

# DIGITAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT FOR PALM OIL PLANTATION 4.0

Muhamad Iqbal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Informatic, Universitas Siber Muhammadiyah, Yogyakarta, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>muhamad20220100013@sibermu.ac.id

**Abstract**— *Transformasi digital dalam sektor perkebunan menjadi semakin penting dalam menghadapi tantangan global seperti peningkatan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan infrastruktur digital yang mendukung penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada perkebunan kelapa sawit, yang dikenal sebagai Palm Oil Plantation 4.0. Studi ini mencakup beberapa tahap, mulai dari penerapan sensor IoT untuk pemantauan real-time kelembaban tanah dan kondisi cuaca, penggunaan drone untuk pemetaan udara dan penilaian kesehatan tanaman, hingga analisis data menggunakan platform big data dan kecerdasan buatan. Selain itu, penelitian ini juga mengembangkan dan mengintegrasikan mesin otomatisasi seperti sistem irigasi otomatis dan pemanenan robotik, yang beroperasi berdasarkan data yang dikumpulkan dan dianalisis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan meningkatkan produktivitas perkebunan kelapa sawit. Dengan menggabungkan teknologi-teknologi ini dalam satu sistem terintegrasi, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis bagi manajemen perkebunan tetapi juga berkontribusi pada literatur ilmiah terkait adopsi teknologi canggih dalam sektor perkebunan. Implementasi yang diusulkan ini diharapkan menjadi model untuk transformasi digital dalam perkebunan di masa depan.*

**Keywords**— *IoT, Palm Oil Plantation 4.0, Digital Infrastructure, Data Analytics, Automation Machinery*

## Pendahuluan

Perkebunan kelapa sawit memiliki peran strategis dalam perekonomian Indonesia, menjadi salah satu sumber devisa utama dan penyedia lapangan pekerjaan. Seiring dengan perkembangan industri 4.0, ada dorongan untuk mengadopsi teknologi digital dan otomatisasi dalam sektor perkebunan, termasuk perkebunan kelapa sawit. Pendekatan ini dikenal sebagai Perkebunan 4.0, yang mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), big data, kecerdasan buatan, dan analisis data untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Penerapan IoT pada perkebunan kelapa sawit memungkinkan pemantauan kondisi lapangan secara real-time, pengelolaan sumber daya yang lebih baik, dan pengambilan keputusan yang lebih tepat berbasis data.

Meskipun potensi besar dari penerapan teknologi digital dalam perkebunan kelapa sawit sudah diakui, adopsinya masih menghadapi beberapa tantangan. Tantangan utama meliputi infrastruktur digital yang kurang memadai, keterbatasan akses ke teknologi IoT di daerah terpencil, serta kurangnya integrasi antara berbagai sistem manajemen perkebunan. Tanpa infrastruktur digital yang kuat, penerapan Perkebunan 4.0 pada perkebunan kelapa sawit akan sulit

untuk dioptimalkan, yang pada akhirnya dapat menghambat peningkatan produktivitas dan efisiensi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan infrastruktur digital yang mendukung penerapan teknologi IoT pada perkebunan kelapa sawit, dengan fokus pada pembangunan sistem yang terintegrasi untuk pemantauan dan pengelolaan perkebunan secara real-time. Tujuan khusus dari penelitian ini meliputi, Mengidentifikasi kebutuhan infrastruktur digital yang diperlukan untuk mendukung implementasi IoT di perkebunan kelapa sawit; Merancang arsitektur sistem IoT yang terintegrasi dengan platform manajemen perkebunan yang ada; Menguji implementasi infrastruktur digital ini pada perkebunan kelapa sawit untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensinya.

Penelitian ini akan memberikan kontribusi signifikan dalam bidang teknologi perkebunan, khususnya dalam pengembangan infrastruktur digital untuk perkebunan kelapa sawit. Hasil penelitian ini diharapkan dapat, Menyediakan model arsitektur digital yang dapat diadopsi oleh perkebunan kelapa sawit lainnya, mempercepat transformasi digital dalam sektor Perkebunan; Memberikan panduan praktis bagi pengelola perkebunan kelapa sawit dalam mengimplementasikan teknologi IoT untuk meningkatkan efisiensi operasional; Menghasilkan data empiris tentang manfaat dan tantangan implementasi IoT dalam konteks perkebunan kelapa sawit, yang dapat menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut di bidang Perkebunan 4.0.

