



RESEARCH ARTICLE

The Effectiveness of Drones in Improving Efficiency and Accuracy of Oil Palm Plantation Management in Indonesia: A Literature Review

Rahma Dita Briliyanti, Iqbal Maulana, Erana Misbahul Jannah, & Sentot Purboseno*

Master of Plantation Management, Postgraduate Program, Stiper Agricultural Institute (INSTIPER) Yogyakarta, Indonesia

Abstract: Oil palm plantation management in Indonesia faces significant challenges in terms of operational efficiency, land monitoring accuracy, and compliance with sustainability standards. With the advancement of digital technology, the use of drones or Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) has emerged as a potential solution to enhance plantation management effectiveness. This study aims to examine the effectiveness of drones in supporting oil palm plantation management in Indonesia through a review of both national and international literature. The findings indicate that drones can provide high-resolution spatial data quickly and accurately, which can be integrated with Geographic Information Systems (GIS) for planting block mapping, crop growth monitoring, pest infestation detection, and land fertility evaluation. Several studies have reported mapping efficiency improvements of up to 60%, along with support for sustainability reporting such as ISPO and RSPO. The use of drones also supports precision agriculture approaches, particularly in variable-rate fertilization and zonal land management. Despite implementation challenges such as investment costs and a shortage of trained operators, drone technology holds significant potential for the digitalization of plantations. This review recommends enhancing UAV adoption through technical training, strengthening digital infrastructure, and formulating supportive operational regulations. The integration of drones into oil palm plantation management is believed to accelerate the transformation toward a more efficient, accurate, and sustainable precision agriculture system.

Keywords: Drone, UAV, Oil Palm, GIS, Precision Agriculture, Sustainability, Land Management

*Corresponding author: Sentot Purboseno, Master of Plantation Management, Postgraduate Program, Stiper Agricultural Institute (INSTIPER) Yogyakarta, Indonesia

E-mail: sentot.purboseno@gmail.com

1. Introduction

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu komoditas strategis yang menopang ketahanan ekonomi nasional Indonesia. Komoditas ini memberikan kontribusi signifikan dalam bentuk devisa ekspor, penyerapan tenaga kerja, serta pembangunan wilayah pedesaan dan daerah tertinggal. Menurut Badan Pusat Statistik (2023), luas lahan kelapa sawit nasional telah mencapai lebih dari 15 juta hektar, dengan produksi minyak sawit mentah (CPO) sebesar 46 juta ton pada tahun 2022. Produksi minyak kelapa sawit mentah (Crude Palm Oil/CPO) Indonesia pada tahun 2023 diperkirakan mencapai 50,07 juta ton, meningkat sebesar 7,15% dibandingkan tahun sebelumnya yang sebesar 46,73 juta ton (GAPKI, 2024)



Namun, besarnya skala industri sawit juga menghadirkan tantangan besar, khususnya dalam aspek efisiensi operasional, pengelolaan sumber daya, akurasi pemantauan tanaman, serta pemenuhan standar keberlanjutan lingkungan dan sosial baik dalam kerangka Indonesia Sustainable Palm Oil (ISPO) maupun Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). Penggunaan metode manual dalam pemantauan kondisi kebun kerap memakan waktu lama, tidak efisien, dan rawan kesalahan visual, terutama dalam wilayah perkebunan yang sulit dijangkau (Sitompul et al., 2023).

Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (Of, 2022) Perkembangan teknologi terkini mungkin mencengangkan dan membuat takjub, sehingga menginspirasi keinginan untuk belajar lebih banyak. Namun, penting untuk diingat bahwa perubahan teknologi bukanlah fenomena baru dan, yang terpenting, tidak semua pelaku sistem pertanian pangan mempunyai akses terhadap perubahan tersebut. FAO telah mempelajari subjek ini selama beberapa dekade. Apa yang kita lihat saat ini hanyalah sebuah titik konsolidasi – untuk saat ini – dari proses panjang perubahan teknologi di bidang pertanian yang telah mengalami percepatan selama dua abad terakhir. Ini (Kementerian Pertanian RI, 2023). Walau demikian, adopsi UAV masih menghadapi sejumlah kendala di lapangan seperti keterbatasan infrastruktur digital pedesaan, biaya investasi perangkat, serta ketersediaan tenaga terlatih (Visser et al., 2020; Wibowo & Rijayana, 2017).

Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas UAV dalam mendukung pertanian presisi. Arief Eka Utoro (2023) menegaskan bahwa integrasi citra udara dari drone dan SIG dapat membangun peta presisi tanaman, mendeteksi potensi kerusakan dan variabilitas tanah secara spasial, serta mendukung intervensi lokasi-spesifik. Hal ini memperkuat akurasi perencanaan dan efisiensi penggunaan sumber daya, termasuk air dan pupuk.

Pemanfaatan drone dalam sektor pertanian berpotensi merevolusi cara petani mengawasi lahan mereka. Teknologi ini dapat menyediakan data yang lebih presisi dan mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih efisien dan tepat waktu. Artikel ini akan membahas penerapan drone dalam kegiatan pertanian, terutama dalam memantau kondisi kesehatan tanaman, serta mengevaluasi berbagai manfaat dan tantangan yang muncul dari penggunaannya (Redha, 2025).

Penelitian serupa di perkebunan sawit menunjukkan dampak nyata penggunaan UAV. (Siahaan et al., 2021) menyatakan bahwa drone dapat mempercepat pemetaan blok tanaman hingga 60% dibanding metode manual. Sementara itu, (Randa, 2024) melaporkan bahwa drone multispektral mampu mengestimasi umur tanaman sawit serta menghitung stok karbon, yang penting dalam mendukung audit keberlanjutan dan program kredit karbon (carbon credit scheme).

Mengingat dinamika industri kelapa sawit dan urgensi peningkatan efisiensi berbasis teknologi, kajian literatur ini disusun untuk menelaah efektivitas penggunaan drone dalam mendukung pengelolaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Fokus utama kajian ini adalah pada peningkatan efisiensi operasional, akurasi pemantauan tanaman, serta kontribusi drone terhadap pengembangan sistem pertanian presisi dan keberlanjutan jangka panjang.

2. Research Method and Material

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kualitatif deskriptif dengan pendekatan kajian literatur (literature review). Metode ini digunakan untuk menganalisis efektivitas pemanfaatan drone atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menyintesis berbagai hasil studi, laporan kebijakan, dan praktik lapangan yang relevan secara sistematis (Sakti et al, 2019). Kajian ini juga merujuk pada strategi transisi rendah karbon dalam sektor agribisnis seperti yang diuraikan oleh (PURBOSENO, n.d.), yang menekankan pentingnya

integrasi teknologi untuk mendukung efisiensi sumber daya dan dekarbonisasi praktik pertanian.

2.2. Sumber Data

Sumber data berasal dari publikasi ilmiah dan dokumen kebijakan terbitan tahun 2015–2024. Ini mencakup jurnal nasional terakreditasi (SINTA), jurnal internasional bereputasi (Scopus, DOAJ), laporan lembaga resmi seperti Badan Pusat Statistik (BPS), Kementerian Pertanian RI, dan badan internasional seperti FAO. Referensi juga termasuk artikel dari program riset strategi pembangunan rendah karbon berbasis teknologi yang relevan dengan konteks perkebunan kelapa sawit.

2.3. Kriteria inklusi:

- (1). Studi membahas pemanfaatan UAV dalam sektor pertanian dan perkebunan.
- (2). Fokus pada efisiensi, akurasi pemantauan, keberlanjutan, dan integrasi teknologi digital.
- (3). Artikel tersedia dalam akses terbuka atau melalui basis data akademik.

2.4. Prosedur Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

- (1). **Penelusuran Literatur:** dengan kata kunci “drone”, “UAV”, “precision agriculture”, “oil palm”, “sustainability”, dan “remote sensing” melalui Google Scholar, Scopus, Garuda, dan ResearchGate.
- (2). **Seleksi Literatur:** dilakukan dengan menelaah judul, abstrak, dan isi artikel untuk menilai kesesuaian tema, metodologi, dan kredibilitas sumber (Ramachandran, 2012).
- (3). **Ekstraksi Data:** informasi penting dikumpulkan seperti tujuan studi, lokasi, tipe UAV, output yang dihasilkan, dan relevansinya terhadap transformasi digital pertanian.
- (4). **Sintesis Tematik:** hasil diekstraksi dan dikelompokkan dalam tema efisiensi operasional, akurasi data lapangan, kontribusi terhadap keberlanjutan, serta tantangan penerapan.

