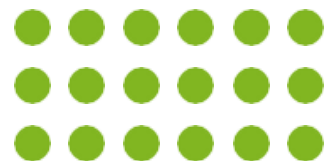
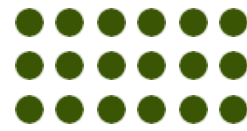


Integrating UAV Multispectral Imaging and Machine Learning for Precise Detection of Basal Stem Rot (BSR) in Oil Palm

Project Leader :
Khusniatul Ainiyah

Team Project :
Raul Javier De Yong



PROJECT PURPOSE



Penelitian ini bertujuan untuk **mengembangkan sistem deteksi dini yang andal untuk penyakit Basal Stem Rot (BSR)** pada perkebunan kelapa sawit dengan mengintegrasikan **UAV - Multispectral, Satelit Multispectral dan teknik Deep Learning**.

Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Meningkatkan akurasi dan keandalan deteksi serta klasifikasi penyakit BSR dengan memanfaatkan kombinasi data struktur pohon dari Ground Truth, indeks vegetasi, dan model deep learning.
2. Membuat peta risiko resolusi tinggi yang memvisualisasikan distribusi spasial dan tingkat keparahan infeksi BSR di berbagai zona perkebunan, sehingga meningkatkan efektivitas pemantauan dan pengambilan keputusan.
3. Menyediakan metode berbasis UAV dan machine learning yang cepat, akurat, dan non-destruktif untuk pemantauan kesehatan tanaman kelapa sawit.



PROJECT JUSTIFICATION



Research Roadmap

Paper yang menjadi referensi untuk proposal ini adalah:

<https://doi.org/10.1007/s41870-023-01483-5>

Optimization of machine learning classifier using multispectral data in assessment of *Ganoderma* basal stem rot (BSR) disease in oil palm plantation

Mohd Sharul Aikal Baharim¹ · Nor Aizam Adnan¹ · Fazly Amri Mohd² · Idris Abu Seman³ · Mohamad Izzuddin Anuar³ · Zulkiflee Abd Latif¹ · Nordiana Abd Aziz³ · Nur Amanina Shahabuddin³ · Shahdiba Md Nor⁴

Paper ini menilai tingkat keparahan penyakit Basal Stem Rot (BSR) menggunakan data multispektral yang diperoleh dari Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan model klasifikasi berbasis machine learning (Random Forest, Support Vector Machine, dan Maximum Likelihood) guna meningkatkan akurasi klasifikasi.

Current Research Stage

Berdasarkan wawasan dari paper referensi, penelitian saat ini berfokus pada pengumpulan data multisensor dengan menggunakan:

1. **Citra satelit multispectral Sentinel-2** untuk mengekstraksi indeks vegetasi dari pohon kelapa sawit yang terinfeksi Basal Stem Rot (BSR).
2. **UAV-Multispectral** digunakan untuk pengambilan data kanopi kelapa sawit lebih detail. Dataset tersebut akan dianalisis menggunakan model Deep Neural Network (DNN), yang memungkinkan klasifikasi tingkat keparahan infeksi BSR pada kelapa sawit berdasarkan parameter visual dan struktural yang diekstraksi dari data penginderaan jauh.
3. **Data Ground Truth** dan hasil Laboratorium sebagai data observasi lapangan untuk mendukung hasil remote sensing dan Deep Learning.



