ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.5, No.11, Oktober 2026

Kerangka AI-Driven Dynamic Soil Intelligence untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam Berkelanjutan: Studi pada Agroforestri Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) dan Ekosistem Olahraga

Meitanisyah
Program Studi Ilmu Komputer, IPB University, Indonesia
E-mail: Meitanisyah@gmail.com / info@gudangdistribusi.com

Article History:
Received: 05 Juli 2026
Revised: 20 September 2026
Accepted: 06 Oktober 2026

Keywords: *Pengelolaan Sumber Daya Alam, Kayu Ulin, Artificial Intelligence, Dynamic Soil Intelligence, Agri-IT, Produktivitas Lahan Tropika.*

Abstrak: *Indonesia memiliki kawasan hutan tropis dengan keanekaragaman hayati tinggi, termasuk kayu ulin (Eusideroxylon zwageri) yang bernilai ekologis dan ekonomis, namun populasinya terus mengalami penurunan akibat eksploitasi yang tidak diimbangi pengelolaan berkelanjutan. Perkembangan Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), remote sensing, dan Geographic Information System (GIS) memberikan peluang untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan sumber daya alam melalui sistem cerdas berbasis data. Artikel ini bertujuan mengusulkan kerangka konseptual AI-Driven Dynamic Soil Intelligence yang mengintegrasikan sensor tanah, citra satelit, AI, GIS, dan sistem agroforestri kayu ulin guna mendukung pemantauan kondisi tanah secara real-time, prediksi kesuburan, deteksi risiko degradasi lahan, serta rekomendasi pengelolaan yang adaptif. Kerangka ini juga mengintegrasikan ekosistem olahraga sepak bola sebagai media pengembangan kapasitas sumber daya manusia melalui penguatan kepemimpinan, kolaborasi, disiplin, dan inovasi. Pendekatan multidisiplin tersebut diharapkan mampu meningkatkan produktivitas lahan, memperkuat konservasi kayu ulin, meningkatkan ketahanan ekosistem, serta mendorong sinergi antara transformasi digital, pembangunan sosial, dan keberlanjutan lingkungan. Selain itu, model ini membuka peluang kolaborasi Indonesia–Jepang melalui transfer teknologi, penguatan kapasitas sumber daya manusia, dan pengembangan pertanian modern sebagai bagian dari pengelolaan sumber daya alam yang adaptif dan berkelanjutan.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kawasan hutan hujan tropis terbesar di dunia yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati sangat tinggi. Hutan tropis berperan penting sebagai

penyedia jasa ekosistem, meliputi penyimpanan karbon, pengaturan siklus hidrologi, perlindungan keanekaragaman hayati, serta penyedia hasil hutan yang menopang pembangunan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, keberlanjutan pengelolaan sumber daya hutan menjadi isu strategis karena berkaitan langsung dengan pencapaian tujuan konservasi lingkungan, ketahanan pangan, mitigasi perubahan iklim, serta pembangunan ekonomi hijau.

Salah satu spesies pohon endemik yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis tinggi adalah kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*), yang dikenal sebagai *Borneo Ironwood*. Kayu ulin memiliki karakteristik berupa kekuatan mekanik yang tinggi, ketahanan terhadap pelapukan, serangan rayap, serta umur pakai yang panjang sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi dan infrastruktur. Namun demikian, tingginya permintaan pasar, eksploitasi yang berlebihan, perubahan penggunaan lahan, serta rendahnya tingkat regenerasi alami menyebabkan populasi kayu ulin terus mengalami penurunan. Kondisi tersebut menjadikan spesies ini sebagai salah satu prioritas konservasi hutan tropis Indonesia dan menuntut adanya pendekatan pengelolaan yang lebih adaptif serta berbasis ilmu pengetahuan.

Di sisi lain, tantangan pengelolaan hutan tidak hanya berkaitan dengan konservasi spesies, tetapi juga dengan degradasi kualitas tanah dan penurunan produktivitas lahan. Perubahan iklim, kebakaran hutan, deforestasi, serta praktik pemanfaatan lahan yang kurang memperhatikan prinsip keberlanjutan telah mengakibatkan menurunnya kesuburan tanah, meningkatnya risiko degradasi lahan, serta berkurangnya kapasitas ekosistem dalam mendukung fungsi ekologis maupun aktivitas ekonomi masyarakat. Oleh karena itu, pengelolaan lahan tropis memerlukan sistem pemantauan yang mampu memberikan informasi secara cepat, akurat, dan berkelanjutan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang besar untuk mentransformasi pengelolaan sumber daya alam melalui pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI), *Internet of Things* (IoT), *Geographic Information System* (GIS), *remote sensing*, serta Agri-IT. Integrasi teknologi tersebut memungkinkan pengumpulan data tanah secara real-time, analisis spasial yang lebih presisi, prediksi kondisi lingkungan berbasis *machine learning*, serta penyusunan rekomendasi pengelolaan lahan yang adaptif. Salah satu konsep yang berkembang adalah *Dynamic Soil Intelligence*, yaitu sistem yang mengintegrasikan data sensor tanah, citra satelit, data iklim, dan algoritma kecerdasan buatan untuk menghasilkan informasi dinamis mengenai kesuburan tanah, kelembapan, kandungan unsur hara, risiko degradasi, hingga rekomendasi pengelolaan agroforestri secara berkelanjutan.

Keberhasilan implementasi teknologi tersebut tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan sistem, tetapi juga oleh kapasitas sumber daya manusia sebagai pengguna dan pengelola teknologi. Dalam perspektif pembangunan berkelanjutan, pemberdayaan generasi muda menjadi faktor penting karena mereka merupakan aktor utama dalam transformasi digital, inovasi pertanian, konservasi lingkungan, serta pengembangan ekonomi hijau. Salah satu pendekatan yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kapasitas generasi muda adalah melalui ekosistem olahraga sepak bola (*football ecosystem*). Dalam penelitian ini, olahraga sepak bola tidak diposisikan sebagai tujuan utama, melainkan sebagai media pembentukan kepemimpinan, disiplin, kolaborasi, komunikasi, dan inovasi yang mendukung keterlibatan pemuda dalam pengelolaan sumber daya alam berbasis teknologi.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan AI dalam pertanian presisi, pengelolaan kehutanan, sistem agroforestri, pemantauan kondisi tanah, maupun konservasi sumber daya alam. Penelitian lain juga membahas pemberdayaan pemuda melalui olahraga serta kolaborasi

internasional dalam pengembangan teknologi pertanian. Namun demikian, kajian-kajian tersebut umumnya masih dilakukan secara parsial dan berfokus pada aspek tertentu sehingga belum menghasilkan model yang mampu mengintegrasikan pengelolaan kayu ulin, *Dynamic Soil Intelligence*, AI, GIS, IoT, Agri-IT, pemberdayaan pemuda berbasis olahraga, serta kolaborasi internasional dalam satu kerangka konseptual yang komprehensif. Keterbatasan tersebut menunjukkan masih adanya ruang penelitian untuk mengembangkan model pengelolaan sumber daya alam yang lebih holistik, adaptif, dan berorientasi pada pembangunan berkelanjutan.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, artikel ini menawarkan AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework (AIDSI Framework) sebagai kerangka konseptual baru yang mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan, sistem informasi geospasial, sensor tanah, penginderaan jauh, dan Agri-IT dengan sistem agroforestri kayu ulin serta pengembangan kapasitas sumber daya manusia melalui ekosistem olahraga. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi lima dimensi utama, yaitu dimensi lingkungan, teknologi, sosial, ekonomi, dan kolaborasi internasional Indonesia–Jepang, dalam satu model pengelolaan sumber daya alam yang terpadu. Melalui pendekatan multidisiplin tersebut, model yang diusulkan diharapkan mampu meningkatkan produktivitas lahan tropis, memperkuat konservasi kayu ulin, mendukung transformasi digital sektor kehutanan dan pertanian, memperkuat ekonomi hijau, serta menghasilkan sumber daya manusia yang adaptif terhadap perkembangan teknologi. Selain itu, model ini diharapkan menjadi landasan konseptual bagi pengembangan kebijakan dan implementasi pengelolaan sumber daya alam berbasis data yang mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework (AIDSI Framework) sebagai model konseptual pengelolaan berkelanjutan kayu ulin dan produktivitas lahan tropis melalui integrasi AI, Agri-IT, GIS, IoT, *remote sensing*, serta pemberdayaan pemuda berbasis ekosistem olahraga dalam kerangka kolaborasi Indonesia–Jepang.

LANDASAN TEORI

Pengelolaan Berkelanjutan Sumber Daya Alam

Pengelolaan sumber daya alam merupakan proses perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, rehabilitasi, dan konservasi sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya. Konsep ini dikenal sebagai *Sustainable Natural Resource Management* (SNRM) yang mengintegrasikan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial dalam setiap pengambilan keputusan.