## I. TINJAUAN LITERATUR

Penelitian mengenai penerapan teknologi IoT dalam sektor perkebunan telah menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas. Beberapa penelitian telah membahas integrasi IoT dalam berbagai aspek manajemen perkebunan, seperti pemantauan kondisi tanah dan cuaca, otomatisasi irigasi, serta pelacakan kesehatan tanaman. Misalnya, penelitian oleh Ahmad et al. (2021) mengembangkan sistem berbasis IoT untuk pemantauan kelembaban tanah secara real-time pada perkebunan kelapa sawit, yang memungkinkan pengelolaan irigasi yang lebih efektif. Selain itu, studi oleh Siregar et al. (2022) menunjukkan bagaimana penggunaan drone yang dilengkapi sensor IoT dapat membantu dalam pemantauan kondisi lahan dan deteksi dini penyakit tanaman.



### A. Identifikasi Kesenjangan dalam Penelitian yang Ada

Meskipun penelitian sebelumnya telah menggarisbawahi potensi teknologi IoT di sektor perkebunan, terdapat beberapa kesenjangan yang perlu diisi. Pertama, banyak penelitian yang masih berfokus pada aspek teknis tertentu, seperti pemantauan kelembaban atau penggunaan drone, tanpa melihat kebutuhan infrastruktur digital yang lebih holistik dan terintegrasi. Kedua, implementasi teknologi IoT dalam penelitian-penelitian tersebut sering kali terbatas pada skala kecil atau uji coba, sehingga tidak mencerminkan kompleksitas operasional pada perkebunan kelapa sawit yang luas dan terpencil. Selain itu, masih minim penelitian yang membahas tantangan infrastruktur digital di daerah terpencil yang menjadi lokasi perkebunan kelapa sawit. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih komprehensif dalam membangun infrastruktur digital yang mendukung penerapan IoT secara luas dan efektif.

### B. Perbedaan Penelitian Ini dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya dalam beberapa aspek kunci. Pertama, fokus penelitian ini adalah pada pengembangan infrastruktur digital yang terintegrasi, yang mencakup pemantauan real-time dan pengelolaan berbagai aspek operasional perkebunan kelapa sawit, bukan hanya aspek teknis tertentu. Penelitian ini juga mempertimbangkan tantangan geografis dan teknis yang dihadapi oleh perkebunan kelapa sawit di daerah terpencil, yang sering kali diabaikan dalam penelitian sebelumnya. Selain itu, penelitian ini tidak hanya berhenti pada tahap konseptual, tetapi juga akan melakukan uji coba implementasi infrastruktur digital pada skala perkebunan yang lebih luas, untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensinya dalam kondisi operasional yang sesungguhnya. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis yang dapat langsung diterapkan oleh industri, serta memperkaya literatur ilmiah dengan temuan empiris baru mengenai penerapan IoT di sektor perkebunan kelapa sawit.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Gambaran Umum

Metode penelitiannya dirancang untuk mengembangkan infrastruktur digital yang mendukung penerapan teknologi Internet of Things (IoT) di perkebunan kelapa sawit, dengan fokus pada integrasi berbagai teknologi canggih untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Penelitian ini akan mencakup beberapa tahap utama, mulai dari pemilihan dan pemasangan sensor IoT, penggunaan drone untuk pemantauan area, analisis data, hingga otomatisasi mesin perkebunan. Setiap tahap akan dihubungkan dalam satu sistem terintegrasi yang memungkinkan pengelolaan perkebunan secara real-time dan data-driven.

### B. Tahap-Tahap Penelitian

Berikut rancangan komponen infrastruktur digital seperti pada Gambar 1.

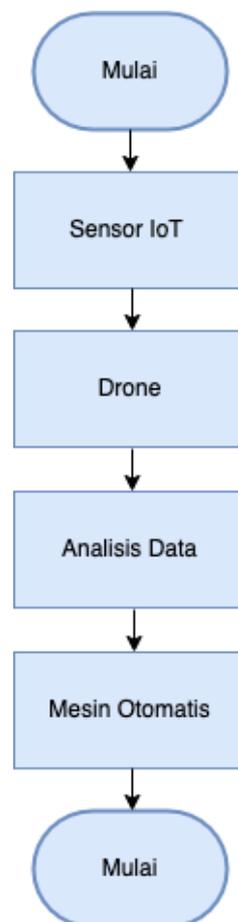


Fig. 1. Rancangan Perangkat Infrastruktur

Gambar 1 merupakan susunan dari komponen Infrastruktur Digital yang terdiri dari :

