

NASKAH ORISINAL

Monitoring Kesehatan Tanaman Berbasis *Remote Sensing* dalam Upaya Kemandirian Produktifitas Pertanian Kabupaten Ponorogo

Eko Yuli Handoko* | Irena Hana Hariyanto | Candida A.D.S Nusantara | Muhammad Aldila Syariz | Achmad Fahriza | Akbar Kurniawan

Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Korespondensi

*Eko Yuli Handoko, Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: ekoyh@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Geodesi dan Geodinamika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Monitoring Kesehatan tanaman pertanian penting dilakukan utamanya pada daerah produktif seperti Kabupaten Ponorogo. Mengingat area yang cukup luas, metode in-situ kurang tepat dilakukan karena membutuhkan biaya dan waktu yang besar. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kali ini akan membantu masyarakat dalam monitoring kesehatan tanaman utamanya pertanian dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Pemrosesan data melalui *Growth and Yield Processing* dan *Crop Diseases and Pest Infestation* pada citra Satelit Sentinel-2A menghasilkan kelas Kesehatan tanaman pada vegetasi pertanian. Selain itu, penggunaan data sekunder dan *ground truth* melengkapi pemrosesan sehingga menghasilkan gambaran lainnya meliputi kondisi vegetasi non-pertanian dan non-vegetasi di Kabupaten Ponorogo. Hasil akhir kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah berupa platform informasi berbasis web bernama Sistem Aplikasi Monitoring Kesehatan Tanaman (SAMIKNA). Platform ini membantu para pengguna, baik petani, komunitas, maupun masyarakat dalam memantau kesehatan tanaman di Kabupaten Ponorogo secara *real-time*, interaktif, dan efisien.

Kata Kunci:

Kesehatan Tanaman Pertanian, Normalized Difference Vegetation Index, Penginderaan Jauh, Pertumbuhan Tanaman, Sentinel.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Sektor pertanian memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan pangan dan mendukung stabilitas ekonomi masyarakat. Peningkatan kebutuhan pangan yang terus terjadi seiring pertumbuhan jumlah penduduk menjadikan produktivitas pertanian

sebagai aspek yang sangat strategis untuk diperhatikan^[1]. Dalam praktiknya, produktivitas pertanian dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi tanah^[2], kualitas air dan tingkat pH media tanam^[3], perubahan iklim^[4], hingga serangan hama dan penyakit tanaman^[5]. Akumulasi berbagai faktor tersebut dapat menyebabkan penurunan kesehatan tanaman, perubahan pola tanam, hingga menurunnya hasil produksi pertanian. Dalam jangka panjang, kondisi tersebut dapat berdampak terhadap meningkatnya harga komoditas pangan dan menurunnya daya beli masyarakat^[6]. Oleh karena itu, monitoring kesehatan tanaman menjadi salah satu langkah penting dalam mendukung keberlanjutan sektor pertanian. Monitoring kesehatan tanaman dapat dilakukan melalui metode *in-situ* maupun *ex-situ*. Beberapa metode *in-situ* yang umum digunakan antara lain *Area Level Index* (ALI)^[5] dan *Forest Health Monitoring* (FHM)^[7]. Metode tersebut mampu memberikan informasi kondisi tanaman secara langsung di lapangan, namun pelaksanaannya memerlukan waktu, tenaga kerja, dan biaya yang relatif besar, terutama untuk wilayah pertanian dengan cakupan area yang luas. Kondisi tersebut menjadi tantangan bagi masyarakat pertanian dalam melakukan pemantauan tanaman secara rutin dan berkelanjutan. Perkembangan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) memberikan alternatif yang lebih efektif dalam mendukung monitoring kesehatan tanaman pada area yang luas. Pemanfaatan citra satelit melalui pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) banyak digunakan untuk mengidentifikasi kondisi vegetasi berdasarkan respons spektral tanaman^[8]. Metode ini dinilai lebih efisien karena mampu menyediakan informasi spasial secara cepat dengan cakupan wilayah yang luas dibandingkan metode pengamatan lapangan secara konvensional. Meskipun demikian, data lapangan (*ground truth*) tetap diperlukan pada beberapa titik untuk memastikan hasil interpretasi citra sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Salah satu satelit yang banyak dimanfaatkan untuk pemantauan vegetasi adalah Sentinel. Sentinel terdiri atas beberapa misi satelit dengan fungsi yang berbeda dan saling melengkapi. Sentinel-1 digunakan untuk pemantauan daratan dan lautan, termasuk pemantauan deformasi permukaan dan bencana alam. Sentinel-2 berfokus pada pemantauan lingkungan alami dan lahan terbangun dengan dukungan resolusi spasial yang cukup baik untuk analisis vegetasi dan perubahan penggunaan lahan^[9]. Sentinel-3 banyak digunakan untuk aplikasi oseanografi dan pemantauan kualitas perairan, sedangkan Sentinel-5P dimanfaatkan untuk pemantauan kondisi atmosfer dan kualitas udara melalui pengamatan berbagai gas atmosfer seperti NO₂, SO₂, O₃, CH₄, dan aerosol^[10]. Kabupaten Ponorogo merupakan salah satu wilayah di Jawa Timur yang memiliki potensi pertanian cukup besar, khususnya pada komoditas padi dan hortikultura. Namun demikian, monitoring kesehatan tanaman di tingkat masyarakat masih didominasi oleh pengamatan langsung di lapangan yang memerlukan waktu dan tenaga cukup besar. Selain itu, keterbatasan akses terhadap informasi spasial menyebabkan masyarakat belum memiliki sistem monitoring pertanian yang dapat digunakan secara cepat dan efisien. Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan untuk membantu masyarakat dalam memanfaatkan teknologi penginderaan jauh berbasis citra satelit Sentinel-2 untuk monitoring kesehatan tanaman. Kegiatan dilaksanakan bersama mitra Asosiasi Dosen Integrator Desa (ADIDES), perangkat desa, dan masyarakat pertanian di Kabupaten Ponorogo melalui pendekatan transfer teknologi dan pendampingan penggunaan platform digital. Hasil kegiatan pengabdian ini berupa pengembangan Sistem Aplikasi Monitoring Kesehatan Tanaman (SAMIKNA) berbasis *website* yang dapat digunakan untuk menampilkan informasi kondisi vegetasi pertanian secara interaktif. Selain pengembangan platform, kegiatan juga mencakup sosialisasi, pelatihan penggunaan platform, dan pendampingan kepada masyarakat agar teknologi yang dikembangkan dapat dimanfaatkan secara mandiri dan berkelanjutan. Dengan adanya platform ini, masyarakat diharapkan dapat melakukan monitoring kesehatan tanaman secara lebih cepat, efektif, dan efisien guna mendukung produktivitas pertanian di Kabupaten Ponorogo.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Guna mengatasi keterbatasan pemantauan tanaman secara konvensional di Kabupaten Ponorogo yang membutuhkan waktu, biaya, dan tenaga yang besar, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menerapkan strategi transfer teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) berbasis citra satelit Sentinel-2 melalui pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Solusi konkret yang dijalankan di lapangan adalah pengembangan Sistem Aplikasi Monitoring Kesehatan Tanaman (SAMIKNA) berbasis *website* interaktif yang dikombinasikan dengan validasi data lapangan (*ground truth*) demi menjamin ketelitian data spasial yang dihasilkan. Dalam pelaksanaannya, kegiatan ini mengusung strategi kolaboratif bersama mitra Asosiasi Dosen Integrator Desa (ADIDES), perangkat desa, dan masyarakat pertanian setempat melalui rangkaian tahapan yang terintegrasi, meliputi sosialisasi berkala, pelatihan teknis pengoperasian platform, serta pendampingan intensif agar masyarakat dapat melakukan monitoring kesehatan vegetasi secara mandiri, cepat, dan berkelanjutan demi mendukung produktivitas pertanian daerah.

