



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



BLOCKCHAIN OFFLINE UNTUK PERTANIAN PRESISI: INTEGRASI *INTERNET OF EVERYTHING (IOE)* DI DAERAH TERPENCIL

Aryanto ^a, I. N. M. J. B Cipta ^b, M. H. Pratama ^c

Teknik Elektro, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No. 1, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 11/11/2024

Direvisi 13/01/2025

Dipublish 22/05/2025

Kata kunci:

Pertanian Presisi

Blockchain offline

Internet of Everything (IoE)

Daerah Terpencil

Rantai Pasokan Pertanian

Dalam era digital, pertanian presisi menjadi kunci untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas di sektor pertanian. Namun, tantangan besar tetap ada, terutama di daerah terpencil yang memiliki keterbatasan akses internet dan infrastruktur. Artikel ini mengeksplorasi integrasi teknologi *blockchain offline* dan *Internet of Everything (IoE)* sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan pertanian presisi di lingkungan tersebut. Melalui pendekatan kualitatif dan kuantitatif, penelitian ini mengumpulkan data melalui studi literatur, survei, wawancara mendalam, dan studi kasus di beberapa lokasi pertanian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *blockchain offline* dapat meningkatkan keamanan dan transparansi data, sementara IoE dapat membantu dalam pengumpulan dan analisis data secara real-time, meskipun di daerah dengan konektivitas terbatas. Rekomendasi strategis untuk implementasi teknologi ini disusun, mencakup pelatihan bagi petani dan pengembangan kebijakan yang mendukung. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan pertanian presisi yang berkelanjutan dan inklusif, serta mendorong adopsi teknologi di daerah terpencil.

* Penulis korespondensi.

E-mail: aryanto@eng.unila.ac.id (Aryanto)

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. Pertanian presisi, yang mengutamakan penggunaan data dan teknologi untuk meningkatkan hasil pertanian, semakin populer dengan dukungan dari *Internet of Things* (IoT). Integrasi IoT dalam pertanian memungkinkan petani untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara real-time, meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian (Akhter & Sofi, 2021). Namun, tantangan besar masih ada, terutama di daerah terpencil yang memiliki keterbatasan infrastruktur dan akses internet yang memadai.

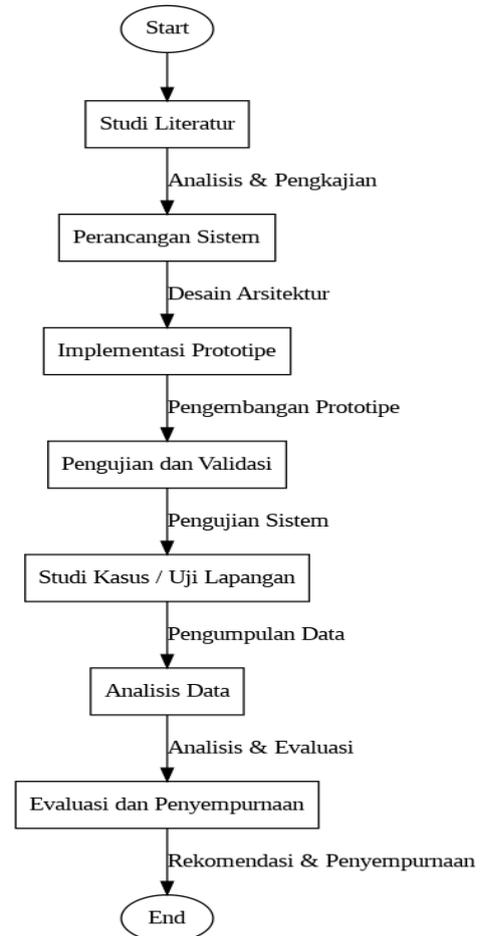
Blockchain, sebagai teknologi yang menjamin keamanan dan transparansi data, menawarkan solusi yang menjanjikan untuk masalah ini. Dengan memanfaatkan *blockchain offline*, pertanian presisi dapat diimplementasikan bahkan di daerah yang sulit dijangkau, di mana konektivitas internet tidak selalu tersedia (Bapatla *et al* 2023). Hal ini sejalan dengan studi yang menunjukkan bahwa integrasi IoT dan blockchain dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam rantai pasokan pertanian (Chacko *et al* 2023; Kaushik *et al* 2021).

Salah satu pendekatan yang menarik adalah pengembangan ekosistem *Internet of Everything* (IoE), di mana berbagai perangkat dan sistem terhubung untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pertanian (Mohapatra & Rath, 2021). Di daerah terpencil, IoE dapat membantu mengatasi tantangan akses dan manajemen data, serta meningkatkan kemampuan petani untuk memanfaatkan informasi yang tersedia (Mulyana *et al* 2022).