2.5. Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan dengan pendekatan sintesis naratif (narrative synthesis) sebagaimana dijelaskan oleh (Popay et al., 2006). Data dianalisis untuk mengidentifikasi pola-pola umum dan perbedaan antarstudi, serta dikontekstualisasikan dalam kerangka pengembangan pertanian presisi dan transisi rendah karbon (Sondakh & Rembang, 2020). Sintesis dilakukan secara deskriptif untuk menampilkan potensi dan kendala penerapan UAV pada pengelolaan perkebunan kelapa sawit.

2.6. Validitas dan Keterbatasan

Validitas diperkuat melalui seleksi sumber akademik terpercaya dan triangulasi lintas jenis referensi. Peneliti membandingkan data dari jurnal ilmiah, laporan lembaga, dan studi kebijakan. Namun, keterbatasan terdapat pada belum adanya uji lapangan langsung, sehingga kajian ini bersifat eksploratif. Hasil ini menjadi dasar untuk penelitian lanjutan dengan pendekatan kuantitatif dan studi kasus lapangan.

3. Results and Discussion

3.1. Peningkatan Efisiensi Operasional

Pemanfaatan teknologi drone atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) telah terbukti secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional pada pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Salah satu keunggulan utama teknologi ini terletak pada kemampuan untuk melakukan pemetaan lahan, inspeksi infrastruktur, serta monitoring pertumbuhan tanaman secara cepat

dan presisi. Menurut (Siahaan et al., 2021), penggunaan drone untuk pemetaan blok tanaman sawit mampu menghemat waktu survei hingga 60% dibandingkan metode konvensional berbasis pengukuran manual dan observasi lapangan.

Lebih lanjut, (Fikri et al., 2023) mencatat bahwa adopsi drone dalam kegiatan pemantauan kebun menghasilkan efisiensi tenaga kerja sebesar 30–40% dan penghematan biaya operasional. Teknologi ini meminimalkan kebutuhan tenaga kerja untuk survei lapangan yang bersifat repetitif dan berisiko tinggi di medan sulit, serta memungkinkan deteksi dini terhadap serangan hama di lahan atau tanaman. Citra yang dihasilkan dapat segera diproses dan diinterpretasikan untuk menentukan lokasi intervensi yang mendesak, seperti pemupukan tambahan, penanggulangan hama, atau perbaikan infrastruktur, sehingga menghindari keterlambatan pengambilan keputusan yang berdampak pada hasil panen (Yazhini et al., 2024)

Dalam konteks inspeksi infrastruktur kebun seperti jalan produksi, jembatan, dan sistem drainase, drone sangat membantu dalam menjangkau area terpencil atau rawan longsor yang tidak dapat diakses oleh kendaraan konvensional. (Sutaji et al., 2022) menyatakan bahwa inspeksi kondisi jalan menggunakan drone memungkinkan tim lapangan mengevaluasi kerusakan fisik jalan secara menyeluruh dalam waktu yang lebih singkat dan dengan risiko minimal. Efisiensi ini terbukti krusial, terutama pada wilayah perkebunan di Kalimantan, Sulawesi, dan Papua yang memiliki topografi kompleks.

Hasil serupa juga diperoleh dalam studi internasional. (Rad et al., 2019). Menunjukkan bahwa penggunaan metode OSPD dan FND, proses pemodelan latar belakang dilakukan menggunakan algoritma pengelompokan K-Means. Untuk menentukan fitur yang paling optimal, OSPD memanfaatkan jarak ortogonal antara cluster dan target dalam ruang deteksi, sedangkan FND menggunakan jarak norma satu (L1-norm) antara cluster dan target untuk proses seleksi fitur

Peningkatan efisiensi ini menjadi aspek penting dalam konteks keberlanjutan, mengingat banyak perkebunan di Indonesia menghadapi keterbatasan tenaga kerja, medan geografis yang menantang, serta kebutuhan untuk mengoptimalkan produktivitas lahan tanpa ekspansi horizontal. Dengan demikian, teknologi drone tidak hanya mendukung efisiensi operasional, tetapi juga selaras dengan prinsip intensifikasi pertanian berkelanjutan.