PROJECT JUSTIFICATION

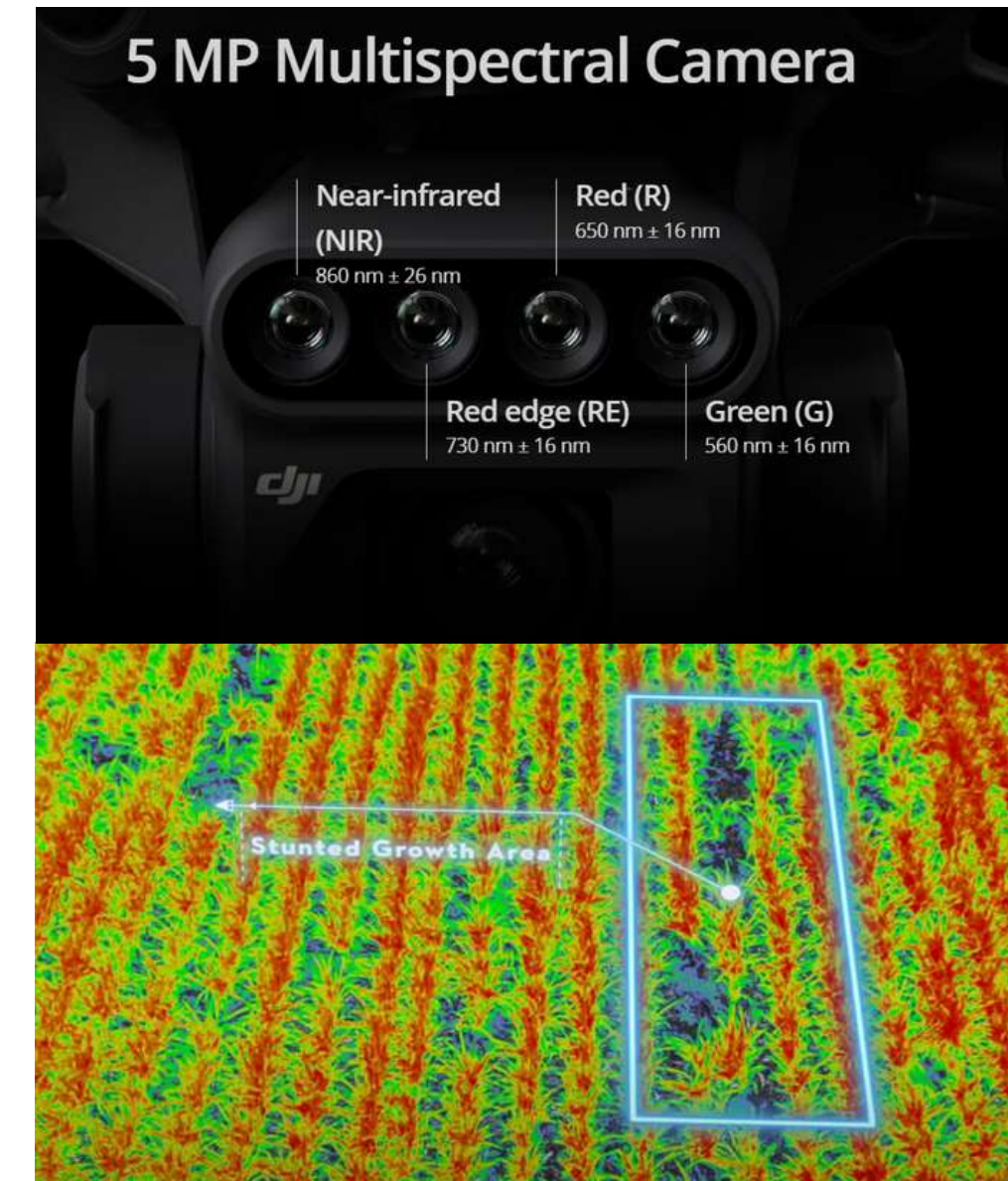
Next Research Step

1. Mengembangkan dan menyempurnakan model Deep Neural Network (DNN) untuk meningkatkan akurasi deteksi dini serta pemetaan risiko penyakit Basal Stem Rot (BSR).
2. Menerapkan pendekatan yang diusulkan di berbagai lokasi geografis untuk menguji generalisasi dan adaptabilitas model.