1.3 | Target Luaran

Target luaran utama dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah terwujudnya satu platform sistem informasi pertanian berbasis digital web-GIS interaktif dan *real-time* yang dinamakan Sistem Aplikasi Monitoring Kesehatan Tanaman (SAMIKNA) melalui domain resmi <https://www.samikna.com/>. Platform ini ditargetkan mampu menyajikan integrasi data informasi spasial maupun non-spasial, yang mencakup peta sebaran interaktif kondisi vegetasi pertanian, vegetasi non-pertanian, wilayah non-vegetasi (area terbangun), profil poros pertanian daerah, serta visualisasi data statistik berkala pertanian di Kabupaten Ponorogo. Di samping luaran berupa produk teknologi, kegiatan ini menargetkan peningkatan kapasitas literasi digital (*capacity building*) bagi perangkat desa, komunitas tani lokal, serta mitra Asosiasi Dosen Integrator Desa (ADIDES) melalui ketersediaan modul panduan teknis serta kemandirian masyarakat dalam mengoperasikan platform secara berkelanjutan untuk tindakan mitigasi dini penyakit atau hama tanaman. Terakhir, luaran akademik dari program ini adalah publikasi artikel ilmiah orisinal pada jurnal nasional terakreditasi sinta (Jurnal Sewagati ITS) sebagai bentuk diseminasi hasil implementasi teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) untuk mendukung sistem pertanian presisi dan ketahanan pangan daerah.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

Pertanian memiliki peran yang sangat vital dalam mendukung ketahanan pangan, stabilitas ekonomi lokal, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat di daerah pedesaan. Berbagai studi menyebutkan bahwa sektor pertanian masih menjadi tumpuan sebagian besar penduduk di Indonesia, khususnya di wilayah Jawa Timur seperti Kabupaten Ponorogo yang terkenal sebagai salah satu sentra produksi padi dan hortikultura. Namun demikian, produktivitas pertanian tidak hanya bergantung pada luas lahan semata, melainkan juga pada pengelolaan yang tepat, termasuk pemantauan kondisi kesehatan tanaman secara berkelanjutan^[1].

Pemantauan kesehatan tanaman menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan produksi pertanian. Kerusakan tanaman yang disebabkan oleh penyakit, hama, perubahan iklim, hingga kondisi tanah yang menurun seringkali memicu penurunan hasil panen. Oleh karena itu, pendekatan konvensional berupa pengamatan secara manual di lapangan dinilai kurang efisien, terutama pada areal pertanian dengan skala yang luas. Metode ini membutuhkan tenaga kerja yang banyak, waktu yang panjang, serta biaya operasional yang besar^[2].

Sebagai jawaban atas tantangan tersebut, penerapan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) mulai banyak digunakan dalam bidang pertanian modern. Penginderaan jauh memungkinkan pemantauan kondisi vegetasi secara periodik, sistematis, dan mencakup area yang sangat luas. Citra satelit menjadi salah satu sumber data utama yang diandalkan, karena dapat menyediakan informasi spektral yang merepresentasikan kondisi biofisik tanaman, seperti kandungan klorofil, kelembaban tanah, serta tanda-tanda *stress* fisiologis^[9].

Salah satu teknik yang paling banyak digunakan dalam studi vegetasi adalah perhitungan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI merupakan indeks vegetasi sederhana yang dihitung dari pantulan cahaya merah dan inframerah dekat pada daun tanaman. Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga 1, di mana nilai positif mendekati 1 menunjukkan vegetasi yang sehat dan hijau, sedangkan nilai mendekati 0 atau negatif menunjukkan area tidak bervegetasi atau vegetasi *stres*^[8]. Meski begitu, NDVI memiliki beberapa keterbatasan, misalnya sensitivitas terhadap latar belakang tanah dan pengaruh atmosfer, sehingga dalam beberapa kasus perlu digunakan indeks tambahan seperti *Enhanced Vegetation Index* (EVI) dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI)^[11].

Penggunaan citra Sentinel-2 juga semakin populer karena satelit ini menyediakan data multispektral dengan resolusi spasial tinggi (10–20 meter) dan frekuensi pengambilan gambar yang relatif sering. Hal ini memungkinkan pemantauan tanaman secara temporal, sehingga dinamika pertumbuhan tanaman, perubahan tutupan lahan, hingga deteksi serangan hama dapat terpantau dengan lebih cepat dan akurat^[12, 13]. Sentinel-2 juga dilengkapi pita spektral di wilayah *Red Edge*, yang berguna untuk mendeteksi variasi klorofil dan status nutrisi tanaman secara lebih detail^[14].

Selain indeks vegetasi pertumbuhan, studi lain juga merekomendasikan penggunaan indeks khusus untuk mendeteksi kesehatan tanaman dan potensi infestasi penyakit. Indeks seperti *Triangular Vegetation Index* (TVI), *Photochemical Reflectance Index* (PRI), *Normalized Difference Red Edge* (NDRE), hingga *Plant Senescence Reflectance Index* (PSRI) banyak diterapkan pada komoditas padi, jagung, maupun tanaman hortikultura untuk mendeteksi *stress* tanaman akibat perubahan iklim atau serangan organisme pengganggu tanaman^[15, 16].