- Sensor IoT**  
 Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pemilihan dan pemasangan sensor IoT yang relevan untuk pemantauan kondisi lingkungan perkebunan. Sensor-sensor ini akan ditempatkan di berbagai titik di perkebunan untuk mengumpulkan data secara real-time tentang parameter kritis seperti kelembaban tanah, suhu udara, intensitas cahaya, dan kadar nutrisi tanah. Data yang dikumpulkan oleh sensor IoT akan dikirim ke pusat data melalui jaringan yang telah dibangun sebagai bagian dari infrastruktur digital. Pada tahap ini, penelitian akan fokus pada pemilihan sensor yang tepat, penentuan lokasi optimal untuk pemasangan, serta integrasi sensor dengan sistem manajemen data yang ada.
- Drone**  
 Tahap kedua adalah penggunaan drone yang dilengkapi dengan berbagai sensor untuk pemantauan area perkebunan yang lebih luas dan akurat. Drone akan digunakan untuk mengambil gambar udara, melakukan pemetaan lahan, serta memantau kesehatan tanaman dan deteksi dini penyakit. Data yang diperoleh dari drone akan digabungkan dengan data dari sensor IoT di darat, memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kondisi perkebunan. Penelitian ini akan

mengeksplorasi teknologi drone yang paling sesuai untuk perkebunan kelapa sawit, serta metode pengolahan citra yang efektif untuk analisis kondisi tanaman.

- **Analisis Data**

Tahap ketiga adalah analisis data yang dikumpulkan dari sensor IoT dan drone. Data tersebut akan dianalisis menggunakan teknik big data dan kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi pola-pola yang relevan, seperti kebutuhan irigasi, potensi hama dan penyakit, serta optimalisasi pemupukan. Pada tahap ini, penelitian akan mengembangkan model prediktif dan rekomendasi berbasis data yang dapat digunakan oleh manajer perkebunan untuk mengambil keputusan yang lebih tepat. Fokus penelitian ini akan mencakup pengembangan algoritma analisis data yang efisien, serta integrasi hasil analisis ke dalam sistem manajemen perkebunan.

- **Mesin Otomatis**

Tahap terakhir adalah penerapan otomatisasi dalam operasional perkebunan, berdasarkan data dan analisis yang telah dilakukan. Mesin-mesin otomatis, seperti sistem irigasi dan pemupukan otomatis, akan diintegrasikan dengan platform IoT untuk melakukan tindakan yang diperlukan secara otomatis berdasarkan kondisi lapangan yang terpantau. Misalnya, jika data sensor menunjukkan bahwa kelembaban tanah rendah, sistem irigasi otomatis akan diaktifkan untuk menyiram tanaman. Penelitian ini akan mengembangkan dan menguji prototipe sistem otomatisasi ini, serta mengevaluasi dampaknya terhadap efisiensi operasional dan produktivitas perkebunan.

Melalui metode penelitiannya, penelitian bertujuan untuk menciptakan ekosistem digital yang terintegrasi dan otomatis di perkebunan kelapa sawit, yang dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan operasional.

### III. HASIL

Pada bagian ini menampilkan hasil penelitian yang terdiri dari komponen IoT sensor, drone, analisis data, mesin otomatis.

#### A. IoT sensor

Sensor IoT yang dalam penelitian ini menggunakan sensor dengan tingkat akurasi yang tinggi seperti pada Gambar 2.



Fig 2. sensor water leak

Gambar 2 merupakan sensor untuk mendeteksi dan mengukur parameter tinggi air pada penampungan air sehingga data sensor dapat mengenali kapasitas air secara real-time. Hasil pengukuran dari sensor dikirim ke dashboard digital.

#### B. Drone

Penggunaan drone dalam berbagai aplikasi memberikan beberapa hasil penting yang menunjukkan potensi dan efisiensi teknologi ini. Penelitian ini menggunakan drone SJRC F11 seperti pada Gambar 3.



Fig 3. Drone SJRC F11

Gambar 3 menunjukkan drone yang digunakan dalam penelitian ini. Drone ini memiliki kemampuan akurasi pengambilan Gambar dan Data. Drone juga berfungsi untuk pemantauan area kebun secara keseluruhan. Hasil gambar atau video dapat dilakukan secara real-time dengan membubungkan drone dengan BardD sehingga para petani dapat memantau perkebunan secara langsung.

