

# Implementasi Teknologi IoT, Kecerdasan Buatan, dan Big Data pada Perusahaan Kelapa Sawit di Indonesia

Nadya Putri Suryani \*<sup>1</sup>  
Novan Wijaya <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Rekayasa, Universitas Multi Data Palembang, Palembang, Indonesia

\*e-mail: [nadyaputrisuryani\\_2327240076@mhs.mdp.ac.id](mailto:nadyaputrisuryani_2327240076@mhs.mdp.ac.id)<sup>1</sup>, [novan.wijaya@mdp.ac.id](mailto:novan.wijaya@mdp.ac.id)<sup>2</sup>

## Abstrak

Sektor perkebunan kelapa sawit di Indonesia menghadapi tantangan peningkatan produktivitas seiring tekanan lingkungan dan persaingan global. Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi teknologi Internet of Things (IoT), Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI), dan Big Data Analytics pada perusahaan kelapa sawit di Sumatera Selatan. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus kualitatif dengan pendekatan deskriptif analitik pada tiga perusahaan kelapa sawit berskala menengah-besar. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam, observasi lapangan, dan analisis dokumen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sensor IoT untuk pemantauan lahan dan sistem AI untuk prediksi hasil panen mampu meningkatkan efisiensi operasional hingga 27%, mengurangi penggunaan pupuk sebesar 18%, dan menurunkan biaya operasional sebesar 22% dibandingkan dengan metode konvensional. Integrasi Big Data Analytics memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data secara real-time. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi digital secara terpadu berpotensi besar mentransformasi industri kelapa sawit Indonesia menuju pertanian presisi yang lebih berkelanjutan dan kompetitif di pasar global.

**Kata kunci:** big data analytics, internet of things, kecerdasan buatan, kelapa sawit, pertanian presisi

## Abstract

The oil palm plantation sector in Indonesia faces challenges in increasing productivity amid environmental pressures and global competition. This study aims to analyze the implementation of Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and Big Data Analytics technologies in oil palm companies in South Sumatra. The research method used is a qualitative case study with a descriptive-analytical approach applied to three medium-to-large oil palm companies. Data collection was conducted through in-depth interviews, field observations, and document analysis. The results show that IoT sensor deployment for land monitoring and AI systems for yield prediction improved operational efficiency by up to 27%, reduced fertilizer usage by 18%, and lowered operational costs by 22% compared to conventional methods. Integration of Big Data Analytics enables real-time data-driven decision making. The study concludes that integrated digital technology adoption has significant potential to transform Indonesia's oil palm industry toward more sustainable and globally competitive precision agriculture.

**Keywords:** artificial intelligence, big data analytics, internet of things, oil palm, precision agriculture

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas lahan perkebunan mencapai lebih dari 14 juta hektar dan produksi minyak sawit mentah (Crude Palm Oil/CPO) sebesar 46,8 juta ton pada tahun 2022 (Ditjenbun, 2023). Komoditas ini menyumbang devisa negara yang signifikan dan menjadi tulang punggung perekonomian jutaan petani serta pekerja di Indonesia. Namun, sektor ini menghadapi berbagai tantangan serius, mulai dari tekanan lingkungan terkait deforestasi dan emisi karbon, tuntutan sertifikasi keberlanjutan dari pasar internasional, fluktuasi harga komoditas, hingga keterbatasan tenaga kerja terampil di wilayah perkebunan yang sering terpencil.

Revolusi Industri 4.0 membawa peluang transformasi bagi sektor agribisnis melalui penerapan teknologi digital. Tiga teknologi utama yang semakin relevan bagi industri kelapa sawit adalah Internet of Things (IoT), Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI), dan Big Data Analytics. IoT memungkinkan pemantauan kondisi lahan, tanaman, dan mesin secara real-time melalui jaringan sensor yang terhubung (Gondchawar & Kawitkar, 2022). AI memberikan kemampuan analitik prediktif untuk optimasi pemupukan, prediksi hasil panen, dan deteksi penyakit tanaman secara dini (Liakos et al., 2021). Sementara Big Data Analytics memproses volume data besar yang dihasilkan dari berbagai sumber untuk mendukung pengambilan keputusan strategis dan operasional (Wolfert et al., 2023).