Tidak hanya sebatas pengolahan data di tingkat citra, pengujian akurasi data melalui kegiatan *ground truth* di lapangan tetap menjadi elemen penting. Beberapa peneliti menekankan perlunya kombinasi data spasial dan observasi langsung di lokasi sebagai validasi hasil klasifikasi citra. Data lapangan membantu mengurangi bias interpretasi yang mungkin terjadi karena adanya awan, bayangan kanopi, atau kondisi cuaca saat perekaman citra^[17]. Oleh sebab itu, sebagian besar riset penginderaan jauh modern mendorong integrasi data sekunder, data *in-situ*, serta keterlibatan masyarakat lokal dalam proses validasi.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam pengabdian kepada masyarakat juga mendapat dukungan dari berbagai studi yang menekankan pentingnya pengembangan sistem informasi berbasis digital. Platform monitoring kesehatan tanaman berbasis *web*, seperti yang dikembangkan dalam kegiatan ini, sejalan dengan tren transformasi digital di sektor pertanian. Sistem informasi yang interaktif memungkinkan para petani untuk mengakses data kesehatan tanaman secara *real-time*, melakukan tindakan mitigasi secara cepat, serta mengoptimalkan keputusan budidaya tanaman^[18].

Dengan demikian, kajian pustaka ini menunjukkan bahwa pendekatan monitoring kesehatan tanaman berbasis citra satelit, dukungan perhitungan berbagai indeks vegetasi, validasi lapangan, hingga pengembangan sistem informasi digital menjadi rangkaian langkah penting yang saling melengkapi. Hal ini diharapkan dapat mendukung tercapainya pertanian presisi yang lebih efisien, berkelanjutan, dan mampu meningkatkan produktivitas pertanian di Kabupaten Ponorogo sebagai salah satu lumbung pangan di Jawa Timur.

3 | METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur, yang dikenal sebagai salah satu wilayah dengan potensi pertanian yang cukup besar. Wilayah Kabupaten Ponorogo memiliki kondisi topografi yang bervariasi, mulai dari dataran rendah hingga kawasan pegunungan dengan ketinggian antara 92 meter hingga 2.563 meter di atas permukaan laut. Sektor pertanian, khususnya pertanian padi, menjadi salah satu penopang utama perekonomian masyarakat di wilayah ini. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Ponorogo tahun 2023, luas panen padi selama periode Januari hingga Desember 2023 mencapai sekitar 66,59 ribu hektar atau meningkat sebesar 5,77% dibandingkan tahun 2022 yang mencapai 62,96 ribu hektar.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengembangkan platform monitoring kesehatan tanaman berbasis *Google Earth Engine* (GEE) dengan memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 sebagai sumber utama informasi spasial. Selain pengembangan platform, kegiatan ini juga diarahkan sebagai upaya pengenalan teknologi penginderaan jauh kepada masyarakat dan mitra pengabdian agar dapat dimanfaatkan dalam monitoring kondisi pertanian secara lebih efektif.

Tahap awal kegiatan dilakukan melalui pemilihan *dataset Harmonized Sentinel-2 MSI (MultiSpectral Instrument) Level-2A* untuk wilayah Kabupaten Ponorogo. Instrumen multispektral (MSI) pada Sentinel-2 terdiri atas 13 pita spektral, meliputi pita *visible* dan *Near Infrared* (NIR) dengan resolusi spasial 10 meter, pita *red edge* dan *Short Wave Infrared* (SWIR) dengan resolusi 20 meter, serta pita atmosfer dengan resolusi 60 meter^[12]. Data tersebut digunakan untuk mendukung identifikasi kondisi vegetasi, tanah, dan tutupan lahan di wilayah penelitian. *Area of Interest* (AOI) Kabupaten Ponorogo ditentukan menggunakan data batas administrasi resmi dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dalam format *shapefile*.

Tahap berikutnya adalah pengolahan data untuk menghasilkan informasi kesehatan tanaman dan kondisi penggunaan lahan (Gambar 1). Pada analisis kesehatan tanaman, pengolahan difokuskan pada dua kelompok indeks vegetasi, yaitu indeks peman-tauan pertumbuhan tanaman (*Crop Growth and Yield Processing*) dan indeks pemantauan kesehatan tanaman serta gangguan vegetasi (*Crop Diseases and Pest Infestation*). Indeks yang digunakan pada pemantauan pertumbuhan tanaman meliputi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*), SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), LSWI (*Land Surface Water Index*), dan CVI (*Chlorophyll Vegetation Index*). Sementara itu, analisis kesehatan tanaman menggunakan indeks TVI (*Triangular Vegetation Index*), PRI (*Photochemical Reflectance Index*), NDRE (*Normalized Difference Red Edge*), ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*), dan PSRI (*Plant Senescence Reflectance Index*).

Pada tahap pemetaan penggunaan lahan dan tutupan lahan (*Land Use and Land Cover Mapping*), digunakan indeks NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) untuk mengidentifikasi area terbangun. Hasil pengolahan indeks kemudian dianalisis menggunakan metode *fishnet random sampling* dengan *grid* berukuran 1 km × 1 km. Selanjutnya dilakukan proses verifikasi melalui pengambilan sampel lapangan (*ground truth*) untuk memastikan kesesuaian hasil klasifikasi dengan kondisi sebenarnya.

di lapangan. Apabila ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan proses *re-classify* hingga diperoleh hasil klasifikasi yang dianggap representatif. Berdasarkan hasil komputasi korelasi *thresholding* dari data *fishnet random sampling*, diperoleh empat indeks yang memiliki korelasi signifikan, yaitu NDBI, NDVI, SAVI, dan CVI.

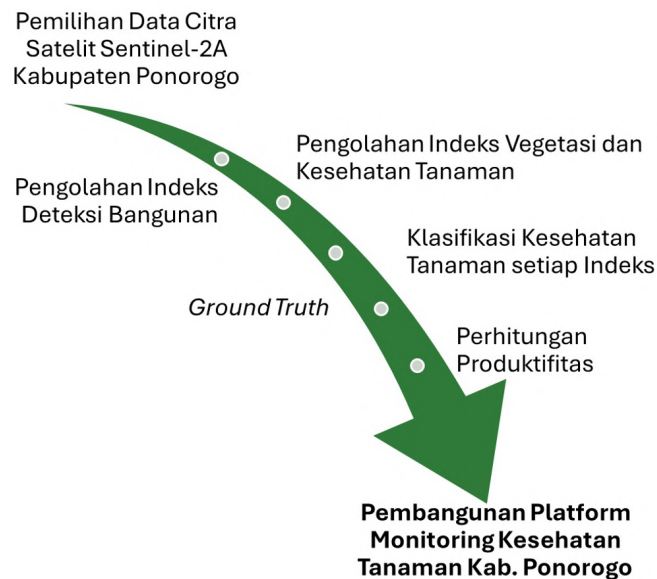
Setelah proses pengolahan data and pengembangan platform selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah pengenalan awal platform Sistem Aplikasi Monitoring Kesehatan Tanaman (SAMIKNA) kepada mitra pengabdian. Kegiatan ini dilakukan bersama Asosiasi Dosen Integrator Desa (ADIDES) serta beberapa perwakilan masyarakat pertanian di Kabupaten Ponorogo melalui diskusi dan demonstrasi penggunaan platform secara terbatas.