Dalam konteks Indonesia, pengelolaan hutan tropika tidak hanya berorientasi pada produksi hasil hutan, tetapi juga pada konservasi keanekaragaman hayati, mitigasi perubahan iklim, perlindungan daerah aliran sungai, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar hutan. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya alam memerlukan pendekatan multidisiplin yang memadukan teknologi, kebijakan, dan partisipasi masyarakat (Ostrom, 1990; Elkington, 1997).

Kayu Ulin sebagai Sumber Daya Strategis

Kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*) merupakan spesies pohon endemik Pulau Kalimantan yang dikenal memiliki kekuatan mekanik tinggi, ketahanan terhadap rayap, jamur, dan pelapukan alami, sehingga banyak dimanfaatkan untuk konstruksi jembatan, dermaga, bangunan tradisional, dan infrastruktur yang membutuhkan material berumur panjang.

Namun, pertumbuhan kayu ulin relatif lambat sehingga eksploitasi yang tidak terkendali

menyebabkan penurunan populasi secara signifikan (Qie et al., 2019). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan konservasi kayu ulin memerlukan kombinasi antara rehabilitasi hutan, agroforestri, perlindungan habitat, pemantauan populasi, serta peningkatan nilai ekonomi melalui pengelolaan yang berkelanjutan (Siregar, 2021; Adman et al., 2021; Diniy et al., 2025). Selain nilai ekonominya, kayu ulin juga memiliki fungsi ekologis penting sebagai penyusun ekosistem hutan hujan tropis yang mendukung stabilitas tanah, siklus hidrologi, dan penyimpanan karbon.

Produktivitas Lahan Tropika dan Dynamic Soil Intelligence

Produktivitas lahan merupakan kemampuan suatu lahan menghasilkan biomassa, hasil pertanian, maupun jasa ekosistem secara berkelanjutan, yang dipengaruhi oleh kesuburan tanah, curah hujan, topografi, penggunaan lahan, serta penerapan teknologi. Pendekatan *dynamic soil intelligence*—pemantauan kondisi tanah secara berkelanjutan menggunakan sensor, citra satelit, dan model pembelajaran mesin memungkinkan pemetaan tanah digital yang lebih akurat dan adaptif terhadap perubahan lingkungan (Wadoux et al., 2020).

Di kawasan tropika, degradasi lahan akibat deforestasi, kebakaran hutan, konversi lahan, dan praktik budidaya yang kurang tepat menjadi salah satu penyebab menurunnya produktivitas. Oleh karena itu, konsep agroforestri, pertanian presisi, dan pengelolaan berbasis lanskap menjadi pendekatan yang semakin banyak diterapkan untuk meningkatkan produktivitas tanpa mengurangi fungsi ekologis lingkungan.

Artificial Intelligence dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam

Artificial Intelligence (AI) merupakan teknologi yang mampu melakukan analisis data dalam jumlah besar, mengenali pola, melakukan prediksi, dan mendukung pengambilan keputusan secara otomatis. Dalam bidang pengelolaan sumber daya alam, AI telah digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra satelit, deteksi dini kebakaran hutan, identifikasi penebangan ilegal, prediksi pertumbuhan tanaman, analisis kesesuaian lahan, pemodelan perubahan iklim, dan optimasi rantai pasok hasil hutan (Raihan, 2023; Wang et al., 2025; Nishant et al., 2020).

Integrasi AI dengan Geographic Information System (GIS), drone, sensor lapangan, dan Internet of Things (IoT) memungkinkan sistem pemantauan lingkungan dilakukan secara real-time sehingga meningkatkan efektivitas pengelolaan kawasan hutan dan lahan (Buchelt et al., 2024; Diez et al., 2021; Reiersen et al., 2022).

Agri-IT dan Pertanian Presisi

Agri-IT merupakan penerapan teknologi informasi dalam sektor pertanian untuk meningkatkan efisiensi produksi, pengelolaan sumber daya, dan pengambilan keputusan. Implementasi Agri-IT meliputi penggunaan sensor kelembapan tanah, drone untuk pemantauan tanaman, sistem irigasi cerdas, analisis data cuaca, serta aplikasi berbasis Artificial Intelligence (Talaviya et al., 2020; Subeesh & Mehta, 2021; Musa et al., 2023; Jayawardene et al., 2026).

Dalam sistem agroforestri, Agri-IT memungkinkan integrasi antara tanaman kehutanan, tanaman pangan, dan peternakan secara lebih efisien sehingga mampu meningkatkan produktivitas lahan sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem.

Ekosistem Olahraga sebagai Pendekatan Pemberdayaan Pemuda

Pembangunan berkelanjutan tidak hanya bergantung pada pengelolaan sumber daya alam, tetapi juga pada kualitas sumber daya manusia. Olahraga *football* sebagai salah satu cabang

utama—merupakan aktivitas yang mampu membangun disiplin, kepemimpinan, kerja sama tim, kemampuan komunikasi, serta kesehatan fisik dan mental (Gould & Voelker, 2010; Meir, 2017).

Dalam penelitian ini, ekosistem olahraga tidak diposisikan sebagai tujuan utama, melainkan sebagai media pemberdayaan pemuda yang mendorong keterlibatan generasi muda dalam kegiatan konservasi, agroforestri, kewirausahaan hijau, dan inovasi teknologi. Melalui pendekatan tersebut, diharapkan terbentuk generasi muda yang memiliki kompetensi teknis, kepemimpinan, serta kepedulian terhadap pengelolaan sumber daya alam.

Kolaborasi Indonesia–Jepang dalam Pengembangan Kapasitas

Kerja sama internasional menjadi salah satu faktor penting dalam mempercepat transfer teknologi dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia. Jepang memiliki pengalaman dalam pengembangan pertanian presisi, teknologi sensor, robotika, serta pengelolaan lingkungan berbasis inovasi, antara lain melalui skema *Technical Intern Training Program* (TITP) di sektor pertanian (Uchiyama, 2014; Yasuko, 2018).

Melalui kolaborasi Indonesia–Jepang, penelitian ini mengusulkan pertukaran pengetahuan, pelatihan Agri-IT, penelitian bersama, dan pengembangan kewirausahaan hijau sebagai bagian dari implementasi model pengelolaan berkelanjutan. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan daya saing pemuda Indonesia di tingkat global sekaligus mendukung konservasi sumber daya alam.

kerangka konseptual

Penelitian ini mengembangkan kerangka konseptual yang mengintegrasikan pengelolaan sumber daya alam, Artificial Intelligence (AI), *dynamic soil intelligence*, Agri-IT, serta pemberdayaan pemuda dalam satu sistem yang mendukung pembangunan berkelanjutan. Model yang diusulkan diberi nama AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework (AIDSI Framework).

Berbeda dengan model pengelolaan kehutanan konvensional yang umumnya hanya berfokus pada aspek produksi hasil hutan, model AIDSI Framework mengintegrasikan dimensi ekologis, ekonomi, sosial, dan teknologi secara bersamaan sehingga menghasilkan pendekatan pengelolaan yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan dan kebutuhan masyarakat.

Framework ini dibangun berdasarkan prinsip bahwa keberhasilan pengelolaan sumber daya alam tidak hanya ditentukan oleh kualitas ekosistem, tetapi juga oleh kemampuan teknologi dalam mendukung pengambilan keputusan serta kapasitas masyarakat sebagai pelaku utama pembangunan.

Komponen Model AIDSI Framework

Model yang diusulkan terdiri atas enam komponen utama

1. **Natural Resource Management**

Komponen pertama merupakan dasar dari seluruh sistem, meliputi konservasi hutan ulin, rehabilitasi lahan terdegradasi, pengelolaan daerah aliran sungai, perlindungan keanekaragaman hayati, dan pengelolaan agroforestri. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kondisi ekosistem menggunakan survei lapangan, citra satelit, serta Geographic Information System (GIS).

2. **AI and Dynamic Soil Intelligence Decision Support System**

Artificial Intelligence dan *dynamic soil intelligence* digunakan sebagai sistem pendukung keputusan melalui beberapa fungsi utama: prediksi pertumbuhan kayu ulin, identifikasi lokasi rehabilitasi, deteksi kebakaran hutan, pemantauan perubahan tutupan lahan, prediksi produktivitas lahan, analisis risiko perubahan iklim, dan optimalisasi tata guna lahan. Model AI dikembangkan menggunakan *machine learning* yang memanfaatkan data spasial, data iklim, data tanah, serta data vegetasi.

3. Agri-IT Integration

Komponen ketiga berfungsi meningkatkan produktivitas lahan tropika melalui penerapan teknologi digital, meliputi *precision agriculture*, *smart irrigation*, *soil monitoring*, sensor IoT, *drone monitoring*, *mobile decision support*, dan *farmer information system*. Melalui sistem ini, petani memperoleh rekomendasi mengenai waktu tanam, kebutuhan air, pemupukan, serta prediksi hasil panen berdasarkan analisis Artificial Intelligence.