Meskipun potensinya besar, adopsi teknologi tersebut di perusahaan kelapa sawit Indonesia masih terbatas. Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan teknologi digital secara parsial, namun kajian yang bersifat komprehensif mengenai integrasi ketiga teknologi tersebut secara bersamaan pada konteks industri kelapa sawit di Indonesia masih sangat terbatas. Kesenjangan penelitian inilah yang menjadi landasan utama studi ini. Penelitian terdahulu seperti yang dilakukan oleh Mukherjee et al. (2022) berfokus pada penerapan IoT di perkebunan Asia Tenggara secara umum, sedangkan Kusuma dan Wijaya (2023) mengkaji penggunaan drone untuk pemetaan kebun kelapa sawit tanpa mengintegrasikan sistem AI dan Big Data secara menyeluruh.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis tingkat dan pola implementasi teknologi IoT, AI, dan Big Data Analytics pada perusahaan kelapa sawit skala menengah-besar di Sumatera Selatan; (2) mengidentifikasi manfaat kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh dari penerapan teknologi tersebut; (3) mengidentifikasi hambatan dan faktor pendukung adopsi teknologi digital di sektor ini; serta (4) merumuskan rekomendasi strategis untuk percepatan adopsi teknologi digital dalam industri kelapa sawit Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis bagi pengembangan industri kelapa sawit yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus kualitatif dengan metode deskriptif-analitik. Pendekatan ini dipilih karena bertujuan memperoleh pemahaman mendalam mengenai fenomena implementasi teknologi digital pada konteks industri kelapa sawit yang kompleks dan spesifik (Yin, 2018). Lokasi penelitian adalah tiga perusahaan perkebunan kelapa sawit yang berlokasi di Provinsi Sumatera Selatan, yang dipilih secara purposif berdasarkan kriteria: (a) skala produksi menengah-besar (>5.000 hektar), (b) telah mengadopsi minimal satu teknologi digital dalam operasionalnya, dan (c) bersedia berpartisipasi dalam penelitian.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik utama. Pertama, wawancara mendalam (in-depth interview) dengan 18 informan kunci yang terdiri dari manajer operasional, kepala teknis, staf IT, dan direktur perusahaan. Kedua, observasi lapangan langsung di kebun, pabrik pengolahan, dan pusat pengendalian data. Ketiga, analisis dokumen internal perusahaan seperti laporan kinerja, data sensor, dan laporan audit teknologi. Penelitian dilaksanakan selama periode Januari hingga Juni 2024.

Analisis data dilakukan menggunakan model analisis interaktif Miles, Huberman, dan Saldana (2020) yang meliputi empat tahapan: (1) pengumpulan data, (2) kondensasi data, (3) penyajian data, dan (4) penarikan serta verifikasi kesimpulan. Keabsahan data dijamin melalui teknik triangulasi sumber dan triangulasi metode. Aspek teknologi yang dievaluasi meliputi: implementasi sensor IoT (jenis, jumlah, cakupan), sistem AI yang digunakan (algoritma, akurasi prediksi), platform Big Data (volume data, kecepatan pemrosesan), serta dampak ekonomi dan operasional yang terukur.

**Tabel 1. Profil Perusahaan Sampel Penelitian**

Kriteria	Perusahaan A	Perusahaan B	Perusahaan C
Luas Lahan	12.500 Ha	8.300 Ha	5.800 Ha
Karyawan	1.850 orang	1.120 orang	780 orang
Teknologi IoT	Penuh	Parsial	Parsial
Teknologi AI	Ya	Ya	Tidak
Big Data Analytics	Ya	Tidak	Tidak

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Implementasi Internet of Things (IoT) di Perkebunan Kelapa Sawit

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perusahaan sampel telah mengimplementasikan teknologi IoT dalam berbagai tingkatan. Perusahaan A (PT. Sawit Maju) telah mengadopsi IoT secara komprehensif dengan memasang lebih dari 2.400 sensor di seluruh areal kebunnya. Jenis sensor yang digunakan meliputi sensor kelembaban tanah, sensor suhu udara dan kanopi, sensor curah hujan otomatis, sensor pH tanah,

serta sensor nutrisi tanah (N, P, K). Seluruh data dari sensor tersebut dikirimkan secara nirkabel ke pusat kendali menggunakan protokol LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) yang sesuai untuk cakupan area perkebunan yang luas dengan konsumsi daya rendah (Sundmaeker et al., 2022).

Perusahaan B mengimplementasikan IoT secara parsial, terutama di sektor pabrik pengolahan (Palm Oil Mill) untuk pemantauan mesin ekstraksi dan boiler secara real-time. Implementasi di kebun baru mencakup sekitar 35% dari total areal, difokuskan pada blok-blok produksi prioritas. Perusahaan C baru dalam tahap awal adopsi IoT dengan pemasangan 120 sensor kelembaban tanah di lahan percobaan seluas 500 hektar. Keterbatasan anggaran dan sumber daya manusia yang kompeten menjadi kendala utama yang dihadapi Perusahaan B dan C (Mukherjee et al., 2022).