3.2. Akurasi Pemantauan Tanaman dan Lahan

Pemanfaatan drone yang dilengkapi dengan sensor multispektral, inframerah dekat (NIR), dan termal telah membawa revolusi dalam pemantauan kondisi tanaman dan lahan pertanian. Teknologi ini memungkinkan deteksi dini terhadap berbagai kondisi fisiologis tanaman, seperti stres air, defisiensi nutrisi, serangan hama dan penyakit, serta keberhasilan pemupukan dan irigasi. (Hassan & Alsamhi, 2024) menunjukkan bahwa penggunaan sensor multispektral pada drone mampu mendeteksi gejala awal stres tanaman dengan akurasi tinggi, bahkan sebelum gejala tersebut terlihat secara visual. Data ini dapat digunakan untuk melakukan pemupukan spesifik lokasi (*site-specific nutrient management*), yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Di Indonesia, (Wulandari, 2024) melakukan penelitian di Kalimantan Timur dan menemukan bahwa citra multispektral dari drone mampu membedakan kondisi tajuk tanaman sawit sehat dan tidak sehat dengan tingkat akurasi mencapai 85–90%. Deteksi ini sangat penting dalam implementasi program pengendalian hama dan penyakit terpadu (*integrated pest management*), yang mengutamakan intervensi dini untuk mencegah kerusakan luas dan kerugian hasil produksi.

Studi serupa oleh (Santoso, 2020) Areal kajian mempunyai topografi relatif datar dan merupakan areal endemik infeksi penyakit BSR. Pengambilan data dengan UAV dan kamera Mapir pada pukul 15:58–16:36 WIB memberikan penampakan sebagian areal terdapat bayangan awan. Areal yang memiliki bayangan awan menunjukkan areal yang agak gelap dibandingkan dengan areal yang tidak mengandung bayangan awan. Hasil mosaic image

perekaman dengan UAV dan kamera Mapir dapat dilihat pada Gambar 1. Resize pixel image hasil perekaman beserta erangan image-nya dapat dilihat pada Gambar 2.

Secara internasional, Simarmata et al. (2021) Berdasarkan hasil analisis citra Sentinel dengan menggunakan transformasi indeks NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), dan NDWI (Normalized Difference Water Index) untuk identifikasi kerapatan vegetasi pada transformasi NDVI didominasi kelas kerapatan tinggi yaitu pada rentang nilai 0,67 – 1 yaitu seluas 46975,96 Ha, pada transformasi SAVI didominasi kelas kerapatan sangat jarang yaitu pada rentang nilai 0,99 – 1,38 yaitu seluas 48775,18 Ha, pada transformasi NDWI didominasi kelas kerapatan rendah yaitu pada rentang nilai 0,1 – 0,17 yaitu seluas 27442,26 Ha. Berdasarkan hasil uji akurasi yang dilakukan menggunakan 30 sampel uji diperoleh akurasi sebesar 83,33%. Ketepatan dan kecepatan pengambilan data melalui drone juga mendukung kegiatan pemetaan stok karbon, zonasi lahan, dan penilaian keberlanjutan perkebunan, terutama dalam rangka memenuhi standar sertifikasi seperti ISPO dan RSPO. Dengan demikian, drone tidak hanya meningkatkan akurasi teknis dalam pemantauan lahan, tetapi juga memperkuat daya saing komoditas kelapa sawit di pasar global yang menuntut keberlanjutan dan transparansi data.

3.3. Integrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Salah satu keunggulan utama pemanfaatan drone dalam pengelolaan pertanian modern adalah kemampuannya menghasilkan citra udara beresolusi tinggi yang dapat diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) seperti ArcGIS, QGIS, atau DroneDeploy untuk analisis spasial lanjutan. Integrasi ini memungkinkan pengguna memvisualisasikan, menganalisis, dan memetakan berbagai parameter agronomis dengan akurasi spasial tinggi, mendukung perencanaan berbasis zonasi dan pengambilan keputusan yang lebih presisi.