4. Sustainable Green Economy

Pengelolaan sumber daya alam harus memberikan manfaat ekonomi tanpa mengurangi keberlanjutan lingkungan. Model ini mengembangkan beberapa sumber ekonomi, yaitu agroforestri kayu ulin, *carbon credit*, ESG investment, sertifikasi kayu lestari, *digital marketplace*, dan *green entrepreneurship*. Pendekatan tersebut diharapkan mampu meningkatkan pendapatan masyarakat sekaligus menjaga kelestarian hutan.

5. Sport-Based Youth Empowerment (Ekosistem Olahraga)

Dalam model ini, ekosistem olahraga *football* sebagai salah satu wahana bukan merupakan tujuan utama penelitian, melainkan media pengembangan kapasitas pemuda. Program ini diintegrasikan dengan pendidikan lingkungan, kepemimpinan, kewirausahaan hijau, pelatihan Agri-IT, pelatihan Artificial Intelligence, dan konservasi hutan, sehingga diharapkan terbentuk generasi muda yang memiliki kompetensi teknologi, kepemimpinan, dan kepedulian terhadap lingkungan.

6. Indonesia–Japan Collaboration

Komponen terakhir merupakan strategi implementasi internasional yang menghubungkan konservasi sumber daya alam, pengembangan kapasitas sumber daya manusia, serta transfer teknologi antara Indonesia dan Jepang. Kolaborasi dilakukan melalui:

- pertukaran mahasiswa dan peneliti (*student and researcher exchange*)
- penelitian bersama (*joint research*) mengenai pengelolaan sumber daya alam, Artificial Intelligence, dan Agri-IT
- pelatihan pertanian modern (*smart agriculture*) dan *precision farming*
- transfer teknologi Artificial Intelligence, GIS, IoT, serta *remote sensing*
- program magang atau pengalaman kerja profesional di sektor pertanian, kehutanan, dan teknologi, sesuai dengan regulasi dan kemitraan yang berlaku
- kesempatan memperoleh pengalaman kerja internasional dan penghasilan sesuai ketentuan program yang berlaku
- pengembangan Agri-IT dan kewirausahaan hijau
- program pembinaan pemuda berbasis ekosistem olahraga sebagai media penguatan kepemimpinan, disiplin, kerja sama tim, dan kepedulian terhadap lingkungan
- partisipasi dalam komunitas sepak bola (football community) sebagai sarana pengembangan karakter, jejaring internasional, dan keseimbangan antara aktivitas profesional dan olahraga
- pengembangan platform pembelajaran digital (Technology-Based Flexible Learning) sehingga peserta tetap dapat meningkatkan kompetensi di bidang Artificial Intelligence, teknologi informasi, dan pengelolaan sumber daya alam selama mengikuti pelatihan maupun pengalaman internasional
- penyelenggaraan pendidikan homeschooling yang fleksibel sehingga peserta tetap dapat melanjutkan pendidikan formal selama mengikuti program internasional
- pembelajaran dan peningkatan kompetensi di bidang Information Technology (IT), termasuk pemrograman, Artificial Intelligence, analisis data, dan teknologi digital sebagai

bekal pengembangan karier di masa depan.

Kolaborasi ini diharapkan mampu mempercepat transfer teknologi, meningkatkan kapasitas sumber daya manusia, memperkuat kerja sama penelitian antara Indonesia dan Jepang, mendorong penerapan pengelolaan sumber daya alam berbasis Artificial Intelligence, serta menghasilkan generasi muda yang memiliki kompetensi global dalam bidang konservasi, pertanian modern, teknologi digital, dan kewirausahaan hijau. Model ini juga diharapkan dapat mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya pada aspek pendidikan berkualitas, pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi, inovasi, aksi terhadap perubahan iklim, serta perlindungan ekosistem daratan.

Hubungan Antar Komponen

Model AIDSI Framework mengintegrasikan keenam komponen tersebut menjadi satu sistem pengelolaan yang saling mendukung, dengan alur sebagai berikut:

Natural Resource Management → Artificial Intelligence & Dynamic Soil Intelligence → Agri-IT System → Sustainable Green Economy → Sport-Based Youth Empowerment → Indonesia–Japan Collaboration → Sustainable Natural Resource Management.

Keunggulan Model AIDSI Framework

Model yang diusulkan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan model pengelolaan konvensional:

1. Mengintegrasikan Artificial Intelligence dan *dynamic soil intelligence* dengan pengelolaan sumber daya alam.
2. Menghubungkan konservasi dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat.
3. Memanfaatkan Agri-IT untuk meningkatkan produktivitas lahan.
4. Mengembangkan model pemberdayaan pemuda berbasis ekosistem olahraga sebagai pendekatan sosial.
5. Menghasilkan kerangka kolaborasi internasional Indonesia–Jepang.
6. Mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs).

Proposisi Penelitian

Sebagai penelitian konseptual, AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework (AIDSI Framework) dikembangkan berdasarkan beberapa proposisi yang menjadi dasar hubungan antar komponen dalam model.

Proposisi 1. Integrasi Artificial Intelligence dengan *dynamic soil intelligence* mampu meningkatkan kualitas pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya alam melalui analisis data yang lebih cepat, akurat, dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Proposisi 2. Penerapan Agri-IT yang terintegrasi dengan Artificial Intelligence berpotensi meningkatkan produktivitas lahan tropika tanpa mengurangi fungsi ekologis kawasan.

Proposisi 3. Pemberdayaan pemuda melalui ekosistem olahraga *football* sebagai media pembentukan karakter, kepemimpinan, dan kolaborasi dapat meningkatkan partisipasi generasi muda dalam konservasi lingkungan serta pengembangan ekonomi hijau.

Proposisi 4. Kolaborasi Indonesia–Jepang dalam bidang Artificial Intelligence, Agri-IT, pertanian modern, dan pengelolaan sumber daya alam mampu mempercepat transfer teknologi, inovasi, serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia.

Rancangan Platform: Dynamic Soil Intelligence Platform (*www.gudangdistribusi.com*)

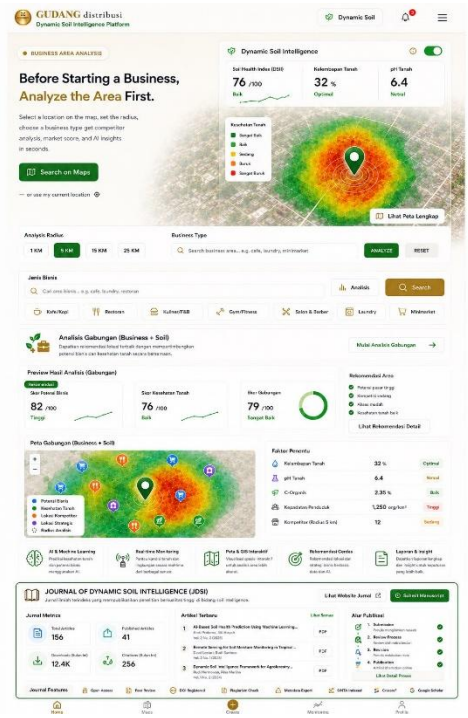
Sebagai bentuk implementasi awal dari komponen AI and Dynamic Soil Intelligence Decision Support System dan Agri-IT Integration pada model AIDSI Framework, penelitian ini mengembangkan sebuah platform digital bernama Dynamic Soil Intelligence Platform yang dibangun di atas domain *www.gudangdistribusi.com.* Platform ini masih berada pada tahap pengembangan (early-stage prototype), sehingga tampilan antarmuka dan ilustrasi yang disajikan pada gambar berikut angka, visualisasi, dan contoh data yang ditampilkan masih merupakan data ilustratif dan belum sepenuhnya merepresentasikan pengujian maupun validasi empiris di lapangan.

Platform ini dirancang memiliki tujuh modul utama, yaitu: (1) *Dashboard* ringkasan Indeks Kesehatan Tanah (*Soil Health Index*/DSII); (2) *Monitoring Tanah* real-time; (3) *Peta & GIS* interaktif; (4) *Analitik AI* untuk prediksi kesehatan tanah dan hasil tanaman; (5) *Rekomendasi AI* berbasis data; (6) *Integrasi Sensor* IoT lapangan; serta (7) *Data & Dataset* sebagai repositori data tanah, cuaca, vegetasi, dan citra satelit.