Penelitian ini akan membahas integrasi *blockchain offline* dan IoE dalam konteks pertanian presisi, dengan fokus pada penerapannya di daerah terpencil. Diskusi ini mencakup manfaat, tantangan, dan solusi yang mungkin untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian di lingkungan yang kurang terlayani. Seiring dengan kemajuan teknologi yang terus berkembang, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dan kontribusi yang berarti bagi pengembangan pertanian presisi yang inklusif dan berkelanjutan.

2. Metodologi

Metodologi untuk penelitian ini terdiri dari beberapa tahap utama yang dirancang untuk mengembangkan dan mengimplementasikan aplikasi berbasis *blockchain offline* yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Everything* (IoE) di sektor pertanian:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

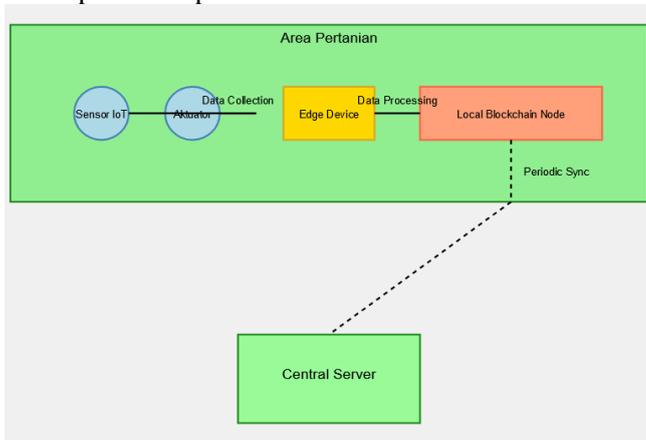
- Studi Literatur: Tahap awal penelitian mencakup pengkajian literatur terkait yang mencakup penelitian terdahulu tentang blockchain, IoT, dan aplikasinya dalam pertanian presisi. Penelitian ini juga menganalisis tantangan konektivitas yang dihadapi di daerah terpencil dan mempelajari konsep *Internet of Everything* (IoE) serta potensinya untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian.
- Perancangan Sistem: Setelah memahami konteks dan tantangan, langkah berikutnya adalah merancang arsitektur sistem yang sesuai. Ini termasuk pengembangan arsitektur blockchain.
- offline yang cocok untuk daerah terpencil, integrasi komponen IoE, serta penentuan protokol komunikasi dan sinkronisasi data yang efektif.
- Implementasi Prototipe: Pada tahap ini, prototipe sistem *blockchain offline* akan dikembangkan. Prototipe ini akan mengintegrasikan sensor dan perangkat IoT untuk pengumpulan data pertanian, serta merancang antarmuka pengguna yang intuitif bagi petani dan pemangku kepentingan lainnya.
- Pengujian dan Validasi: Sistem yang telah diimplementasikan akan diuji dalam lingkungan

- terkontrol untuk mengidentifikasi ketahanan sistem terhadap kondisi *offline*. Validasi dilakukan untuk memastikan akurasi data yang dikumpulkan serta keamanan transaksi yang terjadi dalam sistem.
- Studi Kasus atau Uji Lapangan: Sistem yang telah teruji akan diterapkan di lokasi pertanian terpilih di daerah terpencil. Data penggunaan dan kinerja sistem akan dikumpulkan selama periode tertentu, dan wawancara dengan pengguna akan dilakukan untuk mendapatkan umpan balik mengenai pengalaman mereka.
 - Analisis Data: Data yang terkumpul akan dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam meningkatkan presisi pertanian. Penelitian ini akan mengukur keandalan *blockchain offline* dan

- dampaknya terhadap produktivitas serta efisiensi pertanian.
- Evaluasi dan Penyempurnaan: Terakhir, tahap evaluasi akan dilakukan untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki berdasarkan hasil analisis. Rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut akan dirumuskan, dan sistem akan disempurnakan berdasarkan temuan dari penelitian.

3. Hasil dan pembahasan

Berikut adalah arsitektur sistem *blockchain offline* untuk pertanian presisi:



Gambar 2. Arsitektur Sistem *Blockchain offline*

Berdasarkan gambar 2 sitektur sistem yang berhasil diimplementasikan untuk pertanian berbasis IoT dan blockchain terdiri dari beberapa komponen utama. Pertama, di Area Pertanian, terdapat sensor IoT yang mengumpulkan data seperti kelembaban tanah, suhu, dan nutrisi tanaman, serta aktuator yang mengendalikan peralatan pertanian, seperti sistem irigasi dan penyebaran pupuk. Selanjutnya, Edge Device berfungsi sebagai gateway lokal yang mengumpulkan data dari sensor dan mengirimkan perintah ke aktuator, sambil memproses data mentah dan menjalankan algoritma pertanian presisi. Di sisi lain, Local Blockchain Node menyimpan data pertanian dalam bentuk blok yang terenkripsi, memastikan integritas dan ketelusuran data bahkan dalam kondisi offline. Central Server bertindak sebagai node pusat saat koneksi tersedia, melakukan sinkronisasi data dengan node lokal secara berkala.