Penelitian (Vlachopoulos et al., 2020) membuktikan bahwa pemanfaatan UAV dan SIG dalam pemetaan tanaman dapat menghasilkan deliniasi batas tanam dan klasifikasi vegetasi dengan ketelitian spasial tinggi (>90%). Pendekatan ini sangat relevan di sektor perkebunan kelapa sawit, khususnya untuk zonasi pemupukan berbasis kebutuhan spesifik lokasi, identifikasi area rawan banjir atau erosi, perencanaan sistem drainase, dan manajemen akses jalan kebun.

Dalam konteks perkebunan sawit, integrasi UAV dan SIG juga membuka peluang untuk mengembangkan sistem perencanaan panen berbasis spasial, yang mempertimbangkan umur tanaman, tingkat kematangan buah, dan jarak akses ke pabrik pengolahan. Data yang diperoleh secara berkala dari drone juga memungkinkan pemantauan perubahan tutupan lahan, mendeteksi aktivitas pembukaan lahan ilegal, dan mengevaluasi efektivitas program konservasi di zona riparian atau buffer zone.

Utoro (2023) menegaskan bahwa peta presisi berbasis citra udara memiliki potensi besar dalam pengambilan keputusan berbasis zonasi kesuburan dan tingkat kerusakan lahan. Dalam praktiknya, pendekatan ini memperkuat prinsip pertanian presisi (precision agriculture) yang berorientasi pada efisiensi penggunaan input seperti air, pupuk, dan pestisida, sekaligus mengurangi dampak lingkungan.

Studi internasional oleh Peña et al. (2021) di perkebunan anggur di Spanyol menunjukkan bahwa integrasi UAV dengan SIG memungkinkan analisis spasial terhadap indeks vegetasi (NDVI dan SAVI), yang digunakan untuk menentukan strategi irigasi dan pemupukan variabel. Demikian pula, menurut (FAO, 2022), sistem pemetaan berbasis UAV dan SIG memperkuat upaya digitalisasi pertanian skala kecil hingga menengah di negara berkembang, meningkatkan daya saing petani lokal melalui pemanfaatan data spasial yang akurat.

Di Indonesia, implementasi serupa juga telah dilakukan dalam proyek Smart Village oleh BPPT (2020), di mana drone dan SIG digunakan untuk manajemen lahan pertanian terpadu, pengukuran ketersediaan air tanah, dan pemetaan kerentanan lahan terhadap kekeringan. Ini menunjukkan bahwa teknologi UAV-SIG tidak hanya efektif di tingkat makro, tetapi juga relevan dan dapat diadaptasi untuk skala mikro dan lokal.

3.4. Dukungan terhadap Keberlanjutan dan Sertifikasi

Pemanfaatan teknologi drone dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit tidak hanya meningkatkan efisiensi dan akurasi operasional, tetapi juga berperan strategis dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dan pemenuhan standar sertifikasi nasional dan internasional seperti ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil) dan RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil). Salah satu komponen penting dalam standar ini adalah keterlacakan (traceability) dan bukti kepatuhan terhadap prinsip konservasi serta pengelolaan lingkungan.

(TERRA DRONE INDONESIA, 2025) Teknologi drone telah membawa transformasi signifikan dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit menuju sistem yang lebih efisien dan berbasis data. Dengan kemampuan melakukan pemantauan lahan secara menyeluruh dan berkelanjutan, drone memungkinkan pengelola merespons perubahan kondisi dengan cepat dan akurat. Penerapan drone untuk memantau kesehatan tanaman tidak hanya berkontribusi pada peningkatan produktivitas, tetapi juga mendukung praktik pengelolaan lahan yang lebih ramah lingkungan dan berorientasi pada keberlanjutan.

Di Indonesia, penelitian oleh Faldi et al. (2022) menunjukkan bahwa peta vegetasi dan tutupan lahan yang dihasilkan dari drone sangat efektif dalam menilai kepatuhan terhadap zona hijau, sempadan sungai, dan area lindung lainnya. Studi ini dilakukan pada beberapa perkebunan sawit di Sumatera dan Kalimantan, di mana penggunaan drone membantu tim audit lapangan dalam proses verifikasi dokumen dan pengambilan sampel lapangan.