Pada tahap ini, tim pengabdian memperkenalkan fungsi utama platform, cara mengakses *website*, serta informasi yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna terkait kondisi kesehatan tanaman dan vegetasi pertanian. Demonstrasi dilakukan untuk memperoleh masukan awal mengenai tampilan platform, kemudahan akses, serta kebutuhan informasi yang relevan bagi masyarakat.

Melalui diskusi bersama mitra, diperoleh masukan bahwa informasi kesehatan tanaman berbasis peta interaktif dinilai berpotensi membantu masyarakat dalam melakukan monitoring kondisi pertanian secara lebih cepat dan efisien dibandingkan metode pengamatan manual di lapangan. Selain itu, platform dinilai memiliki potensi untuk mendukung pengembangan sistem informasi pertanian berbasis digital di tingkat desa.

Tahap sosialisasi dan implementasi yang lebih luas kepada kelompok tani dan masyarakat pertanian direncanakan sebagai bagian dari pengembangan lanjutan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Kegiatan tersebut diharapkan dapat dilakukan melalui pelatihan penggunaan platform, pendampingan pemanfaatan informasi spasial pertanian, serta penguatan kolaborasi dengan pemerintah desa dan komunitas pertanian di Kabupaten Ponorogo.

Tahap akhir kegiatan adalah pembangunan platform monitoring kesehatan tanaman berbasis *website* yang mampu menampilkan informasi kondisi vegetasi pertanian secara interaktif. Platform SAMIKNA dikembangkan agar dapat diakses melalui perangkat komputer maupun telepon genggam sehingga memudahkan masyarakat dalam memperoleh informasi kondisi kesehatan tanaman secara lebih cepat dan efisien. Selain sebagai media informasi spasial pertanian, platform ini juga diharapkan dapat mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan pertanian di Kabupaten Ponorogo.



Gambar 1 Alur Kegiatan Pengolahan Data Pengabdian Kepada Masyarakat.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Platform monitoring kesehatan tanaman yang dikembangkan dalam kegiatan ini memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 untuk menghasilkan indeks vegetasi (*Crop Growth and Yield Processing*, serta *Crop Diseases and Pest Infestation*) yang memberikan informasi komprehensif tentang struktur dan kondisi tanaman. Tahap persiapan dan pemilihan indeks vegetasi didasarkan pada pemahaman bahwa radiasi matahari yang dipantulkan oleh tanaman bergantung pada karakteristik kimia dan morfologis tanaman tersebut. Indeks vegetasi merupakan gabungan pantulan yang diukur di banyak pita spektral untuk menghasilkan nilai yang membantu menilai pertumbuhan tanaman dan sifat vegetasi lainnya seperti biomassa dan kandungan klorofil^[19]. Pemetaan indeks-indeks ini dapat membantu memahami variabilitas spasial-temporal dalam kondisi tanaman utamanya tanaman produktif, yang penting untuk aplikasi pertanian presisi.

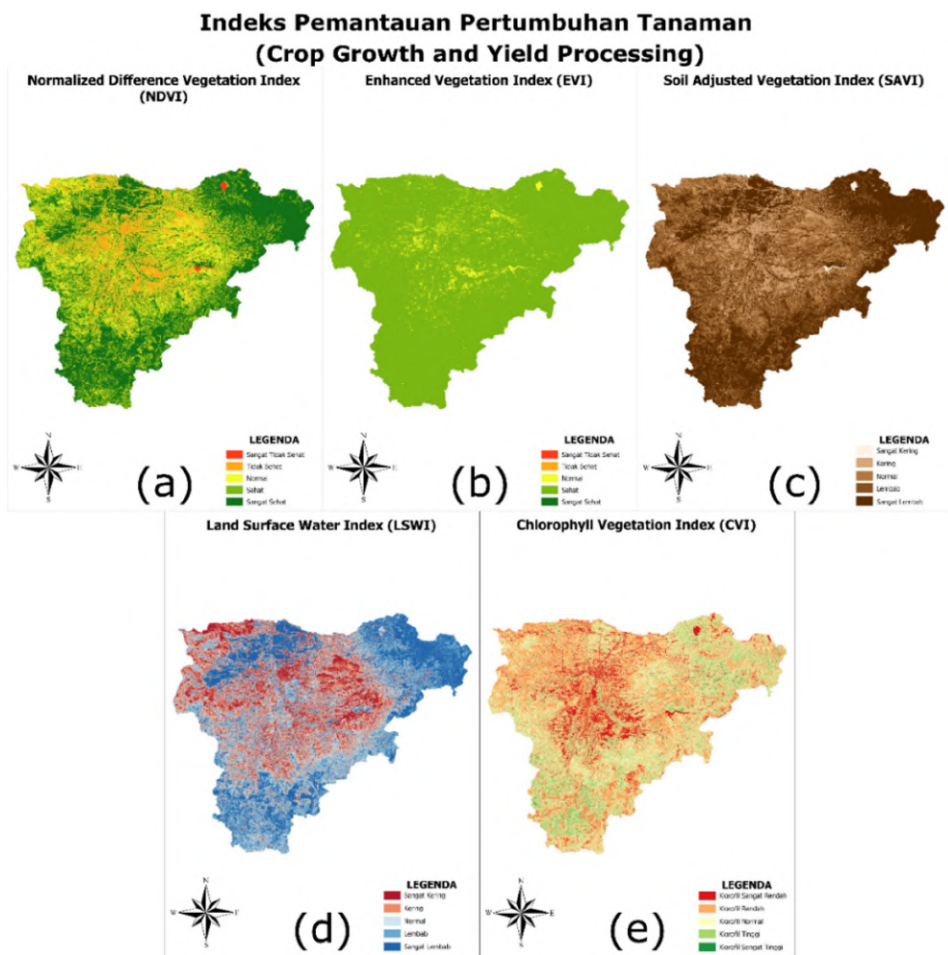
Selain resolusi temporal dan spasial, resolusi spektral merupakan fitur sentral dari satelit karena menentukan sifat fisiologis tanaman secara akurat. Fitur yang berbeda dari Sentinel-2 adalah kemampuannya menangkap empat wilayah spektral sempit di wilayah spektral *Red Edge* (RE) pada resolusi 20 m^[14]. Spektrum dapat menandai batas antara proses absorpsi klorofil dan penyebaran di dalam daun yang memberikan kapasitas untuk memisahkan aktivitas fotosintesis tanaman dari biomassa. Resolusi spasial 10 m dari Sentinel-2 memberikan detail yang lebih baik dan memungkinkan untuk mendapatkan berbagai informasi spektral untuk mendefinisikan topologi tanaman.