Status Pengembangan Platform

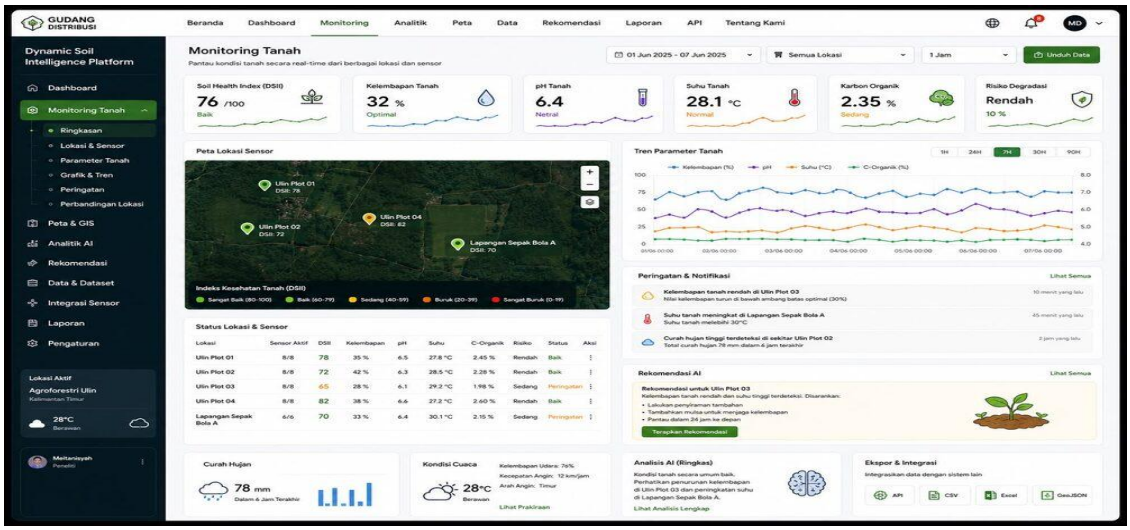
Dynamic Soil Intelligence Platform saat ini berada pada tahap pengembangan awal (early-stage prototype). Beberapa modul utama telah mulai diimplementasikan, antara lain dashboard, monitoring tanah, modul GIS, analitik Artificial Intelligence, integrasi sensor, serta marketplace digital untuk hasil pertanian dan layanan terkait. Pengembangan platform diperkirakan telah mencapai sekitar 25% dari keseluruhan sistem yang direncanakan. Pada penelitian ini, platform berfungsi sebagai media untuk mengilustrasikan implementasi AIDSI Framework dan belum digunakan sebagai objek pengujian empiris. Pengembangan lanjutan akan difokuskan pada integrasi data lapangan, validasi model AI, pengujian fungsional sistem, serta evaluasi pengguna.

Gambar 1 memperlihatkan halaman awal platform yang memungkinkan pengguna melakukan analisis area sebelum memulai usaha dengan visualisasi *heatmap* kesehatan tanah berbasis lokasi.



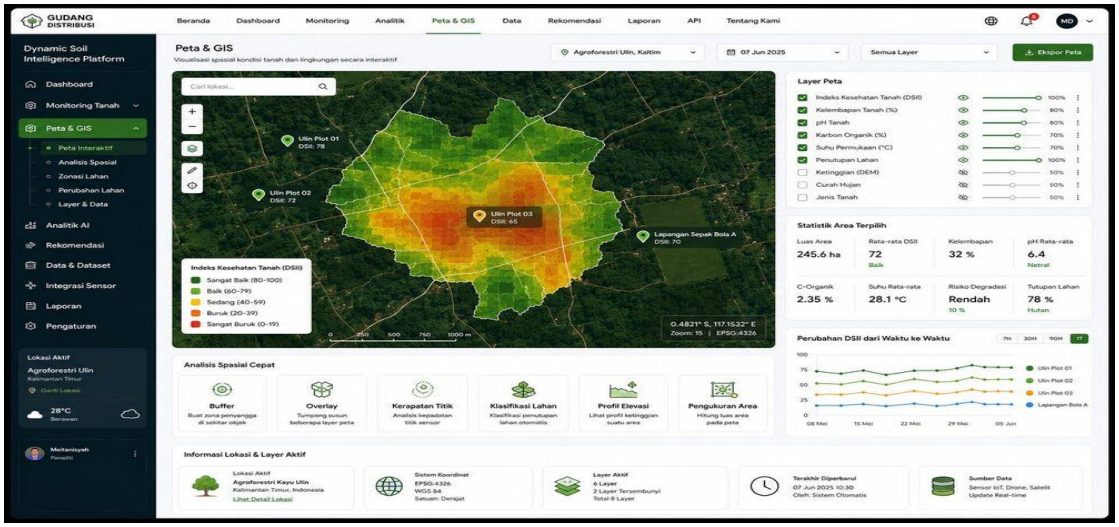
Gambar 1. Rancangan halaman analisis area bisnis dan kesehatan tanah pada Dynamic Soil Intelligence Platform.

Gambar 2 menunjukkan modul Monitoring Tanah yang menyajikan parameter kelembapan, pH, suhu, dan kandungan karbon organik secara real-time dari beberapa plot agroforestri kayu ulin serta satu lokasi lapangan sepak bola, sebagai representasi integrasi antara pilar konservasi kayu ulin dan pilar ekosistem olahraga dalam satu sistem pemantauan yang sama.



Gambar 2. Rancangan modul Monitoring Tanah lintas-lokasi (plot ulin dan lapangan olahraga).

Gambar 3 menampilkan modul Peta & GIS interaktif dengan visualisasi spasial Indeks Kesehatan Tanah (DSII) berbasis grid, dilengkapi kontrol layer (kelembapan, pH, karbon organik, suhu permukaan, penutupan lahan) yang dapat diaktifkan sesuai kebutuhan analisis.



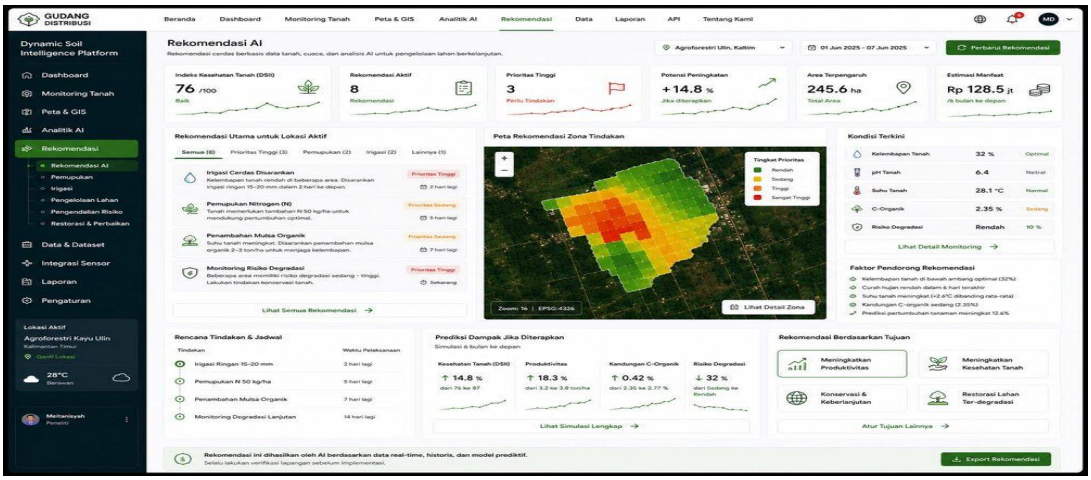
Gambar 3. Rancangan modul Peta & GIS interaktif berbasis grid DSII.

Gambar 4 memperlihatkan modul Analitik AI yang menghasilkan prediksi kesehatan tanah, prediksi pertumbuhan kayu ulin, deteksi risiko degradasi, serta indikator performa beberapa model *machine learning* (*Random Forest*, XGBoost, LSTM, dan CNN) yang diusulkan untuk digunakan secara paralel (*ensemble*).



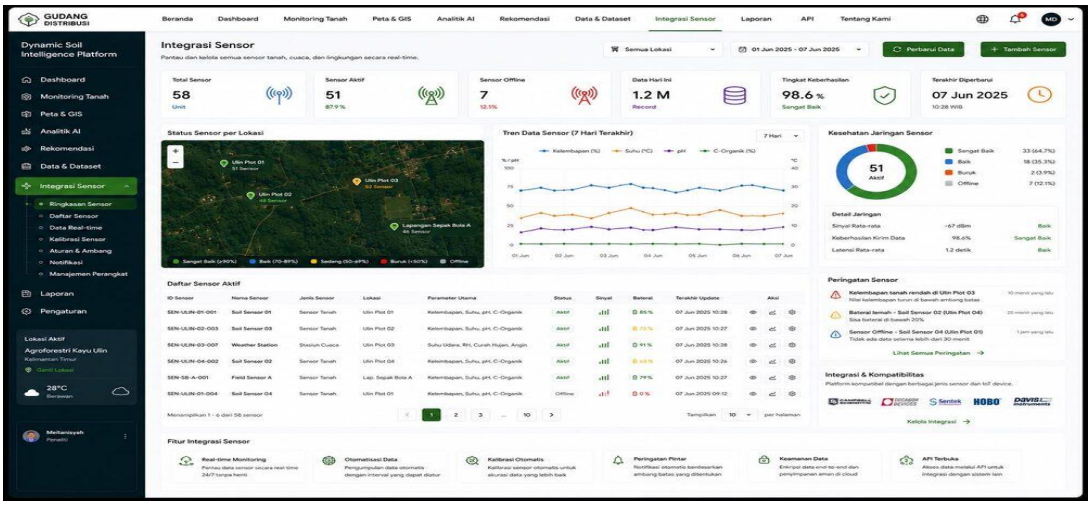
Gambar 4. Rancangan modul Analitik AI dan performa model prediktif.