Selain itu, menurut (Randa, 2024), teknologi UAV berperan sebagai alat pendukung dalam strategi pengembangan low-carbon agriculture, yaitu pertanian yang memperhitungkan emisi gas rumah kaca, efisiensi energi, dan pengelolaan sumber daya secara terpadu. Dalam konteks perkebunan sawit, pendekatan ini memperkuat posisi Indonesia dalam upaya global mitigasi iklim dan sekaligus meningkatkan daya saing produk sawit di pasar ekspor yang menuntut sertifikasi keberlanjutan.

Studi oleh (Thoha et al., 2022) menegaskan bahwa transparansi data spasial yang diperoleh dari UAV memungkinkan keterlibatan pemangku kepentingan yang lebih luas dalam pemantauan keberlanjutan, termasuk masyarakat lokal, NGO lingkungan, dan lembaga sertifikasi. (Paneque-Gálvez et al., 2014) Studi ini menunjukkan UAV murah dan mudah digunakan dapat memberdayakan masyarakat lokal untuk secara langsung memantau hutan/perkebunan, serta dapat meningkatkan verifikasi data.

3.5. Tantangan dan Rekomendasi Implementasi

Meskipun manfaat teknologi drone dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit sangat menjanjikan, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan di lapangan. Salah satu kendala utama adalah tingginya biaya awal investasi untuk perangkat UAV, termasuk perangkat lunak pemrosesan citra, sensor multispektral, serta sistem penyimpanan dan analisis data. Selain itu, ketersediaan operator UAV yang bersertifikat dan kompeten juga masih sangat terbatas, terutama di daerah-daerah pedesaan dan wilayah terpencil tempat mayoritas perkebunan sawit berada (Siahaan et al., 2021).

Infrastruktur digital yang belum merata, seperti akses internet berkecepatan tinggi dan sistem cloud berbasis GIS, menjadi hambatan lain dalam penerapan UAV secara penuh, terutama untuk kebutuhan analisis spasial real-time dan pengambilan keputusan berbasis data. Menurut Visser et al. (2020), pengembangan kapasitas lokal dan pelatihan teknis menjadi kunci keberhasilan adopsi UAV di sektor pertanian, terutama untuk petani skala kecil yang membutuhkan dukungan teknis dan finansial tambahan.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2023) telah merespon tantangan ini melalui penyusunan roadmap transformasi digital pertanian, yang mencakup aspek regulasi, pelatihan, serta pembiayaan adopsi teknologi UAV melalui skema KUR (Kredit Usaha Rakyat), program petani milenial, dan kolaborasi dengan lembaga riset dan sektor swasta.

Studi oleh (Parmaksiz & Cinar, 2023) di Turki menunjukkan bahwa keterbatasan pemahaman petani terhadap manfaat UAV, serta ketergantungan pada pihak ketiga dalam pengoperasian drone, menjadi kendala adopsi yang cukup signifikan. Sementara itu, pengalaman dari Thailand dan Vietnam menunjukkan bahwa program inkubasi teknologi dan kemitraan publik-swasta dapat mempercepat difusi teknologi UAV ke lapisan petani akar rumput (Chakreeves et al., 2014).

Untuk menjawab tantangan tersebut, **beberapa rekomendasi strategis** dapat diajukan:

- (1). **Subsidi atau insentif fiskal** bagi koperasi petani atau perusahaan perkebunan yang mengadopsi UAV sebagai bagian dari manajemen kebun.
- (2). **Pendirian pusat pelatihan UAV sektor pertanian** di daerah sentra perkebunan, bekerja sama dengan politeknik pertanian, universitas, dan balai penyuluhan.
- (3). **Penguatan regulasi operasional drone di sektor perkebunan**, termasuk perizinan, standar keamanan penerbangan, dan perlindungan data spasial.
- (4). **Pengembangan platform integratif UAV-SIG berbasis cloud** yang ramah pengguna, guna menjembatani antara data drone dengan kebutuhan analisis manajemen kebun.

Dengan pendekatan kolaboratif yang mencakup unsur kebijakan, teknologi, edukasi, dan pembiayaan, potensi UAV dalam mendukung pertanian cerdas dan berkelanjutan di sektor kelapa sawit dapat lebih optimal.