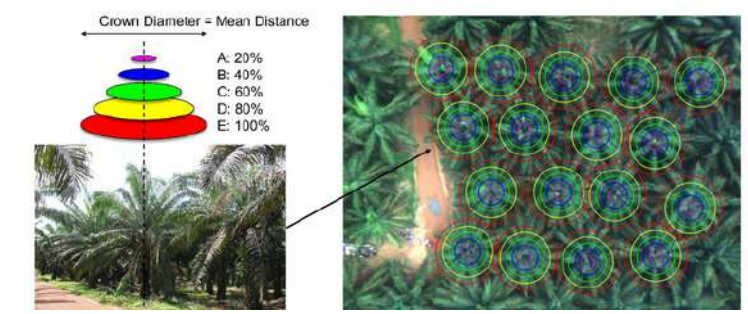
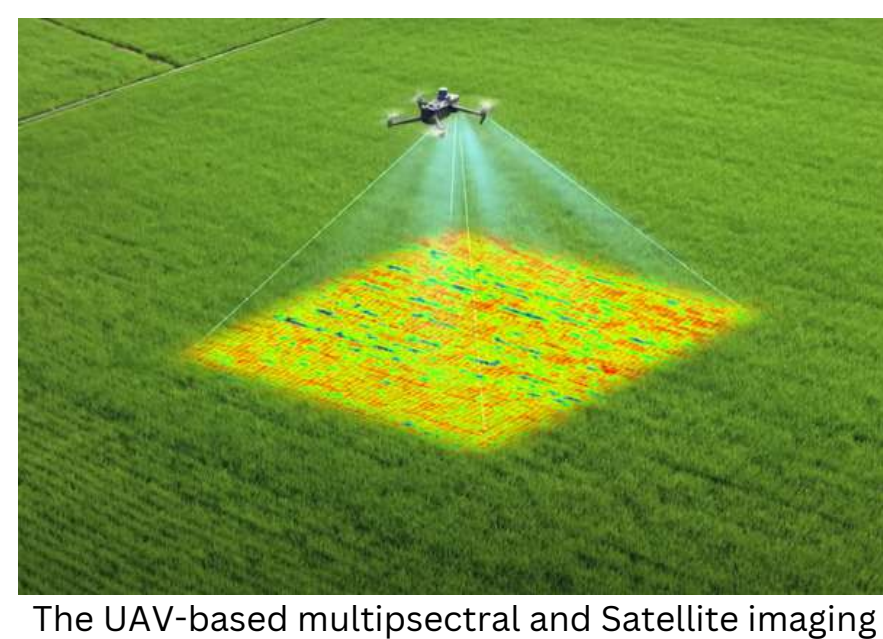
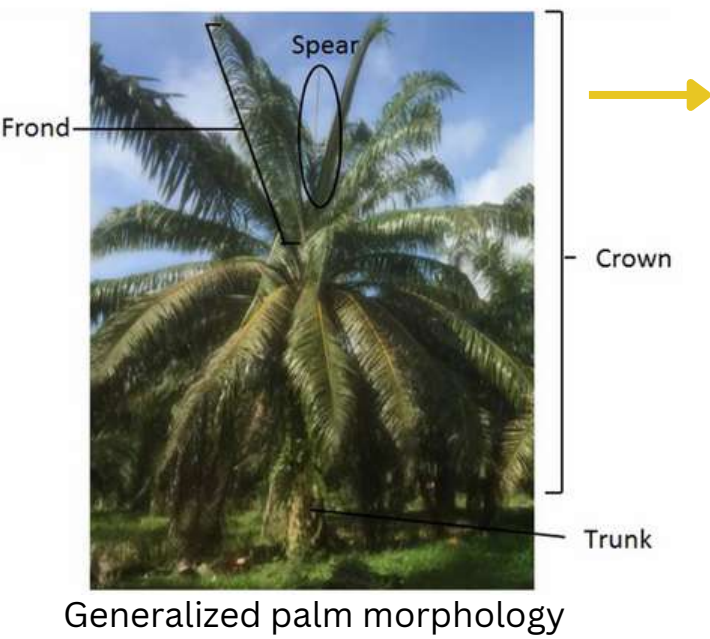
State of The Art

Penelitian ini memperkenalkan pendekatan baru dengan mengintegrasikan data UAV-Multispectral dan Sentinel-2 ke dalam satu kerangka analisis terpadu. Selain itu, penerapan Deep Neural Network (DNN) untuk deteksi dini penyakit BSR masih jarang dieksplorasi di perkebunan kelapa sawit, khususnya di Indonesia. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan akurasi deteksi, tetapi juga memberikan wawasan strategis untuk pengelolaan perkebunan berbasis presisi, sehingga memungkinkan pengendalian penyakit yang lebih proaktif dan efisien.