Tabel 1 Hasil indeks pemantauan pertumbuhan tanaman (*Crop Growth and Yield Processing*)

Indeks Spektral	Persamaan	Aplikasi
NDVI	$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Biomassa, pemuliaan, fenotipik, hasil tanaman, penyakit, manajemen nitrogen, kelembaban tanah, dan <i>stress</i> air
EVI	$\frac{2.5(NIR - RED)}{(NIR + 6RED - 7.5BLUE + 1)}$	Penyakit dan biomassa
SAVI	$\frac{(NIR - RED)(1 + L)}{NIR + RED + L}$	Hasil, biomassa, penyakit, konsentrasi dan pengambilan nitrogen, serta <i>stress</i> air
LSWI	$\frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	Kandungan air dalam tanaman
CVI	$\frac{NIR}{GREEN} \times \frac{RED}{GREEN}$	Hasil tanaman, pertumbuhan tanaman, dan kandungan klorofil

Indeks vegetasi seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Green Normalized Difference Vegetation Index* (GNDVI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Land Surface Water Index* (LSWI), dan *Chlorophyll Vegetation Index* (CVI) memberikan informasi penting tentang kondisi tanaman. Nilai NDVI berkisar dari -1 hingga 1, di mana nilai positif menunjukkan peningkatan kehijauan, dan nilai negatif menunjukkan permukaan tidak bervegetasi. Namun, NDVI memiliki beberapa keterbatasan seperti sensitif terhadap efek yang membingungkan dari tanah, atmosfer, dan bayangan kanopi^[11]. Oleh karena itu, digunakan indeks alternatif seperti SAVI, ARVI, dan WDRVI untuk mengatasi keterbatasan tersebut.

NDVI menggunakan pantulan cahaya untuk memberikan informasi tentang hasil tanaman^[20], hingga kelembaban tanah^[21]. EVI dirancang untuk meningkatkan sensitivitas terhadap variasi vegetasi dengan mengurangi pengaruh latar belakang tanah dan gangguan atmosfer. Aplikasi EVI antara lain mendeteksi penyakit^[15] dan biomassa^[18]. SAVI mengurangi efek latar belakang tanah terutama di wilayah dengan tutupan vegetasi rendah. Ini digunakan untuk memprediksi hasil tanaman^[22], konsentrasi dan pengambilan nitrogen^[13]. LSWI mendeteksi kandungan air dalam tanaman yang penting untuk memantau kondisi kelembaban tanah^[23]. Sedangkan CVI memberikan informasi kandungan klorofil dalam tanaman, yang merupakan indikator kesehatan dan produktivitas fotosintesis. Ini digunakan untuk memprediksi hasil tanaman^[24] dan kandungan klorofil^[25].



Gambar 2 Indeks pemantauan pertumbuhan tanaman (*crop growth and yield processing*): (a) NDVI, (b) EVI, (c) SAVI, (d) LSWI, (e) CVI.

Terdapat juga indeks yang dirancang khusus untuk pemantauan kesehatan dan penyakit tanaman (Tabel 2), seperti *Transformed Vegetation Index* (TVI), *Photochemical Reflectance Index* (PRI), *Normalized Difference Red Edge Index* (NDRE), *Atmospherically Resistant Vegetation Index* (ARVI), dan *Plant Senescence Reflectance Index* (PSRI). TVI, misalnya, dapat mengatasi beberapa keterbatasan NDVI dalam kondisi vegetasi yang padat, memungkinkan estimasi status nutrisi tanaman, LAI, dan biomassa dengan lebih baik^[17].

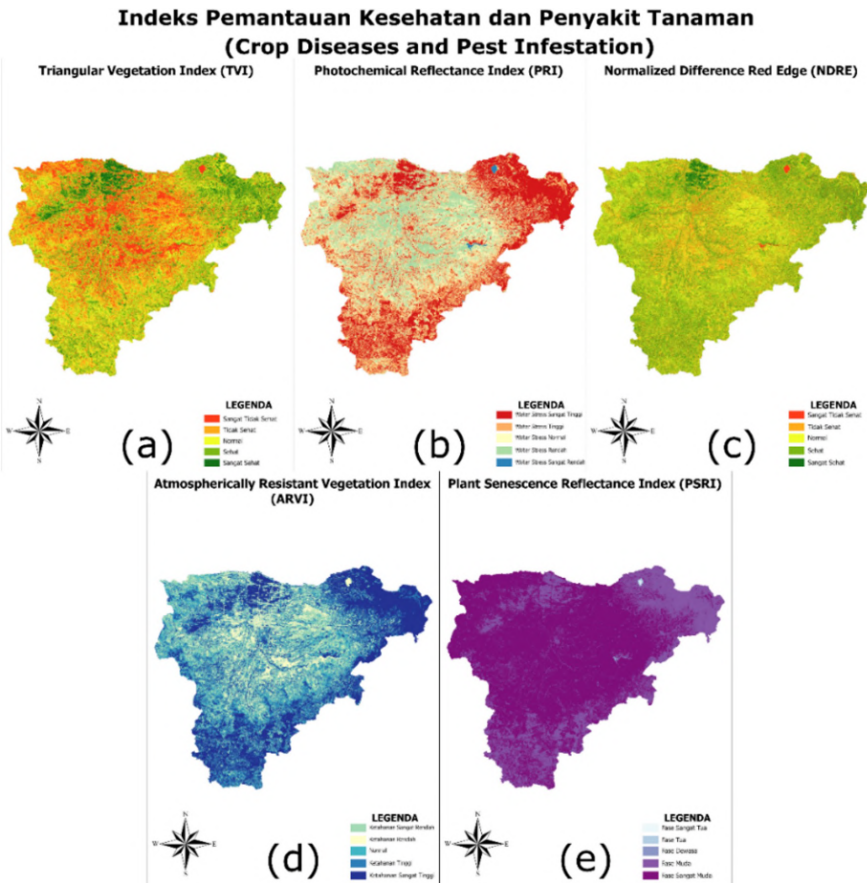
Tabel 2 Hasil indeks pemantauan kesehatan dan penyakit tanaman

Indeks Spektral	Persamaan	Aplikasi
NDVI	$0.5 [120 (NIR - GREEN) - 200 (RED - GREEN)]$	Penyakit
EVI	$\frac{R531 - R570}{R531 + R570}$	Efisiensi fotosintesis tanaman, <i>stress</i> fisiologis, <i>stress</i> air dan suhu kanopi
SAVI	$\frac{NIR - RED\ EDGE}{NIR + RED\ EGDE}$	Hasil dan biomassa tanaman, manajemen nitrogen, dan deteksi penyakit