4. Conclusion

Pemanfaatan teknologi drone (UAV) dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi operasional, akurasi pemantauan tanaman, dan pengambilan keputusan berbasis data spasial. Integrasi drone dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) mendukung praktik pertanian presisi melalui zonasi pemupukan, deteksi dini penyakit, dan pemetaan umur serta produktivitas tanaman. Lebih jauh, penggunaan UAV juga berkontribusi dalam pemenuhan standar keberlanjutan ISPO dan RSPO, termasuk dalam pelaporan cadangan karbon dan konservasi lahan.

Meskipun demikian, adopsi teknologi ini masih menghadapi tantangan berupa biaya investasi awal, keterbatasan operator bersertifikat, dan infrastruktur digital yang belum merata di kawasan pedesaan. Diperlukan strategi nasional yang integratif, termasuk insentif kebijakan, pelatihan teknis, dan kemitraan multi-pihak untuk mempercepat difusi UAV dalam sistem pertanian modern di Indonesia.

Secara keseluruhan, teknologi drone dapat menjadi pilar penting dalam transformasi digital dan pembangunan rendah karbon sektor kelapa sawit, apabila didukung oleh kebijakan adaptif, edukasi, serta penguatan kapasitas lokal secara berkelanjutan.

References

- Chakreeves, T., Preittigun, A., & Phu-ang, A. (2014). Stakeholder Analysis of Agricultural Drone Policy: A Case Study of the Agricultural Drone Ecosystem of Thailand. *International Journal of Law and Political Sciences*, 15(1), 118–123.
- Fikri, M. R., Candra, T., Saptaji, K., Noviarini, A. N., & Wardani, D. A. (2023). A review of Implementation and Challenges of Unmanned Aerial Vehicles for Spraying Applications and Crop Monitoring in Indonesia. *ArXiv*, 1–32.
- GAPKI. (2024). kinerja industri minyak sawit tahun 2023 dan prospek tahun 2024.
- Of, T. H. E. S. (2022). The State of Food and Agriculture 2022. In *The State of Food and Agriculture 2022*. <https://doi.org/10.4060/cb9479en>
- Paneque-Gálvez, J., McCall, M. K., Napoletano, B. M., Wich, S. A., & Koh, L. P. (2014). Small drones for community-based forest monitoring: An assessment of their feasibility and potential in tropical areas. *Forests*, 5(6), 1481–1507. <https://doi.org/10.3390/f5061481>



- Parmaksiz, O., & Cinar, G. (2023). Technology Acceptance among Farmers: Examples of Agricultural Unmanned Aerial Vehicles. *Agronomy*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy13082077>
- Rad, A. M., Abkar, A. A., & Mojaradi, B. (2019). Supervised distance-based feature selection for hyperspectral target detection. *Remote Sensing*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/rs11172049>
- Ramachandran, M. (2012). Guidelines Based Software Engineering for Developing Software Components. *Journal of Software Engineering and Applications*, 05(01), 1–6. <https://doi.org/10.4236/jsea.2012.51001>
- Randa, G. (2024). Pemanfaatan Aplikasi Drone dalam Mengevaluasi Cadangan Karbon pada Beberapa Tingkat Umur Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guinensis* Jacq). *Wanatani*, 4(1), 1–12.
- Redha. (2025). Inovasi Teknologi dalam Pertanian: Penggunaan Drone untuk Pemantauan Kesehatan Tanaman.
- Siahaan, M. (2023). Klasifikasi Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Luas Pengusahaan Dan Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Analisa Klaster. *Jurnal Agro Estate*, 7(2), 1–10.
- Sitompul, A. T., Yetri, M., & Mahyuni, R. (2023). Data Mining Mengestimasi Jumlah Tonase Kelapa Sawit Dengan Metode Regresi Linear Berganda. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 2(1), 148–157.
- TERRA DRONE INDONESIA. (2025). Pemanfaatan Drone untuk Monitoring Kesehatan Tanaman di Perkebunan Sawit.
- Vlachopoulos, O., Leblon, B., Wang, J., Haddadi, A., LaRocque, A., & Patterson, G. (2020). Delineation of crop field areas and boundaries from UAS imagery using PBIa and GEOBIA with random forest classification. *Remote Sensing*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/RS12162640>
- Yazhini, A., & Raswanthkrishna, M. (2024). Economic Analysis of Drone Technology in Agriculture : Insights from Farmer Producer Organisation in Tamil Nadu. 46(12), 611–617.