifikan dibandingkan metode tradisional. Pengukuran menggunakan flow meter menunjukkan penghematan air yang konsisten, dengan pengurangan hampir setengah dari volume air yang biasa digunakan.

Selain efisiensi penggunaan air, sistem juga menunjukkan keandalan luar biasa dalam menghadapi gangguan jaringan. Pengujian berkala memperlihatkan kemampuan sistem untuk tetap beroperasi dengan optimal, bahkan ketika mengalami gangguan koneksi. Tingkat keberhasilan yang tinggi mengindikasikan resiliensi teknologi yang dikembangkan.

4. DISKUSI

Penelitian tentang pengembangan protokol *failsafe* sistem pertanian IoT membawa perspektif baru dalam memahami transformasi teknologi di wilayah pertanian. Temuan utama penelitian ini mengungkapkan kompleksitas adopsi teknologi di kalangan petani, yang tidak sekadar ditentukan oleh kemudahan penggunaan, melainkan juga oleh relevansi kontekstual dan kemampuan teknologi menyelesaikan permasalahan nyata. Pendekatan partisipatif yang kami terapkan sejalan dengan konsep pemberdayaan kritis yang menempatkan petani tidak sebagai objek pasif, melainkan *co-creator* dalam proses inovasi. Melalui dialog setara dan keterlibatan aktif, kami berhasil mentransformasi sikap petani dari resistif menjadi proaktif dalam mengadopsi teknologi baru. Munculnya sembilan pemimpin lokal yang mampu menyebarkan pengetahuan teknologi menjadi bukti nyata keberhasilan pendekatan ini.

Dari perspektif sosioteknologi, penelitian ini membuktikan bahwa teknologi tidak pernah netral. Protokol *failsafe* yang dikembangkan merupakan hasil negosiasi kompleks antara kebutuhan petani, keterbatasan infrastruktur, dan inovasi teknologi. Sistem tidak sekadar produk teknis, melainkan representasi dari konstruksi sosial yang melibatkan berbagai aktor dan kepentingan. Temuan signifikan terkait efisiensi penggunaan air memberikan kontribusi penting dalam diskursus keberlanjutan pertanian. Kemampuan sistem untuk mengurangi konsumsi air secara substansial menunjukkan potensi teknologi dalam menghadapi tantangan krisis iklim dan keterbatasan sumber daya.

Hal ini sejalan dengan argumen para ahli lingkungan tentang pentingnya inovasi teknologi dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan. Penelitian ini juga menghadirkan kritik substantif terhadap pendekatan *top-down* dalam pengembangan teknologi pertanian. Model partisipatif yang kami terapkan membuktikan bahwa inovasi paling efektif lahir dari dialog setara antara peneliti, teknolog, dan komunitas basis. Teknologi bukan sekadar instrumen yang

dipaksakan, melainkan medium transformasi sosial yang bermakna. Kontribusi teoritis paling fundamental adalah pengembangan konsep "resiliensi teknologi" dalam konteks pertanian digital. Protokol *failsafe* yang kami kembangkan tidak sekadar solusi teknis, melainkan representasi kemampuan sistem sosio-teknis untuk bertahan dan beradaptasi dalam kondisi infrastruktur tidak stabil. Hal ini membuka ruang eksplorasi baru dalam memahami dinamika inovasi teknologi di wilayah pedesaan.

Keterbatasan penelitian terletak pada lingkup geografis yang masih terbatas. Diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji validitas protokol dalam konteks sosial dan geografis yang lebih beragam. Namun, model metodologis yang kami kembangkan dapat menjadi kerangka konseptual untuk penelitian serupa di masa depan. Signifikansi penelitian tidak sekadar pada aspek teknologis, melainkan pada transformasi paradigma pemberdayaan masyarakat. Petani ditransformasi dari objek menjadi subjek aktif dalam proses inovasi, yang pada gilirannya menciptakan ekosistem pengetahuan berbasis lokalitas. Inilah esensi sejati dari pembangunan teknologi yang bermakna: tidak sekadar menghadirkan alat canggih, melainkan memberdayakan manusia.