Tabel 2 – Lanjutan dari halaman sebelumnya

Indeks Spektral	Persamaan	Aplikasi
LSWI	$\frac{NIR - RED\ BLUE}{NIR + RED\ BLUE}$	Penyakit dan pemetaan gulma
CVI	$\frac{R680 - R550}{R750}$	Penuaan, hasil dan biomassa

Untuk memantau kesehatan tanaman dan infestasi hama, lima indeks lainnya digunakan: TVI, PRI, NDRE, ARVI, dan PSRI (Gambar 3). Indeks-indeks ini memberikan wawasan lebih lanjut tentang kondisi kesehatan tanaman and potensi serangan penyakit atau hama. TVI memberikan informasi tentang kondisi umum kesehatan tanaman dan *vigor*^[26], serta digunakan untuk mendeteksi penyakit^[27]. PRI digunakan untuk memantau efisiensi fotosintesis tanaman dan dapat mendeteksi *stress* fisiologis pada tanaman, termasuk *stress* air dan suhu kanopi^[28]. NDRE mengukur pantulan di wilayah *Red Edge*, yang sangat sensitif terhadap variasi klorofil dan status nutrisi tanaman. Ini digunakan untuk memprediksi hasil dan biomassa tanaman^[16], manajemen nitrogen^[29], dan deteksi penyakit^[30]. ARVI mengurangi pengaruh atmosfer dalam pengukuran, sehingga memberikan informasi yang lebih akurat tentang kondisi vegetasi dan digunakan untuk pemetaan gulma^[31]. PSRI digunakan untuk mendeteksi perubahan dalam kandungan pigmen tanaman yang terkait dengan penuaan tanaman, serta digunakan untuk memprediksi hasil dan biomassa^[32].



Gambar 3 Indeks pemantauan kesehatan dan penyakit tanaman (*crop diseases and pest infestation*): (a) TVI, (b) PRI, (c) NDRE, (d) ARVI, (e) PSRI.

Pada bagian pemetaan penggunaan lahan dan tutupan lahan (*Landuse and Landcover Mapping* atau LULC), *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) digunakan untuk mendeteksi area terbangun. NDBI memudahkan proses pemetaan area terbangun dengan mengotomatisasi menggunakan metode *Thresholding* dan *Fishnet Random Sampling*. Metode *Fishnet Random Sampling* diterapkan dengan membuat *grid* berukuran 1 km × 1 km untuk mengumpulkan sampel secara acak dari data indeks yang telah dihitung. Melalui proses *thresholding* pada data yang dihasilkan, area terbangun dapat diidentifikasi dengan lebih jelas dan data tersebut dapat digunakan untuk analisis lanjutan dalam pemetaan LULC (Tabel 3).

Tabel 3 Treshold Build-up Detection

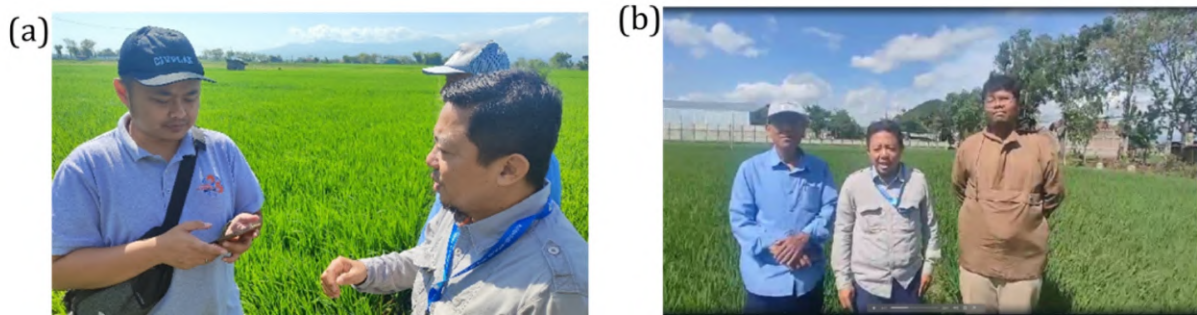
Indeks Spektral	Persamaan	Threshold
NDBI (Normalized Difference Built-Up Index)	$\frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$	NDBI > 0
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	NDVI < 0.2
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$\frac{(NIR - RED)(1 + L)}{NIR + RED + L}$	SAVI < 0.55
Chlorophyll vegetation index (CVI)	$\frac{NIR}{GREEN} \times \frac{RED}{GREEN}$	CVI < 2 atau CVI > 3
NDBI (Normalized Difference Built-Up Index)	$\frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$	NDBI > 0

Dari keseluruhan pengolahan baik kesehatan vegetasi maupun *built-up model*, dihasilkan beberapa *layer* pada panel antara lain: *Layer* Vegetasi Pertanian, Vegetasi Non-Pertanian, dan Non-Vegetasi. Setelah mendapatkan hasil awal mengenai pokok vegetasi dan kesehatannya, prosen validasi lapangan perlu dilakukan. Proses tersebut atau disebut juga *Ground Truth* perlu dilakukan untuk memetakan secara riil kondisi vegetasi dan non vegetasi (Gambar 4). Selain itu, pada proses ini pula pengambilan sampel antara vegetasi pertanian dan vegetasi non-pertanian dilakukan. Sehingga pada pemetaan dapat fokus pada kesehatan tanaman pertanian. Daerah-daerah yang menjadi sampel seperti kawasan sawah, ladang, hingga taman.



Gambar 4 Proses *Ground Truth* di Kabupaten Ponorogo: (a) Persawahan, (b) Vegetasi Non-pertanian, dan (c) Ladang.

Kegiatan ini perlu juga melibatkan masyarakat di sekitar kawasan. Oleh karena itu, saat proses *ground truth* juga melakukan diskusi untuk mendapatkan informasi terkait pertanian sekitar maupun kondisi sosial-masyarakat (Gambar 5). Informasi non-spasial tersebut dapat melengkapi pembangunan platform agar lebih informatif.

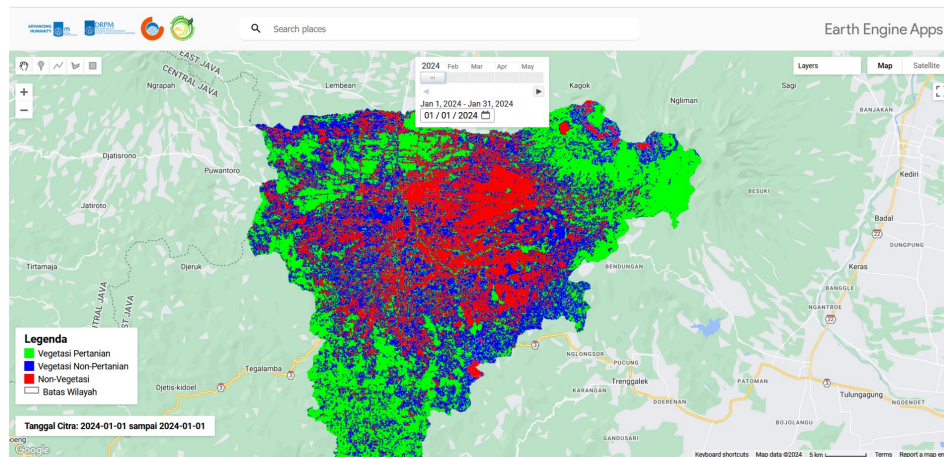


Gambar 5 Pengambilan Informasi Non-spasial Terkait Pertanian di Kabupaten Ponorogo.