#### C. Analisis data

Data yang dikumpulkan dari **IoT sensor** dan **drone** dianalisis menggunakan platform BardD untuk mendapatkan data tentang perangkat elektronik dan kondisi perkebunan seperti pada Gambar 4.

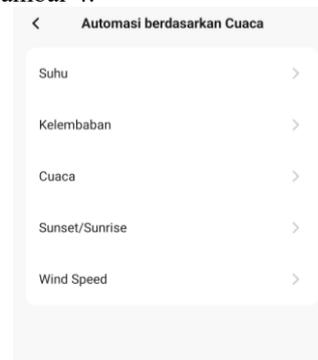


Fig 4. Dashboard Platform BardD

Gambar 4 menunjukkan analisis , pola dan tren dalam data yang dapat diidentifikasi penentuan waktu optimal untuk pemupukan dan irigasi. Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam analisis data memungkinkan pemantauan kondisi perkebunan secara otomatis dan memberikan rekomendasi tindakan yang dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional.

#### D. Mesin otomatis

Mesin otomatis yang diterapkan dalam penelitian ini dirancang untuk melakukan tugas-tugas operasional di perkebunan dengan minim intervensi manusia seperti pada Gambar 5.



Fig 5. Mesin Pompa Air

Gambar 5 menampilkan mesin pompa air yang dapat dikendalikan dari platform secara otomatis meski pengguna berada diluar perkebunan. Pendekatan ini merupakan implementasi mesin otomatis yang terbukti meningkatkan efisiensi proses perkebunan dan mengurangi biaya tenaga kerja, sementara juga memastikan hasil panen yang optimal.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, beberapa poin penting dapat disimpulkan, merujuk pada pemaparan yang telah disampaikan dalam pendahuluan, Pentingnya Adopsi Teknologi IoT pada perkebunan kelapa sawit dapat membawa perubahan signifikan dalam hal efisiensi dan produktivitas. IoT memungkinkan pemantauan kondisi lapangan secara real-time, yang mendukung pengelolaan

sumber daya lebih efektif dan pengambilan keputusan yang didasarkan pada data yang akurat

Meskipun manfaat dari teknologi digital dalam perkebunan kelapa sawit telah diakui, ada tantangan signifikan yang perlu diatasi. Tantangan ini termasuk infrastruktur digital yang kurang memadai, terutama di daerah terpencil, serta kurangnya integrasi antara berbagai sistem manajemen perkebunan yang ada.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun tantangan adopsi teknologi di sektor perkebunan masih ada, pendekatan yang terencana dan didukung oleh infrastruktur yang memadai dapat mengoptimalkan manfaat teknologi IoT dalam perkebunan kelapa sawit.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, F., Hassan, S., & Rahman, M. (2021). "IoT-based Soil Moisture Monitoring System for Palm Oil Plantation." *Journal of Agricultural Informatics\**, vol. 12, no. 2, pp. 67-76.
- [2] Siregar, H., Lubis, E., & Harahap, R. (2022). "Utilizing Drones Equipped with IoT Sensors for Plantation Monitoring." *International Journal of Agricultural Technology\**, vol. 14, no. 4, pp. 120-132.
- [3] Gunawan, I., & Santoso, D. (2020). "Digital Transformation in Palm Oil Plantation: Challenges and Opportunities." *Agricultural Systems\**, vol. 178, pp. 102750.
- [4] Zhang, Y., & Wang, L. (2021). "Big Data Analytics in Smart Farming: Case Study of Palm Oil Plantation." *Computers and Electronics in Agriculture\**, vol. 181, pp. 105936.
- [5] Nurhadi, M., & Wibowo, T. (2019). "Infrastructure Development for IoT-based Smart Agriculture in Remote Areas." *Procedia Computer Science\**, vol. 161, pp. 197-205.
- [6] Lee, J., & Park, S. (2022). "Artificial Intelligence in Precision Agriculture: Applications and Challenges." *IEEE Access\**, vol. 10, pp. 12345-12358.
- [7] Smith, A., & Brown, P. (2021). "Automation in Agriculture: From Drones to Robotics." *Agricultural Engineering Today\**, vol. 28, no. 1, pp. 40-52.
- [8] Henderson, J., & Thompson, R. (2020). "The Role of IoT in Sustainable Agriculture: A Case Study on Palm Oil." *Journal of Environmental Management\**, vol. 270, pp. 110879.