Sistem *blockchain offline* memiliki ketahanan data yang baik, mampu menyimpan dan memvalidasi transaksi data pertanian tanpa koneksi internet yang

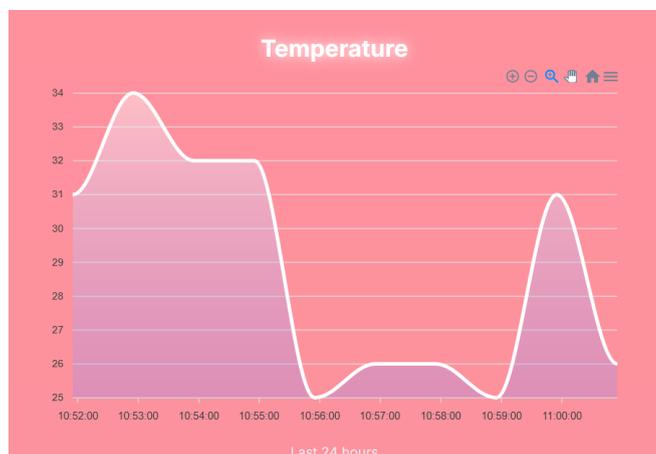
konstan. Mekanisme konsensus lokal memastikan konsistensi data antar perangkat di area pertanian, sementara waktu pemrosesan transaksi lebih cepat karena tidak perlu menunggu validasi dari jaringan global. Node lokal juga dirancang dengan kapasitas penyimpanan yang memadai untuk menampung data selama periode offline yang panjang dan efisiensi energi yang lebih baik, mengurangi kebutuhan komunikasi jarak jauh yang konstan.

Beberapa tantangan teknis dihadapi selama implementasi, antara lain:

- Sinkronisasi Data: Memastikan konsistensi data antara node lokal dan server pusat setelah periode offline yang panjang. Solusi yang diterapkan adalah protokol sinkronisasi yang efisien dengan penanganan konflik otomatis berdasarkan timestamp.
- Keamanan: Tantangan dalam melindungi integritas data tanpa bergantung pada jaringan global untuk validasi diatasi dengan penggunaan kriptografi asimetris dan mekanisme konsensus lokal yang kuat, ditambah verifikasi multi-faktor saat sinkronisasi.
- Keterbatasan Sumber Daya: Perangkat edge dan node blockchain lokal yang memiliki daya komputasi dan penyimpanan terbatas ditangani dengan mengoptimalkan algoritma blockchain untuk perangkat dengan sumber daya terbatas dan menerapkan mekanisme pruning data untuk manajemen penyimpanan yang efisien.
- Interoperabilitas: Untuk memastikan sistem dapat berintegrasi dengan perangkat IoT dan sistem pertanian yang beragam, dikembangkan API standar dan penggunaan protokol komunikasi umum seperti MQTT.
- Skalabilitas: Tantangan dalam menangani peningkatan jumlah transaksi dan data seiring pertumbuhan operasi pertanian diatasi dengan teknik sharding yang membagi beban pemrosesan dan penyimpanan data di antara beberapa node.

- f. Adopsi Pengguna: Memastikan sistem cukup sederhana untuk digunakan oleh petani dengan berbagai tingkat keahlian teknologi diatasi melalui pengembangan antarmuka pengguna yang intuitif dan program pelatihan komprehensif untuk petani dan pekerja lapangan.

Berikut adalah gambar grafik dashboard suhu dan kelembaban *blockchain offline* IoE (link: <https://xsmartagrchain.com/dashboard>) yang telah dibuat:



Gambar 3. Grafik Suhu



Gambar 4. Grafik Kelembaban

Berdasarkan gambar 3 dan 4, integrasi Internet of Everything (IoE) dengan blockchain dalam pertanian presisi menghasilkan data suhu dan kelembaban yang kaya dan akurat dari berbagai sensor IoT. Pengumpulan

data menunjukkan rentang kelembaban antara 64% hingga 92%, dengan fluktuasi signifikan, dan suhu antara 26°C hingga 34°C dengan fluktuasi yang lebih halus. Data yang diperoleh memiliki tingkat granularitas tinggi, memungkinkan monitoring real-time yang efektif, serta ketepatan waktu berkat penggunaan timestamp akurat yang tersimpan dengan aman di dalam blockchain, menjamin integritas catatan historis.