Penggunaan berbagai indeks hingga *ground truth* memungkinkan pemantauan kondisi tanaman secara lebih komprehensif dan akurat. Melalui platform ini, pengguna dapat memantau kesehatan tanaman secara *real-time*, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam manajemen pertanian. Hasil akhir pengolahan dan analisis dari platform dapat ditinjau pada *website* platform <https://www.samikna.com/>. Informasi spasial dan non-spasial, baik primer maupun sekunder, yang ditampilkan di dalam platform antara lain: profil Kabupaten Ponorogo sebagai salah satu poros pertanian Jawa Timur, data statistik Kabupaten Ponorogo, peta kesehatan tanaman secara interaktif, hingga kontak pengembang.



Gambar 6 Tampilan Platform Sistem Aplikasi Monitoring Kesehatan Tanaman (SAMIKNA).



Gambar 7 Tampilan Peta Kesehatan Tanaman *Real-time* dan Interaktif.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Platform monitoring kesehatan tanaman berbasis *Google Earth Engine* (GEE) yang dikembangkan dalam kegiatan ini memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 untuk menghasilkan berbagai indeks kesehatan vegetasi yang berfokus pada dua aspek utama, yaitu *Crop Growth and Yield Processing* serta *Crop Diseases and Pest Infestation*. Indeks-indeks tersebut (NDVI, EVI, SAVI, LSWI, CVI, TVI, PRI, NDRE, ARVI, PSRI) membantu memahami variabilitas spasial-temporal kondisi tanaman dan deteksi dini gangguan kesehatan tanaman, sehingga mendukung penerapan pertanian presisi di Kabupaten Ponorogo. Selain itu, *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) digunakan untuk mengidentifikasi area terbangun dalam pemetaan penggunaan dan tutupan lahan.

Platform ini diwujudkan dalam Sistem Aplikasi Monitoring Kesehatan Tanaman (SAMIKNA) yang dapat diakses melalui laman <https://www.samikna.id/> dan menampilkan informasi spasial maupun nonspasial secara interaktif dan *real-time*. Didukung oleh kegiatan *ground truth*, SAMIKNA mampu menyajikan informasi terkait vegetasi pertanian, vegetasi non-pertanian, dan non-vegetasi yang relevan dengan kondisi riil di lapangan. Secara sosial, kehadiran platform ini membantu petani di Kabupaten Ponorogo lebih mandiri dalam memantau kesehatan tanaman, mengurangi ketergantungan pada metode pemantauan manual yang memerlukan biaya dan waktu besar, serta berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan efisiensi pengelolaan lahan pertanian. Dengan demikian, SAMIKNA tidak hanya menjadi inovasi teknologi, tetapi juga sarana penguatan kapasitas lokal dalam mendukung ketahanan pangan daerah.

Ke depan, pengembangan platform SAMIKNA perlu diarahkan pada penguatan aspek keberlanjutan dan pemanfaatan di tingkat akar rumput. Integrasi dengan sistem informasi desa atau aplikasi layanan publik lokal dapat memperluas jangkauan pemanfaatan data kesehatan tanaman oleh pemerintah desa, kelompok tani, dan lembaga pendamping. Selain itu, cakupan komoditas dapat diperluas tidak hanya pada tanaman utama di Ponorogo, tetapi juga komoditas hortikultura dan tanaman lainnya yang menjadi basis ekonomi lokal. Kolaborasi yang lebih intensif dengan kelompok tani, penyuluh pertanian, serta asosiasi seperti ADIDES juga penting untuk memperkaya data lapangan, meningkatkan literasi penggunaan teknologi, dan memastikan platform ini terus disesuaikan dengan kebutuhan riil petani.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang mendalam atas dukungan finansial kepada Jurusan Teknik Geodesi dan Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui program DIPA FT skema Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2025 dengan nomor SK: 859/UN26.15/PM/2025. Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat didukung dan dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset, dan Teknologi,

sesuai dengan Perjanjian Pelaksanaan Abmas Berbasis Produk Dana ITS Batch 1 Tahun 2024 Nomor Kontrak Pengabdian : 866/PKS/ITS/2024, tanggal 29 Februari 2024.

Referensi

1. Malau LRE, Rambe KR, Ulya NA, Purba AG. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Tanaman Pangan di Indonesia. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 2023;23(1):34–46.
2. Siregar FA, Penggunaan Pupuk Organik dalam Meningkatkan Kualitas Tanah dan Produktivitas Tanaman. *OSF Preprints*; 2023. <https://doi.org/10.31219/osf.io/fyz8v>.
3. Rahmanto Y, Rifaini A, Samsugi S, Riskiono SD. Sistem Monitoring pH Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam* 2020;1(1):23–28.
4. Nurhaliza DV, Novianti I, Rahman KR, Rozak RWA, Nurlela T, Sugiarti Y, et al. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketahanan Pangan dan Gizi di Indonesia Demi Tercapainya Tujuan SDGs. *Bulletin Agro Industri* 2023;50(1):1–8.
5. Jannah SR, Hatta GM, Basir B. Kesehatan Tanaman Kayu Putih (*Melaleuca Leucadendra* Linn) di Lahan Rehabilitasi Daerah Aliran Sungai (DAS) Gunung Batu Desa Tebing Siring Pelaihari Kabupaten Tanah Laut. *Jurnal Sylva Scientiae* 2022;5(2):292–300.
6. Malau LRE, et al. Study of ENSO impact on agricultural food crops price as basic knowledge to improve community resilience in climate change. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 2021. p. 1–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/874/1/012008>.
7. Selvira, Safe'i R, Yuwono SB, Kaskoyo H. Nilai Indeks Kerusakan Pohon Karet (*Hevea Brasiliensis*) di Hutan Rakyat Kabupaten Tulang Bawang. *Perennial* 2022;18(1):1–6. <http://dx.doi.org/10.24259/perennial.v18i1.18301>.
8. Yuniasih B, Adjie ARP. Evaluasi Kondisi Kebun Kelapa Sawit Menggunakan Indeks NDVI dari Citra Satelit Sentinel 2. *J Teknotan* 2022;16(2):127–132.
9. Phiri D, Simwanda M, Salekin S, Nyirenda VR, Murayama Y, Ranagalage M. Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sensing* 2020;12(14):2291. <https://doi.org/10.3390/rs12142291>.
10. Bodah BW, Neckel A, Stolfo Maculan L, Milanes CB, Korcelski C, Ramírez O, et al. Sentinel-5P TROPOMI satellite application for NO₂ and CO studies aiming at environmental valuation. *Journal of Cleaner Production* 2022;357:131960. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131960>.
11. Rondeaux G, Steven M, Baret F. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 1996;55(2):95–107. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00186-7](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00186-7).
12. Drusch M, Del Bello U, Carlier S, Colin O, Fernandez V, Gascon F, et al. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment* 2012;120:25–36. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>.
13. Segarra J, Buchailot ML, Araus JL, Kefauver SC. Remote Sensing for Precision Agriculture: Sentinel-2 Improved Features and Applications. *Agronomy* 2020;10(5):641. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>.
14. Curran PJ, Dungan JL, Macler BA, Plummer SE. The effect of a red leaf pigment on the relationship between red edge and chlorophyll concentration. *Remote Sensing of Environment* 1991;35(1):69–76. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90066-f](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90066-f).
15. Phadikar S, Goswami J. Vegetation indices based segmentation for automatic classification of brown spot and blast diseases of rice. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)*; 2016. <https://doi.org/10.1109/rait.2016.7507917>.