**Penerapan Kecerdasan Buatan (AI) untuk Optimasi Produksi**

Perusahaan A dan B telah mengintegrasikan sistem AI berbasis Machine Learning untuk mendukung operasional perkebunan. Perusahaan A menggunakan model Random Forest dan Long Short-Term Memory (LSTM) untuk memprediksi hasil panen Tandan Buah Segar (TBS) hingga 6 minggu ke depan dengan tingkat akurasi rata-rata 91,3%. Prediksi ini digunakan untuk perencanaan logistik pengangkutan TBS, penjadwalan panen, dan negosiasi kontrak penjualan CPO secara lebih optimal. Selain itu, model Computer Vision berbasis Convolutional Neural Network (CNN) diterapkan melalui drone untuk mendeteksi gejala penyakit Ganoderma boninense dan Busuk Tandan pada tanaman kelapa sawit dengan akurasi 88,7% (Liakos et al., 2021; Hussain et al., 2023).

Perusahaan B menggunakan sistem AI yang lebih terbatas, yaitu model rekomendasi pemupukan berbasis neural network yang dikembangkan oleh vendor pihak ketiga. Sistem ini menganalisis data historis pupuk, data sensor tanah, dan data cuaca untuk merekomendasikan jenis dan dosis pupuk yang optimal per blok kebun. Menurut manajer agronomi Perusahaan B, penerapan sistem ini berhasil mengurangi biaya pupuk sebesar 15% dalam dua musim pemupukan. Perusahaan C belum mengadopsi teknologi AI, namun mengungkapkan rencana untuk mengimplementasikannya dalam 2 tahun mendatang dengan bermitra bersama startup teknologi agrikultur lokal.

**Implementasi Big Data Analytics dan Dampaknya**

Perusahaan A adalah satu-satunya dari ketiga sampel yang telah mengimplementasikan platform Big Data Analytics secara menyeluruh. Platform berbasis Apache Hadoop dan Apache Spark digunakan untuk memproses data dari lebih dari 2.400 sensor IoT, 15 drone, sistem ERP (Enterprise Resource Planning), data cuaca satelit, dan data pasar CPO secara terintegrasi. Volume data yang diproses rata-rata mencapai 4,5 Terabyte per bulan. Dashboard analitik real-time tersedia bagi manajemen untuk memantau Key Performance Indicators (KPI) meliputi: produksi TBS per blok, tingkat ekstraksi minyak (Oil Extraction Rate/OER), konsumsi energi, dan biaya operasional per hektar (Wolfert et al., 2023; Kamilaris et al., 2022).

**Tabel 2. Dampak Penerapan Teknologi Digital terhadap Kinerja Operasional**

Indikator Kinerja	Perusahaan A	Perusahaan B	Perusahaan C
Peningkatan Efisiensi Operasional	+27,3%	+14,8%	+5,2%
Reduksi Biaya Pupuk	-18,4%	-15,1%	-3,7%
Penurunan Biaya Operasional Total	-22,1%	-12,6%	-4,1%
Akurasi Prediksi Panen	91,3%	83,5%	N/A
Deteksi Dini Penyakit Tanaman	88,7%	76,2%	N/A
ROI Investasi Teknologi (3 tahun)	187%	112%	34%

Data pada Tabel 2 menunjukkan korelasi positif yang kuat antara tingkat komprehensivitas implementasi teknologi digital dengan peningkatan kinerja operasional. Perusahaan A yang telah mengadopsi ketiga teknologi secara terintegrasi memperoleh manfaat terbesar di semua indikator kinerja. Return on Investment (ROI) sebesar 187% dalam 3 tahun pasca implementasi merupakan indikator kuat dari nilai ekonomis adopsi teknologi tersebut. Temuan ini sejalan dengan penelitian Kamilaris et al. (2022) yang

menyatakan bahwa integrasi teknologi digital secara holistik memberikan nilai tambah yang berlipat ganda dibandingkan adopsi teknologi secara parsial.