Instrument



GRANT CHART PROJECT

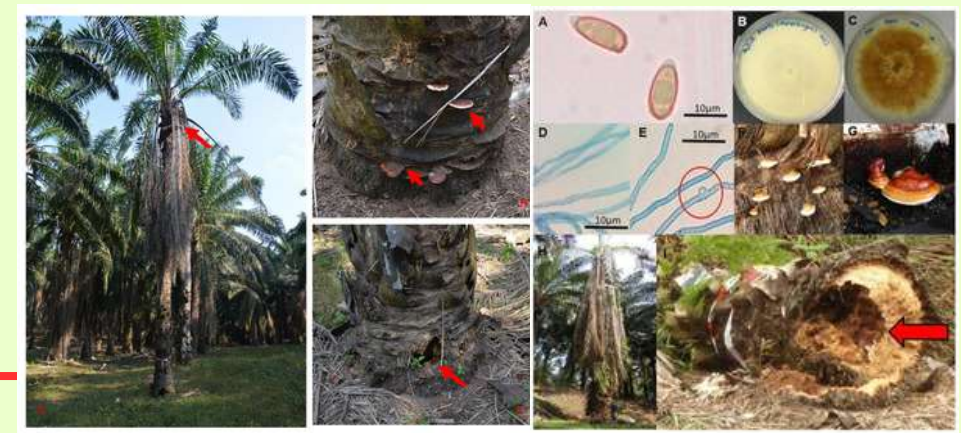


Healthy	Early-stage	Late-stage	Dead
			
			
			

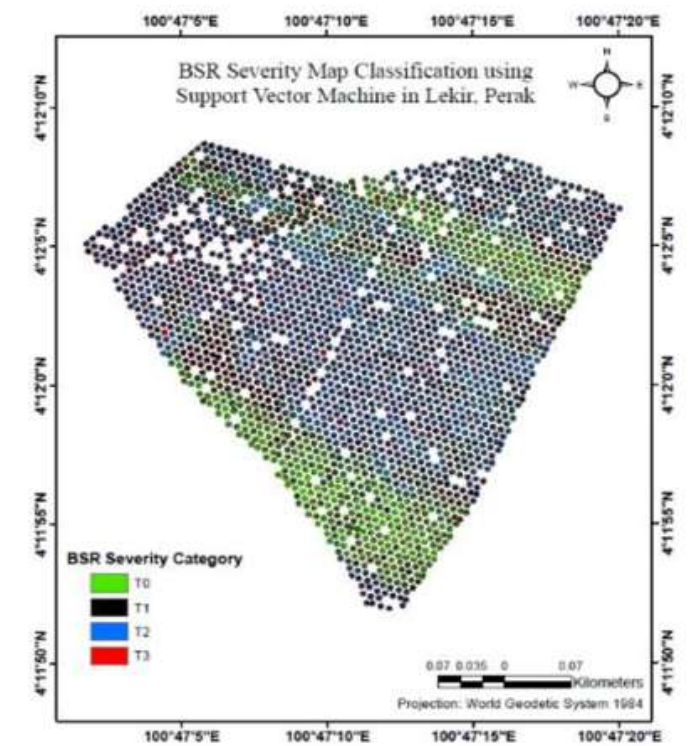
10 m

Examples of tree crown images extracted from the high spatial resolution aerial map.