16. Kanke Y, Tubaña B, Dalen M, Harrell D. Evaluation of red and red-edge reflectance-based vegetation indices for rice biomass and grain yield prediction models in paddy fields. *Precision Agriculture* 2016;17(5):507–530. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9433-1>.
17. Hashimoto N, Saito Y, Maki M, Homma K. Simulation of Reflectance and Vegetation Indices for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Monitoring of Paddy Fields. *Remote Sensing* 2019;11(18):2119. <https://doi.org/10.3390/rs11182119>.
18. Zhou L, Chen N, Chen Z, Xing C. ROSSC: An Efficient Remote Sensing Observation-Sharing Method Based on Cloud Computing for Soil Moisture Mapping in Precision Agriculture. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 2016;9(12):5588–5598. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2016.2574810>.
19. Biró L, Kozma-Bognár V, Berke J. Comparison of RGB Indices used for Vegetation Studies based on Structured Similarity Index (SSIM). *Journal of Plant Science and Phytopathology* 2024;8(1):007–012. <https://doi.org/10.29328/journal.jpssp.1001124>.
20. Hassan MA, Yang M, Rasheed A, Yang G, Reynolds M, Xia X, et al. A rapid monitoring of NDVI across the wheat growth cycle for grain yield prediction using a multi-spectral UAV platform. *Plant Science* 2019;282:95–103. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.10.022>.
21. Ihuoma SO, Madramootoo CA. Sensitivity of spectral vegetation indices for monitoring water stress in tomato plants. *Computers and Electronics in Agriculture* 2019;163:104860. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104860>.
22. Venancio LP, Mantovani EC, do Amaral CH, Usher Neale CM, Gonçalves IZ, Filgueiras R, et al. Forecasting corn yield at the farm level in Brazil based on the FAO-66 approach and soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Agricultural Water Management* 2019;225:105779. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105779>.
23. Gao Y, Walker JP, Allahmoradi M, Monerris A, Ryu D, Jackson TJ. Optical Sensing of Vegetation Water Content: A Synthesis Study. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 2015;8(4):1456–1464. <https://doi.org/10.1109/jstars.2015.2398034>.
24. Meng J, Xu J, You X. Optimizing soybean harvest date using HJ-1 satellite imagery. *Precision Agriculture* 2014;16(2):164–179. <https://doi.org/10.1007/s11119-014-9368-3>.
25. Martínez-Casasnovas JA, Uribeetxebarria A, Escolà A, Arnó J. Sentinel-2 vegetation indices and apparent electrical conductivity to predict barley (*Hordeum vulgare* L.) yield. In: *Precision Agriculture 2019 Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers*; 2019.p. 415–421. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-888-9_38.
26. DadrasJavan F, Samadzadegan F, Seyed Pourazar SH, Fazeli H. UAV-based multispectral imagery for fast Citrus Greening detection. *Journal of Plant Diseases and Protection* 2019;126(4):307–318. <https://doi.org/10.1007/s41348-019-00234-8>.
27. Abdulridha J, Ampatzidis Y, Kakarla SC, Roberts P. Detection of target spot and bacterial spot diseases in tomato using UAV-based and benchtop-based hyperspectral imaging techniques. *Precision Agriculture* 2019;<https://doi.org/10.1007/s11119-019-09703-4>.
28. Ballester C, Zarco-Tejada PJ, Nicolás E, Alarcón JJ, Fereres E, Intrigliolo DS, et al. Evaluating the performance of xanthophyll, chlorophyll and structure-sensitive spectral indices to detect water stress in five fruit tree species. *Precision Agriculture* 2017;19(1):178–193. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9512-y>.
29. Amaral LR, Molin JP, Portz G, Finazzi FB, Cortinove L. Comparison of crop canopy reflectance sensors used to identify sugarcane biomass and nitrogen status. *Precision Agriculture* 2014;16(1):15–28. <https://doi.org/10.1007/s11119-014-9377-2>.
30. Pourazar H, Samadzadegan F, Dadras Javan F. Aerial multispectral imagery for plant disease detection: radiometric calibration necessity assessment. *European Journal of Remote Sensing* 2019;52(sup3):17–31. <https://doi.org/10.1080/22797254.2019.1642143>.
31. Mudereri BT, Dube T, Adel-Rahman EM, Niassy S, Kimathi E, Khan Z, et al. A comparative analysis of PlanetScope and Sentinel-2 space-borne sensors in mapping Striga weed using Guided Regularised Random Forest classification ensemble.

- In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 42; 2019. p. 701–708. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-2-w13-701-2019>.
32. Zhang PP, Zhou XX, Wang ZX, Mao W, Li WX, Yun F, et al. Using HJ-CCD image and PLS algorithm to estimate the yield of field-grown winter wheat. *Scientific Reports* 2020;10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62125-5>.

Cara mengutip artikel ini: Handoko, E. Y., Hariyanto, I. H., Nusantara, C. A. D. S., Syariz, M. A., Fahriza, A., Kurniawan, A., (2026), Monitoring Kesehatan Tanaman Berbasis *Remote Sensing* dalam Upaya Kemandirian Produktifitas Pertanian Kabupaten Ponorogo, *Sewagati*, 10(3):540–553, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i3.7684>.