Gambar 5 menunjukkan modul Rekomendasi AI yang menerjemahkan hasil analitik menjadi rencana tindakan (irigasi, pemupukan, mulsa organik, mitigasi degradasi) beserta proyeksi dampaknya terhadap produktivitas dan kesehatan tanah dalam enam bulan ke depan.



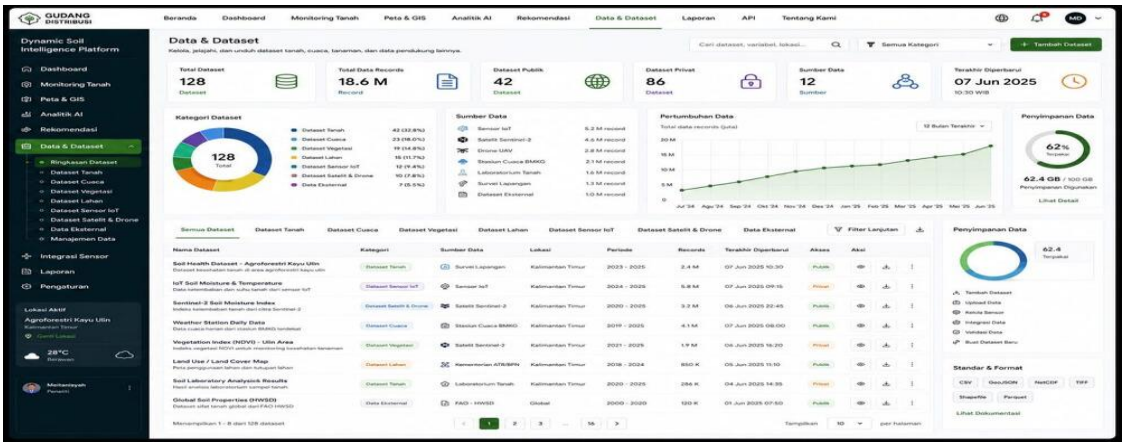
Gambar 5. Rancangan modul Rekomendasi AI dan simulasi dampak tindakan.

Gambar 6 memperlihatkan modul Integrasi Sensor yang mengelola status jaringan sensor IoT (tanah dan cuaca) di berbagai plot, termasuk tingkat keberhasilan pengiriman data dan peringatan otomatis saat parameter melewati ambang batas.



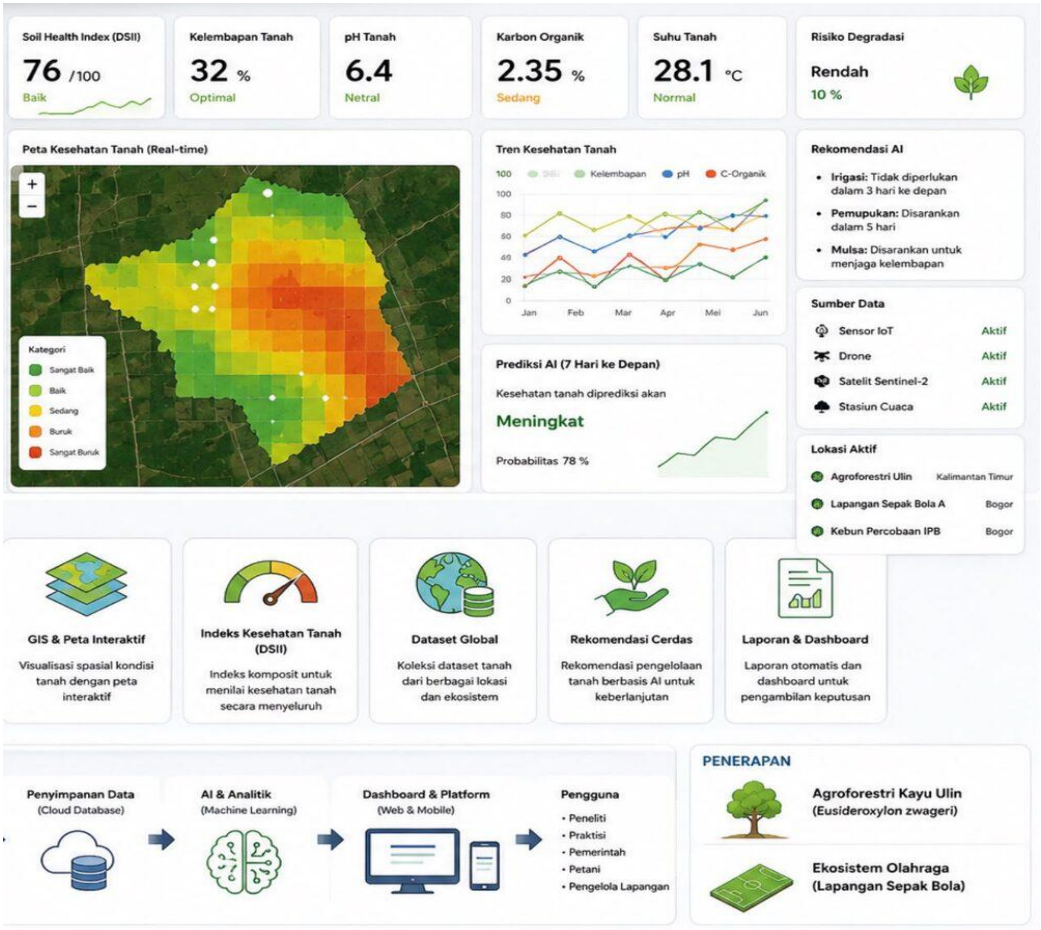
Gambar 6. Rancangan modul Integrasi Sensor IoT lintas-plot.

Gambar 7 menunjukkan modul Data & Dataset sebagai repositori terpusat yang mengelola dataset tanah, cuaca, vegetasi, lahan, sensor IoT, serta data satelit/drone, dengan dukungan format standar (CSV, GeoJSON, NetCDF, TIFF, Shapefile, Parquet) agar data dapat dipertukarkan dengan sistem lain, termasuk mitra riset di Jepang.



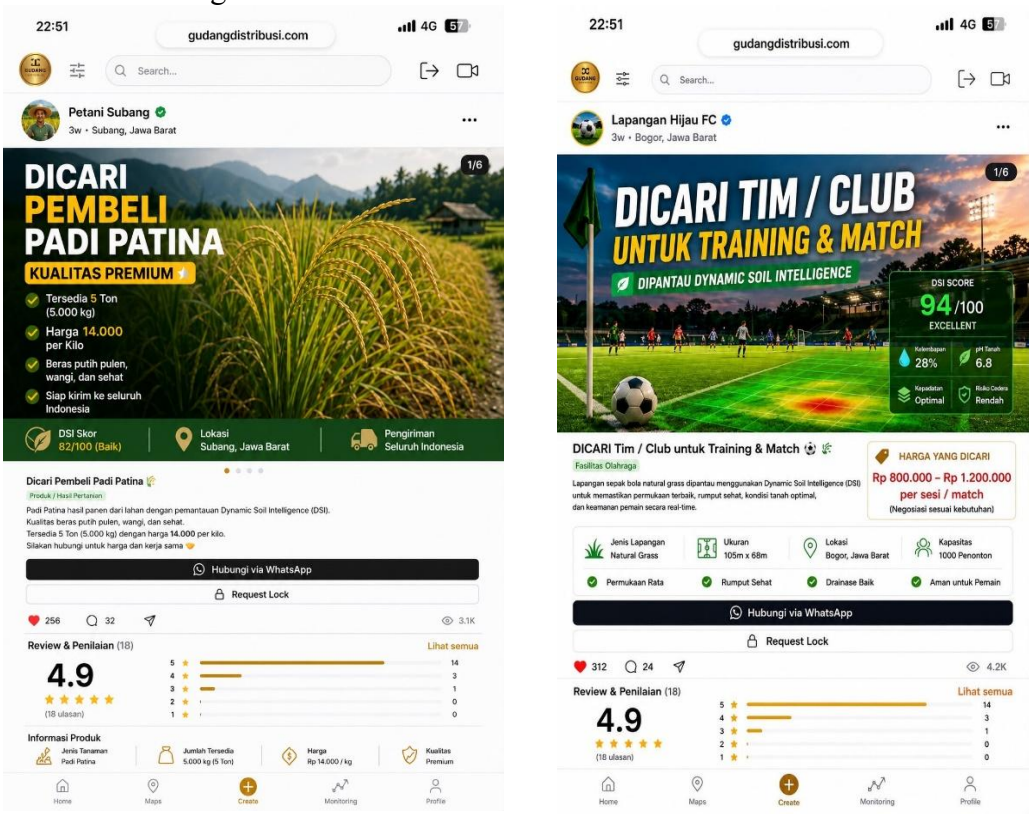
Gambar 7. Rancangan modul Data & Dataset sebagai repositori data multi-sumber.