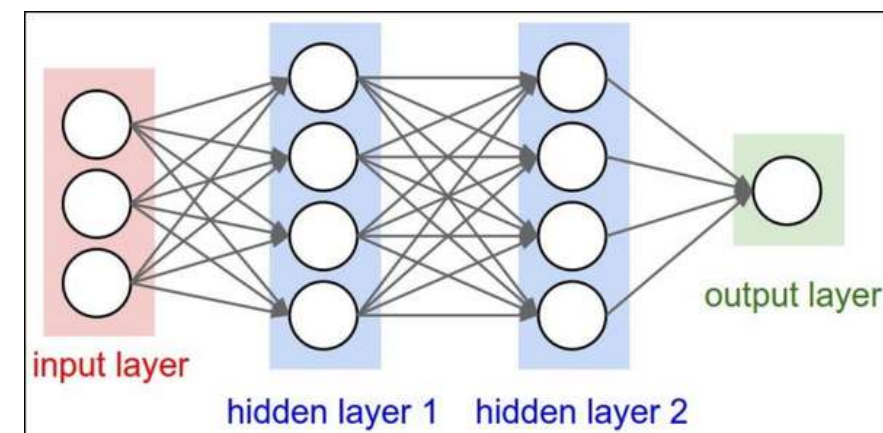
Crown, trunk, leaf colour



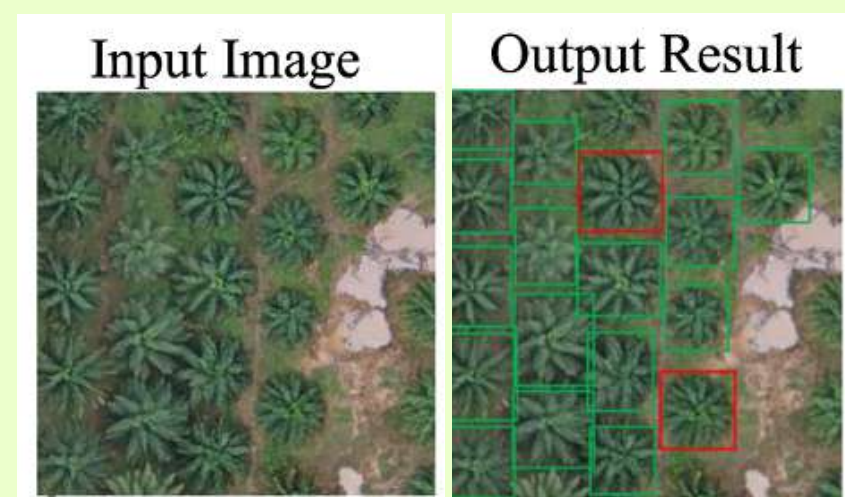
Ground Verification and Lab Based Result



Example Result of BSR severity map



Deep Learning Training and Classification



Data

Data Acquisition

1. **Satellite Multispectral:** digunakan pada tahap awal klasifikasi warna kanopi dan deteksi kesehatan tanaman.
2. **UAV- Multispectral:** menghitung indeks vegetasi, mendapatkan data kanopi tanaman lebih detail yang selanjutnya untuk klasifikasi tingkat infeksi BSR.

Ground Verification

Tahap ini memvalidasi data penginderaan jauh melalui inspeksi lapangan manual dan analisis laboratorium:

1. **Manual Visual Inspection:** Mengidentifikasi gejala BSR yang terlihat di lapangan.
2. **Lab-Based Analysis:** Memastikan tingkat infeksi melalui pengujian lab.

Output: Klasifikasi tingkat keparahan penyakit ke dalam beberapa kategori.

BSR Severity levels	Category	Description
T0	Healthy	No disease symptoms are visible on the tree
T1	Early infection	Ganoderma fruiting bodies can still produce healthy fronds or 1-3 unopened spear fronds, but are located toward the bottom of the trunk.
T2	Moderate infection	Still capable of producing fruit with 3-6 unopened spear fronds and 50% or more frond canopy beginning to bow. Down, few leaves begin to yellow, and Ganoderma fruiting body develops.
T3	Severe infection	The palm is no longer producing fruit, with withered and decaying fronds at the base, a tiny canopy, and Ganoderma fruiting bodies.

Deep Neural Network (DNN)

Labeling Data

Menggabungkan data spectral dengan hasil verifikasi lapangan untuk memberi label pada dataset secara akurat. Label ini sangat penting untuk pelatihan model machine learning.

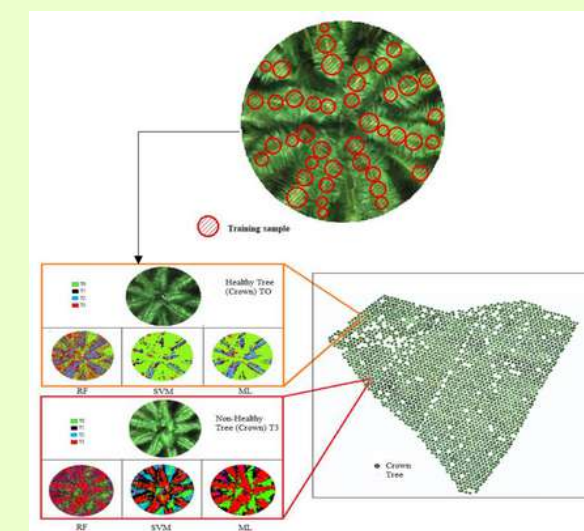
Training and Validation Data

Membagi dataset menjadi dua subset:

1. Training Data: melatih model deep learning
2. Validation Data: menguji dan memvalidasi kinerja model..

Machine Learning BSR Disease Severity Map

Menerapkan model klasifikasi untuk menghasilkan peta tingkat keparahan penyakit BSR di area studi. Peta ini berfungsi sebagai alat yang berharga untuk manajemen perkebunan dan penilaian risiko.



BIG PICTURE PROJECT



April - Mei 2025

Pengumpulan Data & Pengembangan Model Awal

Fase 1 - Akuisisi Data Multisensor

- UAV-Hyperspectral untuk memperoleh data struktur kanopi palm oil.
- Citra Sentinel-2 untuk menganalisis indeks vegetasi (NDVI, Indeks Klorofil).
- Ground Check untuk mengkorelasikan data penginderaan jauh dengan kondisi lapangan yang sebenarnya.

Fase 2 - Pra-pemrosesan Data & Pengembangan Model Awal

- Memproses dan membersihkan dataset multisensor untuk konsistensi dan integrasi.
- Mengembangkan model Deep Neural Network (DNN) awal untuk klasifikasi tingkat keparahan infeksi BSR.
- Melakukan pelatihan model awal dan mengevaluasi kinerjanya dengan metrik akurasi dasar.

Jun - Sep 2025

Optimasi Model & Validasi

Fase 3 - Peningkatan Model & Penyempurnaan Hyperparameter

- Optimasi DNN untuk meningkatkan akurasi klasifikasi.
- Menerapkan teknik pemilihan fitur untuk menyaring parameter input dari data multisensor.
- Melakukan beberapa siklus pelatihan dengan kombinasi dataset yang berbeda.

Fase 4 - Validasi Skala Besar & Pemetaan Risiko

- Menerapkan model yang telah dilatih ke berbagai lokasi perkebunan kelapa sawit
- Menghasilkan peta risiko resolusi tinggi yang menunjukkan distribusi spasial infeksi BSR.

Okt - Nov 2026

Penerapan & Implementasi

Fase 7 - Implementasi Skala Besar & Penerapan Model

- Menerapkan model DNN final untuk pemantauan BSR secara real-time
- Mengintegrasikan sistem secara presisi.

Fase 8 - Pemantauan Jangka Panjang & Peningkatan Adaptif

- Memantau kinerja model dalam aplikasi dan memperbaiki sesuai kebutuhan.
- Mengembangkan sistem otomatis untuk pengumpulan data dan penilaian risiko secara kontinu.



TARGET OUTPUT



Model Klasifikasi Berbasis Deep Neural Network (DNN) untuk Deteksi BSR

- Hasil:**
Klasifikasi tingkat infeksi penyakit BSR pada kelapa sawit.
- Manfaat:**
- Meningkatkan akurasi deteksi dini penyakit BSR dibandingkan dengan metode manual.
 - Memberikan solusi berbasis AI untuk manajemen kesehatan tanaman sawit secara otomatis.

Peta Risiko Penyebaran Penyakit BSR di Perkebunan Sawit

- Hasil:**
Peta spasial distribusi tingkat infeksi BSR di perkebunan sawit.
- Manfaat:**
- Membantu manajemen perkebunan dalam menentukan area dengan tingkat infeksi tinggi untuk intervensi dini.
 - Mengoptimalkan strategi pengendalian penyakit, seperti pemangkasan selektif, penyemprotan fungisida, atau replanting.

Rekomendasi untuk Manajemen Perkebunan Sawit

- Hasil:**
- Rekomendasi berbasis data untuk strategi mitigasi penyakit BSR yang lebih efisien.
- Manfaat:**
- Membantu industri perkebunan dalam mengurangi kerugian akibat penyebaran BSR.
 - Mendukung adopsi teknologi machine learning untuk monitoring kesehatan tanaman di skala besar.



Terimakasih

Open Innovation BGA Tahun 2025