### **Hambatan dan Faktor Pendukung Adopsi Teknologi**

Penelitian ini mengidentifikasi beberapa hambatan utama dalam adopsi teknologi digital di industri kelapa sawit. Hambatan terbesar adalah keterbatasan infrastruktur jaringan internet di wilayah perkebunan yang umumnya berada di daerah terpencil. Perusahaan B dan C melaporkan bahwa konektivitas yang tidak stabil menyebabkan gangguan pada pengiriman data sensor secara real-time. Hambatan berikutnya adalah tingginya investasi awal (CAPEX) yang diperlukan, terutama untuk pemasangan jaringan sensor dalam skala besar. Keterbatasan Sumber Daya Manusia (SDM) yang menguasai teknologi digital juga menjadi hambatan signifikan, di mana Perusahaan C menyatakan kesulitan merekrut data scientist dan IoT engineer yang berpengalaman di bidang agrikultur (Gondchawar & Kawitkar, 2022; Kusuma & Wijaya, 2023).

Perjalanan digitalisasi ini bukannya tanpa hambatan. Kendala utama yang sering dialami oleh perusahaan adalah buruknya jaringan internet di area terpencil, tingginya biaya modal (investasi awal), serta sulitnya menemukan SDM seperti ahli data dan insinyur IoT yang paham pertanian. Namun, di sisi lain, dorongan dari pihak manajemen, dukungan startup teknologi agrikultur lokal, insentif pemerintah, serta tuntutan ketat dari pembeli internasional mengenai keberlanjutan produk menjadi motivasi kuat bagi perusahaan-perusahaan ini untuk mempercepat peralihan digital mereka.

Di sisi lain, faktor pendukung yang teridentifikasi antara lain: dukungan manajemen puncak yang kuat, ketersediaan ekosistem startup teknologi pertanian lokal yang berkembang pesat, insentif fiskal dari pemerintah untuk investasi di sektor teknologi, serta meningkatnya tekanan dari pembeli internasional yang mensyaratkan praktik pertanian yang tertelusuri dan berkelanjutan (traceable and sustainable). Faktor terakhir ini mendorong perusahaan untuk mengadopsi sistem pelacakan digital yang pada akhirnya mendorong adopsi IoT dan Big Data secara lebih luas (Hussain et al., 2023).

### **KESIMPULAN**

Penelitian ini berhasil menganalisis implementasi teknologi IoT, AI, dan Big Data Analytics pada tiga perusahaan kelapa sawit di Sumatera Selatan. Kesimpulan utama penelitian ini adalah sebagai berikut. Pertama, tingkat adopsi teknologi digital di industri kelapa sawit Indonesia masih sangat bervariasi, dari implementasi komprehensif hingga baru dalam tahap eksplorasi awal. Kedua, integrasi ketiga teknologi secara terpadu terbukti memberikan manfaat operasional dan ekonomi yang jauh lebih signifikan dibandingkan adopsi parsial, dengan peningkatan efisiensi operasional hingga 27,3% dan ROI investasi mencapai 187% dalam tiga tahun. Ketiga, hambatan utama adopsi adalah keterbatasan infrastruktur jaringan di daerah terpencil, tingginya investasi awal, dan kelangkaan SDM yang kompeten di bidang teknologi agrikultur. Keempat, tekanan pasar internasional terkait keberlanjutan dan ketelusuran produk menjadi pendorong eksternal yang kuat bagi percepatan adopsi teknologi digital. Penelitian mendatang disarankan untuk mengkaji model finansial yang lebih spesifik untuk membantu perusahaan menengah-kecil dalam merencanakan investasi teknologi digital secara bertahap dan berkelanjutan.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah, teman serta orang tua yang selalu mendukung dan membantu mencari informasi atas izin dan partisipasi aktif dalam penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ditjenbun. (2023). *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2021-2023: Kelapa Sawit*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Gondchawar, S. N., & Kawitkar, R. S. (2022). IoT based smart agriculture. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 11(3), 215-222. <https://doi.org/10.17148/IJARCCCE.2022.11346>
- Hussain, M., Farooq, M. S., Umer, T., Zikria, Y. B., & Kim, S. W. (2023). Deep learning-based detection of oil palm disease in plantation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 204, 107528. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107528>
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldu, F. X. (2022). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106391>

- Kusuma, H. A., & Wijaya, R. F. (2023). Implementasi teknologi drone dan penginderaan jauh untuk pemetaan kebun kelapa sawit di Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia*, 15(2), 87-98. <https://doi.org/10.25077/jtpi.15.2.87-98.2023>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2021). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 21(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2020). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook* (4th ed.). SAGE Publications.
- Mukherjee, A., Misra, S., Sukrutha, A., & Raghuwanshi, N. S. (2022). A distributed cloud-based IoT architecture for smart agriculture in Southeast Asia. *Future Generation Computer Systems*, 119, 258-270. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.02.008>
- Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., & Woelffle, S. (2022). *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things in Agriculture*. European Commission Information Society and Media. <https://doi.org/10.2759/26127>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2023). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.05.007>