Gambar 8 merangkum arsitektur sistem secara menyeluruh, mulai dari sumber data (sensor IoT, drone, satelit, stasiun cuaca, laboratorium), pengumpulan data, penyimpanan *cloud*, pemrosesan AI/*machine learning*, hingga penyajian melalui *dashboard* web dan mobile bagi peneliti, praktisi, pemerintah, petani, dan pengelola lapangan olahraga.



Gambar 8. Ringkasan arsitektur sistem Dynamic Soil Intelligence Platform dari hulu ke hilir.

Sebagai ilustrasi potensi penerapan di luar konteks penelitian dan pemantauan internal, konsep *Dynamic Soil Intelligence* pada rancangan ini juga dapat diperluas menjadi indikator kualitas pada transaksi produk hasil agroforestri dan fasilitas olahraga, sebagaimana digambarkan pada dua contoh rancangan berikut.



Gambar 9. Ilustrasi petani yang mem-posting hasil pertanian mereka melalui platform bergaya Instagram sehingga pembeli dapat menghubungi mereka secara langsung melalui WhatsApp, serta visualisasi penawaran penyewaan lapangan sepak bola natural grass yang telah dipantau menggunakan Dynamic Soil Intelligence (DSI).

Dynamic Soil Intelligence Platform saat ini berada pada tahap pengembangan awal (early-stage prototype) dan telah memasuki proses implementasi beberapa modul utama. Platform ini belum sepenuhnya selesai dikembangkan maupun divalidasi secara teknis dan empiris menggunakan data lapangan. Pengembangan lanjutan meliputi penyempurnaan basis data, integrasi sensor, kalibrasi perangkat, validasi model machine learning menggunakan data lapangan aktual, serta pengujian pengguna (User Acceptance Test/UAT) bersama pemangku kepentingan pada lokasi agroforestri kayu ulin dan komunitas olahraga yang menjadi target implementasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Conceptual Research dengan metode Design Science Research (DSR) yang dipadukan dengan Systematic Literature Review (SLR) untuk mengembangkan AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework (AIDSI Framework) sebagai model konseptual pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan. Pendekatan DSR dipilih karena berorientasi pada pengembangan artefak ilmiah berupa kerangka konseptual yang mampu menjawab permasalahan nyata melalui integrasi teori, teknologi, dan inovasi, sedangkan SLR

digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian terdahulu yang relevan mengenai Artificial Intelligence (AI), *Dynamic Soil Intelligence*, Agri-IT, konservasi kayu ulin, pengelolaan lahan tropika, ekonomi hijau, serta pemberdayaan masyarakat (Hevner et al., 2004; Peffers et al., 2007). Proses penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan pengelolaan sumber daya alam, dilanjutkan dengan kajian literatur secara sistematis, analisis kebutuhan model, perancangan AIDSI Framework, evaluasi konseptual melalui validasi pakar, penyempurnaan framework berdasarkan hasil evaluasi, hingga diperoleh model konseptual akhir yang dapat dijadikan dasar bagi penelitian empiris maupun implementasi pada pengelolaan sumber daya alam.

Penelitian menggunakan dua konteks implementasi. Tahap pertama difokuskan pada kawasan hutan tropika Kalimantan yang merupakan habitat alami kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*), sebagai lokasi konservasi kayu ulin, agroforestri, dan pengembangan model AI. Wilayah penelitian dipilih berdasarkan kriteria: memiliki potensi kayu ulin, memiliki lahan tropika yang dapat dikembangkan, terdapat masyarakat yang bergantung pada hasil hutan, dan berpotensi menjadi lokasi implementasi Agri-IT.

Tahap kedua merupakan pengembangan model implementasi di Jepang melalui kemitraan dengan sektor pertanian modern, lembaga pendidikan, dan komunitas olahraga sebagai bagian dari program pemberdayaan pemuda Indonesia–Jepang, termasuk kajian peluang kolaborasi dengan institusi pendidikan dan penelitian di Jepang dalam bidang pertanian modern, Artificial Intelligence, dan pengelolaan lingkungan.

Penelitian memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari artikel jurnal internasional bereputasi, jurnal nasional terakreditasi, prosiding ilmiah, buku akademik, laporan organisasi internasional seperti FAO dan IPCC, dokumen pemerintah, data kehutanan Indonesia, citra satelit, peta tutupan lahan, data iklim, serta berbagai dokumen yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya alam dan teknologi digital. Selain itu, penelitian juga menggunakan informasi pendukung yang diperoleh melalui diskusi ilmiah, konsultasi dengan akademisi, praktisi kehutanan, pakar Artificial Intelligence, dan pakar Agri-IT sebagai bagian dari proses validasi konseptual terhadap framework yang dikembangkan.

Komponen utama yang digunakan dalam pengembangan AIDSI Framework terdiri atas enam variabel yang saling terintegrasi. Masing-masing variabel beserta indikatornya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel	Indikator
Pengelolaan Kayu Ulin	konservasi, rehabilitasi, produksi
Produktivitas Lahan	hasil panen, kesuburan tanah
Artificial Intelligence / Dynamic Soil Intelligence	akurasi prediksi, *decision support*
Agri-IT	sensor, drone, *precision agriculture*
Ekosistem Olahraga	kepemimpinan, disiplin, pemberdayaan pemuda
Kolaborasi Indonesia–Jepang	transfer teknologi, pelatihan, inovasi

Pengembangan AIDSI Framework dilakukan secara bertahap melalui proses Identifikasi kondisi eksisting pengelolaan sumber daya alam. → Tahap 2: Analisis tantangan pengelolaan kayu ulin. → Tahap 3: Perancangan AI and Dynamic Soil Intelligence Decision Support System. → Tahap 4: Integrasi Agri-IT. → Tahap 5: Integrasi Sport-Based Youth Empowerment. → Tahap 6: Penyusunan Model AIDSI Framework.

Analisis data dilakukan menggunakan beberapa pendekatan yang saling melengkapi. Analisis literatur dilakukan melalui *content analysis*, *comparative analysis*, dan *literature synthesis* untuk mengidentifikasi teori, konsep, serta *research gap* yang menjadi dasar pengembangan framework. Analisis spasial menggunakan konsep Geographic Information System (GIS), *remote sensing*, dan *land suitability analysis* sebagai dasar integrasi data spasial. Pendekatan Artificial Intelligence dikembangkan melalui konsep *machine learning*, *predictive analytics*, *image classification*, *object detection*, dan *decision support system* yang menjadi fondasi Dynamic Soil Intelligence. Selain itu, evaluasi keberlanjutan dilakukan berdasarkan konsep Triple Bottom Line, yaitu dimensi lingkungan, ekonomi, dan sosial untuk menilai kontribusi framework terhadap pembangunan berkelanjutan.

Model AIDSI Framework akan divalidasi melalui pendekatan *Expert Judgment* dan *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan akademisi, praktisi kehutanan, pakar Artificial Intelligence, pakar Agri-IT, serta pemangku kepentingan di bidang pengelolaan sumber daya alam. Validasi dilakukan untuk menilai relevansi, kelayakan implementasi, keterpaduan antar komponen model, dan kontribusinya terhadap pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan.

Penelitian ini mengadopsi pendekatan *Design Science Research* (DSR) yang menempatkan proses evaluasi model sebagai bagian dari pengembangan artefak ilmiah. Masukan dari para ahli digunakan untuk menyempurnakan struktur AIDSI Framework sebelum direkomendasikan sebagai kerangka konseptual.

Implementasi AIDSI Framework dirancang sebagai suatu alur terpadu yang diawali dari identifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan kajian literatur sistematis, pengembangan model Artificial Intelligence dan Dynamic Soil Intelligence, integrasi Agri-IT, penerapan pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan, penguatan pemberdayaan pemuda melalui ekosistem olahraga, pengembangan kolaborasi Indonesia–Jepang, hingga mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*). Alur tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan sumber daya alam memerlukan sinergi antara teknologi, lingkungan, sosial, ekonomi, dan pengembangan kapasitas sumber daya manusia.

Penelitian ini menghasilkan AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework (AIDSI Framework) sebagai model konseptual pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan yang mengintegrasikan konservasi kayu ulin, Artificial Intelligence, Dynamic Soil Intelligence, Agri-IT, ekonomi hijau, pemberdayaan pemuda, dan kolaborasi Indonesia–Jepang. Selain itu, penelitian ini menghasilkan kerangka konseptual pengelolaan kayu ulin berbasis AI, model peningkatan produktivitas lahan tropika melalui Agri-IT, model pemberdayaan pemuda berbasis ekosistem olahraga, serta rekomendasi kebijakan yang dapat menjadi acuan bagi pemerintah, akademisi, industri, dan lembaga konservasi dalam mengembangkan sistem pengelolaan sumber daya alam yang adaptif, cerdas, dan berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Model AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework (AIDSI Framework)

Penelitian ini mengusulkan AIDSI Framework sebagai model konseptual yang mengintegrasikan pengelolaan sumber daya alam, Artificial Intelligence, *dynamic soil intelligence*, Agri-IT, serta pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan keberlanjutan ekologi, ekonomi, dan sosial.