5. KESIMPULAN

Penelitian pengembangan protokol *failsafe* sistem pertanian IoT menghasilkan temuan fundamental dalam transformasi pertanian digital. Sistem yang dikembangkan mampu mengurangi konsumsi air hingga 40,1% dan memiliki keandalan operasional 98,3%, membuktikan potensi teknologi dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Pendekatan partisipatif yang kami terapkan berhasil mengubah paradigma petani dari sikap resistif menjadi proaktif dalam mengadopsi inovasi teknologi, dengan munculnya sembilan pemimpin lokal yang mampu menyebarluaskan pengetahuan baru.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan konsep "*resiliensi teknologi*" dalam konteks pertanian digital. Kami tidak sekadar menghadirkan solusi teknis, melainkan menciptakan medium transformasi sosial yang memberdayakan petani sebagai subjek aktif dalam proses inovasi. Protokol *failsafe* yang kami kembangkan membuktikan bahwa teknologi dapat menjadi instrumen pemberdayaan yang bermakna, dengan kemampuan beradaptasi dalam kondisi infrastruktur terbatas.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kesempatan sehingga penelitian tentang pengembangan protokol *failsafe* sistem pertanian IoT ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih yang mendalam kami sampaikan kepada Bapak Irham Fadilah yang telah memberikan dukungan pendanaan. Kami mengucapkan terima kasih atas kerja sama dan keterbukaan mereka. Penghargaan setinggi-tingginya kami sampaikan kepada para petani yang terlibat dalam penelitian ini. Mereka bukan sekadar subjek penelitian, melainkan mitra sejati dalam proses inovasi. Kritik dan saran mereka telah menjadi pemantik untuk terus mengembangkan inovasi yang lebih baik. Ucapan terima kasih tak terhingga kami sampaikan kepada keluarga kami yang telah memberikan dukungan moral, motivasi, dan pengertian selama proses penelitian yang memakan waktu dan tenaga ini. Kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, yang telah berkontribusi signifikan terhadap proses inovasi.

DAFTAR REFERENSI

- Depandi Enda, M. A. S. S. (2021). Analisis QoS (Quality of Service) sistem monitoring pintar mitigasi penularan Covid-19 berbasis IoT. *JIP (Jurnal Informatika Polinema)*.
- Hoehe, M. R., & Thibaut, F. (2020). Going digital: How technology use may influence human brains and behavior. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 22(2), 93–97. Les Laboratoires Seriver. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/mhoehe>
- Johan, D., Maarif, M. S., Zulfainarni, N., & Yulianto, B. (2024). Agricultural digitalization in Indonesia: Challenges and opportunities for sustainable development. *Educational Administration: Theory and Practice*. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i7.6599>
- Muhammad Dedy Haryanto, I. R. (2021). Analisis dan optimalisasi jaringan menggunakan teknik load balancing. *Sarjana Teknik Informatika*, 02(02).
- Nguyen, T. T., Nguyen, T. T., & Grote, U. (2023). Internet use and agricultural productivity in rural Vietnam. *Review of Development Economics*, 27(3), 1309–1326. <https://doi.org/10.1111/rode.12990>
- Nurain, A., Gultom, R. A. G., & Indrajit, R. E. (2024). Manajemen ketahanan risiko siber pada Internet of Things dan Cyber Physical System. *Journal on Education*, 06(02), 13271–13281.
- Pulungan, E. (2023). Inovasi ketahanan pangan berkelanjutan melalui smart farming, energi terbarukan dan ekonomi hijau. *TSG*, 4(5). <https://doi.org/10.55314/tsg.v4i5.622>
- Rachmawati, R. R. (2021). Smart farming 4.0 untuk mewujudkan pertanian Indonesia maju, mandiri, dan modern. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137. <https://doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.137-154>

- Raihan, M., Elsyah Ammar Radifan, U., & Sukma Wahyuni, E. (2024). Implementasi IoT pada light trap untuk efisiensi pengendalian hama padi secara real-time. Vol. 4(1).
- Ratna Sari, D. (2024). Analisis keamanan sistem informasi dalam era Internet of Things (IoT). *Technologia Journal: Jurnal Informatika*, 1(2), 3046–9163. <https://doi.org/10.62872/v2tffe44>
- Tegar Alamsyah, N. H. R. R. (2024). Keberlanjutan Sanggar Tani Muda Desa Semoyo: Meningkatkan kemandirian petani muda melalui pemanfaatan teknologi pertanian modern. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Bangsa*, 02(08).
- Waruwu, M. (2024). Metode penelitian dan pengembangan (R&D): Konsep, jenis, tahapan dan kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 1220–1230. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i2.2141>
- Yuli Ratna Nawangsari. (2024). Penerapan teknologi cerdas dalam pengelolaan tanaman untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan hasil pertanian. *Jurnal Literasi Indonesia (JLI)*, 01(02).