Analisis awal menunjukkan adanya korelasi terbalik antara suhu dan kelembaban, yang dapat dieksplorasi lebih lanjut dengan memanfaatkan keamanan data yang disimpan di blockchain. Sistem ini juga mampu mendeteksi anomali, seperti penurunan kelembaban yang drastis, dan memastikan kontinuitas pengumpulan data meskipun terjadi kondisi anomali. Informasi yang detail ini memungkinkan petani untuk mengoptimalkan manajemen irigasi, kontrol iklim mikro, serta memprediksi potensi masalah lebih awal.

Keamanan data yang disimpan di blockchain juga mendukung sertifikasi praktik pertanian berkelanjutan, karena data tidak dapat dimanipulasi. Secara keseluruhan, integrasi IoE dan blockchain ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan presisi dan efisiensi pertanian, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan berbasis data.

4. Kesimpulan

Telah berhasil dilakukan integrasi teknologi *blockchain offline* dengan *Internet of Everything* (IoE) untuk mendukung pertanian presisi di daerah terpencil yang mengalami keterbatasan infrastruktur dan akses internet. Metodologi penelitian mencakup beberapa tahap, mulai dari studi literatur, perancangan sistem, implementasi prototipe, pengujian dan validasi, hingga uji lapangan, analisis data, serta evaluasi dan penyempurnaan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur sistem *blockchain offline* yang diimplementasikan, yang terdiri dari sensor IoT, edge device, local blockchain node, dan central server, berhasil mengumpulkan dan menyimpan data pertanian seperti suhu dan kelembaban dengan tingkat granularitas dan akurasi yang tinggi, meskipun dalam kondisi offline. Berbagai tantangan teknis berhasil diatasi, termasuk sinkronisasi data, keamanan, keterbatasan sumber daya, interoperabilitas, skalabilitas, dan adopsi pengguna. Integrasi IoE dengan blockchain menunjukkan potensi signifikan dalam meningkatkan presisi dan efisiensi pertanian, yang memungkinkan petani untuk membuat keputusan yang lebih informatif dan tepat waktu.

Ucapan terima kasih

Dengan penuh rasa syukur, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Lampung (UNILA) atas dukungan, bimbingan, dan

fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Komitmen dan dedikasi UNILA dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang pertanian presisi, telah memberikan inspirasi dan motivasi bagi kami untuk terus berkarya

Daftar Pustaka

- Abu, N., Bukhari, W., Ong, C., Kassim, A., Izzuddin, T., Sukhaimie, M., Norasikin, M., Rasid, A., Elektrik, F., Agricare, M., Panjang, K., & Gajah, A. (2022). *Internet of Things Applications in Precision Agriculture: A Review*. *Journal of Robotics and Control (JRC)*. <https://doi.org/10.18196/jrc.v3i3.14159>.
- Akhter, R., & Sofi, S. (2021). Precision agriculture using IoT data analytics and machine learning. *J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci.*, 34, 5602-5618. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUCI.2021.05.013>.
- Bapatla, A., Puthal, D., Mohanty, S., Yanambaka, V., & Kougianos, E. (2023). EasyChain: an IoT-friendly blockchain for robust and energy-efficient authentication. *Frontiers in Blockchain*. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2023.1194883>.
- Chacko, N., Narendra, V., Balachandra, M., & Rathinam, S. (2023). Exploring IoT-Blockchain Integration in Agriculture: An Experimental Study. *IEEE Access*, 11, 130439-130450. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3334726>.
- Friha, O., Ferrag, M., Shu, L., Maglaras, L., & Wang, X. (2021). *Internet of Things for the Future of Smart*
- Surya, M., & Manohar, S. (2023). An Interpretation of the Challenges and Solutions for Agriculture-based Supply Chain Management using Blockchain and IoT. *2023 7th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, 1199-1205. <https://doi.org/10.1109/ICCMC56507.2023.10083747>.
- Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8, 718-752. <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1003925>.
- Kaushik, I., Prakash, N., & Jain, A. (2021). Integration of Blockchain& IoT in Precision Farming: Exploration, Scope and Security Challenges. *2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 0854-0859. <https://doi.org/10.1109/uemcon53757.2021.9666554>.
- Kong, X., Wu, Y., Wang, H., & Xia, F. (2022). Edge Computing for Internet of Everything: A Survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 9, 23472-23485. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3200431>.
- Leduc, G., Kubler, S., & Georges, J. (2021). Innovative blockchain-based farming marketplace and smart contract performance evaluation. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.127055>.
- Vangala, A., Das, A., Mitra, A., Das, S., & Park, Y. (2023). Blockchain-Enabled Authenticated Key Agreement Scheme for Mobile Vehicles-Assisted Precision Agricultural IoT Networks. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 18,904-919. <https://doi.org/10.1109/TIFS.2022.3231121>.