Model ini dikembangkan berdasarkan prinsip bahwa pengelolaan kayu ulin dan lahan tropika tidak dapat dilakukan secara sektoral, melainkan memerlukan pendekatan lintas disiplin yang menghubungkan teknologi digital, konservasi lingkungan, inovasi pertanian, dan pembangunan

kapasitas masyarakat. Berbeda dengan model pengelolaan konvensional yang berfokus pada produksi hasil hutan, AIDSI Framework menempatkan kelestarian ekosistem sebagai prioritas utama, kemudian mengoptimalkan manfaat ekonomi dan sosial melalui pemanfaatan teknologi.

Tabel 2. Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan AIDSI Framework

Penelitian Terdahulu	Kekurangan	Solusi AIDSI Framework
Penelitian A	hanya AI	AI + konservasi + pemberdayaan
Penelitian B	hanya agroforestri	ditambah AI dan Agri-IT
Penelitian C	hanya konservasi	ditambah kolaborasi Indonesia–Jepang

Pilar Utama Model AIDSI Framework

Model ini dibangun di atas enam pilar utama.

Pilar 1 — Konservasi Kayu Ulin**.** Dilakukan melalui inventarisasi populasi kayu ulin, identifikasi habitat prioritas, rehabilitasi kawasan terdegradasi, pembibitan dan penanaman kembali, serta pemantauan pertumbuhan secara berkala. Artificial Intelligence dimanfaatkan untuk membantu mengidentifikasi lokasi prioritas rehabilitasi berdasarkan data spasial, kondisi topografi, jenis tanah, curah hujan, dan tutupan vegetasi.

Pilar 2 — Optimalisasi Produktivitas Lahan Tropika. Produktivitas lahan ditingkatkan melalui sistem agroforestri yang mengombinasikan kayu ulin dengan komoditas pertanian yang sesuai dengan kondisi ekologis setempat. Agri-IT digunakan untuk menentukan pola tanam, memantau kelembapan tanah, mengoptimalkan irigasi, memprediksi hasil panen, dan memonitor kesehatan tanaman, sehingga produktivitas lahan dapat meningkat tanpa mengurangi fungsi ekologis kawasan.

Pilar 3 — AI and Dynamic Soil Intelligence Decision Support System**.** Sistem AI yang diusulkan memiliki fungsi klasifikasi tutupan lahan, identifikasi perubahan vegetasi, prediksi pertumbuhan kayu ulin, prediksi produktivitas lahan, analisis risiko kebakaran, deteksi penebangan ilegal, dan rekomendasi rehabilitasi. Model ini dirancang menggunakan pendekatan *machine learning* yang mengolah data dari citra satelit, drone, sensor lapangan, dan data meteorologi.

Pilar 4 — Green Economy. Model ekonomi yang diusulkan meliputi agroforestri berbasis kayu ulin, sertifikasi hasil hutan lestari, perdagangan karbon (*carbon credit*), jasa lingkungan, produk pertanian bernilai tambah, serta platform digital pemasaran hasil hutan dan pertanian. Dengan demikian, konservasi tidak dipandang sebagai biaya, tetapi sebagai investasi jangka panjang yang memberikan manfaat ekonomi.

Pilar 5 — Ekosistem Olahraga sebagai Media Pemberdayaan Pemuda. Dalam model ini, ekosistem olahraga *football* tidak diposisikan sebagai kegiatan olahraga semata, tetapi sebagai program pengembangan kapasitas pemuda yang meliputi pendidikan kepemimpinan, pembentukan karakter, kerja sama tim, kewirausahaan hijau, pelatihan teknologi Agri-IT, dan pelatihan konservasi hutan. Melalui pendekatan ini, ekosistem olahraga digunakan sebagai pusat pembinaan pemuda yang mengintegrasikan pendidikan karakter, konservasi lingkungan, Agri-IT, Artificial Intelligence, serta kolaborasi internasional Indonesia–Jepang.

Pilar 6 — Kolaborasi Indonesia–Jepang. Kerja sama diarahkan pada tiga fase:

Indonesia: konservasi kayu ulin, pembibitan (*nursery*) ulin, agroforestri, pelatihan AI, program *sport-based leadership and community engagement*, dan pendidikan dasar Agri-IT.

Jepang: penempatan kerja di pertanian modern (program magang/kerja sesuai skema yang berlaku), pengalaman kerja profesional dan pendapatan sesuai ketentuan lembaga atau perusahaan mitra, pembelajaran AI dan *smart agriculture*, pembelajaran IT secara fleksibel, serta kegiatan olahraga yang tetap berjalan sebagai media pembinaan karakter dan jejaring.

Indonesia (kembali): menjadi wirausahawan, membangun agroforestri, membangun usaha Agri-IT, dan mengembangkan konservasi kayu ulin.

Kolaborasi ini diharapkan mempercepat transfer teknologi dan memperkuat kapasitas sumber daya manusia Indonesia, sejalan dengan pola *Technical Intern Training Program* yang telah berjalan di sektor pertanian Jepang (Uchiyama, 2014; Yasuko, 2018).

Mekanisme Kerja AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework

AIDSI Framework bekerja melalui proses integrasi berbagai sumber data yang berasal dari sensor tanah, citra satelit, drone, Internet of Things (IoT), Geographic Information System (GIS), serta data iklim. Seluruh data tersebut diproses menggunakan algoritma Artificial Intelligence untuk menghasilkan informasi mengenai kondisi tanah, kelembapan, kandungan unsur hara, produktivitas lahan, risiko degradasi, serta perubahan kondisi lingkungan secara dinamis.

Informasi yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan sebagai dasar dalam sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*) untuk memberikan rekomendasi mengenai pengelolaan agroforestri kayu ulin, rehabilitasi lahan, konservasi hutan, pengelolaan sumber daya alam, serta pengembangan ekonomi hijau berbasis masyarakat. Dengan demikian, keputusan yang diambil menjadi lebih adaptif, berbasis data, dan mampu mendukung pembangunan berkelanjutan.

Integrasi Antar Pilar

Seluruh pilar tersebut saling berhubungan membentuk sistem pengelolaan sumber daya alam yang terpadu. Model ini menempatkan kelestarian ekosistem sebagai fondasi, sementara AI, *dynamic soil intelligence*, Agri-IT, ekonomi hijau, dan pengembangan kapasitas pemuda menjadi mekanisme untuk mencapai pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

Indonesia–Japan Living Learning Model

Model AIDSI Framework dikembangkan melalui dua ekosistem yang saling terhubung:

Indonesia: konservasi kayu ulin, agroforestri, AI, Agri-IT, pusat olahraga (*sport center*), dan pelatihan dasar.

Jepang: smart agriculture, *precision farming*, bekerja di perusahaan pertanian mitra (sesuai regulasi yang berlaku), pengalaman industri, pembelajaran IT berbasis proyek, dan komunitas olahraga.

Indonesia (kembali): transfer teknologi, pengembangan usaha hijau, konservasi, dan pelatihan generasi berikutnya.

Peserta mengikuti *Technology-Based Flexible Learning* selama menjalani pelatihan dan pengalaman kerja internasional.

Tabel 3 Perbandingan Model AIDSI Framework dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Fokus	Keterbatasan	Kontribusi AIDSI Framework
AI untuk kehutanan	AI	Tidak membahas pemberdayaan masyarakat	Mengintegrasikan AI dengan konservasi dan pemberdayaan pemuda
Agroforestri	Produktivitas lahan	Tidak menggunakan AI	Menambahkan AI, *dynamic soil intelligence*, GIS, dan Agri-IT
Pemberdayaan Pemuda	Sosial	Tidak terkait konservasi	Menghubungkan pemberdayaan pemuda dengan konservasi kayu ulin
Pengelolaan Hutan Berkelanjutan	Kehutanan	Tidak ada kolaborasi internasional	Menambahkan model Indonesia–Jepang dan transfer teknologi

Implikasi Penelitian

Penelitian ini memberikan implikasi teoritis maupun praktis terhadap pengembangan pengelolaan sumber daya alam berbasis teknologi digital. Secara teoritis, AIDSI Framework memperkaya kajian mengenai integrasi Artificial Intelligence, *dynamic soil intelligence*, Agri-IT, serta pengelolaan sumber daya alam dalam satu model konseptual yang komprehensif.

Secara praktis, model ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah, akademisi, lembaga penelitian, sektor industri, maupun organisasi masyarakat dalam mengembangkan sistem pengelolaan sumber daya alam yang lebih adaptif, efisien, dan berkelanjutan. Selain itu, framework ini juga berpotensi menjadi dasar pengembangan platform digital berbasis Artificial Intelligence untuk mendukung konservasi kayu ulin, peningkatan produktivitas lahan, pengembangan ekonomi hijau, serta penguatan kolaborasi internasional antara Indonesia dan Jepang.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengusulkan AI-Driven Dynamic Soil Intelligence Framework (AIDSI Framework) sebagai kerangka konseptual pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan yang mengintegrasikan konservasi kayu ulin, peningkatan produktivitas lahan tropika, Artificial Intelligence, Agri-IT, ekonomi hijau, dan pemberdayaan pemuda dalam satu sistem yang saling mendukung. Berbeda dengan pendekatan konvensional yang umumnya berfokus pada aspek konservasi atau produksi secara terpisah, AIDSI Framework menghubungkan dimensi lingkungan, teknologi, sosial, ekonomi, dan kolaborasi internasional dalam satu model terpadu.

Artificial Intelligence dan *dynamic soil intelligence* berperan sebagai sistem pendukung keputusan dalam pemantauan kondisi hutan dan tanah, analisis produktivitas lahan, serta perencanaan rehabilitasi dan konservasi. Integrasi Agri-IT mendukung penerapan pertanian presisi yang diharapkan meningkatkan efisiensi pengelolaan lahan tanpa mengurangi fungsi ekologis. Ekosistem olahraga diposisikan sebagai media pengembangan kapasitas pemuda melalui pendidikan karakter, kepemimpinan, dan keterlibatan dalam konservasi serta inovasi teknologi.

Model ini juga mengembangkan konsep kolaborasi Indonesia–Jepang melalui transfer teknologi, pelatihan pertanian modern, pengembangan kompetensi Artificial Intelligence dan Agri-IT, serta pengalaman internasional bagi pemuda. Konsep ini diharapkan mampu memperkuat kapasitas sumber daya manusia sekaligus mendorong lahirnya wirausaha hijau yang berkontribusi pada konservasi sumber daya alam dan pembangunan berkelanjutan.

Karena penelitian ini masih berupa pengembangan model konseptual, implementasi lapangan dan pengujian empiris masih diperlukan. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan validasi model AIDSI Framework pada kawasan konservasi kayu ulin di Indonesia dan mengevaluasi implementasinya melalui kolaborasi dengan mitra di Jepang menggunakan indikator lingkungan, sosial, ekonomi, dan teknologi.

Tabel 4. Perbandingan Model Konvensional dengan AIDSI Framework

Aspek	Model Konvensional	AIDSI Framework
AI / Dynamic Soil Intelligence	Tidak ada	Ada
GIS	Terbatas	Terintegrasi
Agri-IT	Tidak	Ya
Ekosistem Olahraga	Tidak	Ya
Indonesia–Jepang	Tidak	Ya

DAFTAR REFERENSI

Adman, B., Ningsih, M. K., Teguh, Arifin, Z., Iriyanto, Y., Mentari, D. W., & Farhazakia, N. (2021). Pertumbuhan ulin (*Eusideroxylon zwageri* Teijsm. & Binn.) dari beberapa provenans di KHDTK Samboja, Kalimantan Timur. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*.

Adewusi, A. O., et al. (2024). AI in precision agriculture: A review of technologies for sustainable farming practices. *World Journal of Advanced Research and Reviews*.

Alreshidi, E. (2019). *Smart sustainable agriculture solution underpinned by Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI).*

Babar, A. Z., & Akan, O. B. (2024). *Sustainable and precision agriculture with the Internet of Everything (IoE).*

Bastin, J.-F., Finegold, Y., Garcia, C., et al. (2019). The global tree restoration potential. *Science, 365*(6448), 76–79.

Bibri, S. E., Krogstie, J., Kaboli, A., & Alahi, A. (2024). Smarter eco-cities and their leading-edge artificial intelligence of things solutions for environmental sustainability: A comprehensive systematic review. *Environmental Science and Ecotechnology, 19*, 100330.

Bravo, F., Yang, S.-I., Ruano, I., Antón-Fernández, C., Herrero, C., & Durango, I. (2024). Editorial: Artificial intelligence and forestry. *Frontiers in Forests and Global Change, 7*, 1500701.

Bwambale, E., Abagale, F. K., & Anornu, G. K. (2022). Smart irrigation monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture: A review. *Agricultural Water Management, 260*, 107324.

Camiré, M., & Trudel, P. (2016). Sport and youth development. In N. Holt (Ed.), *Positive youth development through sport* (2nd ed.). Routledge.

Camiré, M., Trudel, P., & Forneris, T. (2012). Coaching and transferring life skills: Philosophies and strategies used by model high school coaches. *The Sport Psychologist, 26*(2), 243–259.

Daily, G. C. (Ed.). (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press.

Dewi, A. P., Wulansari, T. Y. I., Senjaya, S. K., Arifiani, D., Wanda, I. F., Lisnawati, Y., Sunardi, Prawestri, A. D., Martiansyah, I., Evana, Satrio, R. D., Hartono, A. M. N. K., Suyoko, Yuswandi, A. Y., Syukur, M., Sari, D. K., & Rasyl, C. A. (2025). Updated information on qualitative leaf anatomical characters of *Eusideroxylon zwageri* from East Kalimantan, Indonesia. *Nusantara Bioscience, 17*, 322–336.

Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Global forest resources assessment 2020*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *The state of the world's forests 2022*.

Guizar-Coutiño, A., Jones, J. P. G., Balmford, A., Carmenta, R., & Coomes, D. A. (2022). A global evaluation of the effectiveness of voluntary REDD+ projects at reducing deforestation and degradation in the moist tropics. *Conservation Biology, 36*(6), e13970.

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly, 28*(1), 75–105.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics, 4*, 1–23.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report.*

Irvin, J., Sheng, H., Ramachandran, N., Johnson-Yu, S., Zhou, S., Story, K., Rustowicz, R.,

Elsworth, C., Austin, K., & Ng, A. Y. (2020). ForestNet: Classifying drivers of deforestation in Indonesia using deep learning on satellite imagery. *NeurIPS 2020 Workshop on Tackling Climate Change with Machine Learning*.

Jaafari, A., Zenner, E. K., Panahi, M., & Shahabi, H. (2019). Hybrid artificial intelligence models based on a neuro-fuzzy system and metaheuristic optimization algorithms for spatial prediction of wildfire probability. *Agricultural and Forest Meteorology, 266–267*, 198–207.

Jing, L., Kuang, D., Scherer, R., & Woźniak, M. (2023). Editorial: Big data and artificial intelligence technologies for smart forestry. *Frontiers in Plant Science, 14*.

Malete, L., McCole, D., Tshube, T., Mphela, T., Maro, C. N., Adamba, C., Machuve, J., & Ocansey, R. T. (2022). Effects of a sport-based positive youth development program on youth life skills and entrepreneurial mindsets. *PLOS ONE, 17*(2), e0261809.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being*. Island Press.

Ministry of Forestry, Republic of Indonesia. (2025). *Indonesia sets two issuance workflows for forest carbon credits, ensures project integrity.*

Nishant, R., Kennedy, M., & Corbett, J. (2020). Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda. *International Journal of Information Management, 53*, 102104.

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems, 24*(3), 45–77.

Peluso, N. L. (1992). The ironwood problem: (Mis)management and development of an extractive rainforest product. *Conservation Biology, 6*(2), 210–219.

Qie, L., Elsy, A. D., Stumvoll, A., Kwasnicka, M., Peel, A. L., Sullivan, J. A., Ettinger, M. S., Robertson, A. J., Brisbane, J. K., Sawyer, A. L., Lui, Y. N., Ow, S. N., Sebastianelli, M., Majcher, B., Duan, M., Vigus, H., Pounsin, G., Nilus, R., & Ewers, R. (2019). Impending regeneration failure of the IUCN vulnerable Borneo ironwood (*Eusideroxylon zwageri*). *Tropical Conservation Science, 12*.

Reiche, J., et al. (2018). Monitoring deforestation in rainforests using satellite data: A pilot study from Kalimantan, Indonesia. *Forests, 9*(7), 389.

United Nations Environment Programme. (2021). *Making peace with nature.*

Uchiyama, T. (2014). Recent trends in young people's entry into farming in Japan: An international perspective. In *International Seminar on Enhanced Entry of Young Generation into Farming* (pp. 1–20). Food and Fertilizer Technology Center.

Voelker, D. K., Gould, D., & Crawford, M. J. (2011). Understanding the experience of high school sport captains. *The Sport Psychologist, 25*(1), 47–66.

Wang, T., Zuo, Y., Manda, T., Hwarari, D., & Yang, L. (2025). Harnessing artificial intelligence, machine learning and deep learning for sustainable forestry management and conservation: Transformative potential and future perspectives. *Plants, 14*(7), 998.

World Bank. (2021). *Forests for climate and development.*

John, D., & Zhang, C. (2022). An attention-based U-Net for detecting deforestation within satellite sensor imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 107*, 102685.