

EFEKTIFITAS DRONE SEBAGAI MEDIA PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMANTAUAN KESEHATAN TANAMAN

**Adinda Nina Eka Sakti¹⁾, M. Miftu Khurizil A²⁾, Defi Nurdiana Aprilia³⁾
Sudarti⁴⁾, Trapsilo⁵⁾**

^{1,2,3,4,5} Program Pendidikan Fisika, Universitas Jember

Email: sakticute672@gmail.com¹⁾ miftu25@gmail.com²⁾ definurdiana0604@gmail.com³⁾

Sudarti_1pm@yahoo.co.id⁴⁾ trapsilo.fkip@unej.ac.id⁵⁾

Nomor Telp : +62 813 3242 6831

Asal Negara: Indonesia

ABSTRAK

Teknologi konvensional yang berubah menjadi teknologi digital merupakan salah satu ciri perkembangan teknologi di era digital. Perkembangan teknologi ini berdampak positif diberbagai sektor khususnya sektor industri yang mengalami perubahan secara signifikan yaitu pada pertanian. Teknologi digital terkini yang dapat difungsikan sebagai pemantau untuk memantau kesehatan tanaman yaitu drone .Drone disebut pesawat tanpa awak menjadi salah satu alat yang paling efektif untuk pemantauan kesehatan tanaman. Tujuan penelitian ini untuk menguji efektivitas penggunaan Drone sebagai media penginderaan jauh untuk pemantauan tanaman. Metode penelitian yang digunakan yaitu studi literatur yang berfungsi untuk mengumpulkan data dengan metode analisis deskriptif. Hasil menunjukkan bahwa salah satu penggunaan dasar drone yaitu untuk mengambil gambar lalu dari gambar tersebut akan diproses menjadi informasi. Kamera drone memiliki kemampuan dalam memberikan beragam informasi semacam jumlah tanaman, status nutrisi dan kesehatan tanaman dan dirancang untuk menghemat waktu dan minim tenaga pekerja. Kamera RGB hanya menghasilkan gambar yang mengukur intensitas tiga warna sehingga menyebabkan citra RGB kurang akurat dibandingkan citra multispektral dalam hal resolusi spektral. Drone juga dilengkapi NIR untuk memudahkan analisis indeks vegetasi menggunakan NDVI. Sehingga pemanfaatan drone sebagai media penginderaan jarak jauh sangat efektif namun masih perlu pengembangan lebih lanjut dan pengawasan secara langsung terhadap tanaman.

Kata kunci: Drone, multispektral, NDVI, RGB

ABSTRACT

Conventional technology that turns into digital technology is one of the characteristics of technological development in the digital era. The development of this technology has positive impact on various sectors, especially the industrial sector which has undergone significant changes, namely in agriculture. Digital technology used in the agricultural industry in Indonesia is useful for monitoring plant health, namely drones. A drone called drones are becoming one of the most effective tools for monitoring plant health. The purpose of this study was to test the effectiveness of using drones as a remote sensing medium for plant monitoring. The research method used is a literature study that serves to collect data with descriptive analysis methods. The results show that one of the base uses of UAVs is to take pictures last from these images will be processed into information. UAV cameras have the ability to provide a variety of information such as the number of plants, nutritional status and plant health and designed to save time and minimal labor. RGB cameras only produce images that measure the intensity of three colors, making RGB images less accurate than multispectral images in terms of spectral resolution. The drone also equipped with NIR to facilitate vegetation index analysis using NDVI. So that the use of drones as a remote sensing medium is very effective but still needs further development and direct supervision of plants.

Keywords: Drone/ UAV, multispektral, NDVI, RGB

1. PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan teknologi di era digital telah memberikan pengaruh besar dalam berbagai sektor di Indonesia, termasuk sektor industri. Salah satu yang memiliki perubahan signifikan yang terjadi adalah peralihan dari teknologi konvensional ke teknologi digital yang saat ini semakin canggih dan efisien. Dalam hal ini dapat membuka peluang baru dan memberikan pengaruh besar bagi perkembangan industri di

Indonesia dalam mengoptimalkan proses produksi, meningkatkan efisiensi dan mendorong inovasi. Salah satu sektor industri yang mengalami perubahan secara signifikan adalah pertanian. Di bidang pertanian, teknologi digital yang digunakan telah mengubah cara dalam memantau dan menjaga kesehatan tanaman. Inovasi terbaru ini dalam pemantauan kesehatan tanaman adalah penggunaan Drone sebagai media penginderaan jauh (Ikhwan et al., 2021).

doi: <https://doi.org/10.30869/jtech.v11i2.1186>, p-issn/e-issn:2252-4002/2546-558X

EFEKTIFITAS DRONE SEBAGAI MEDIA PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMANTAUAN KESEHATAN TANAMAN

Industri pertanian di Indonesia ini telah mengalami transportasi yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Dalam penerapan teknologi konvensional contohnya pada penggunaan tenaga manusia dan alat-alat sederhana untuk memantau dan merawat tanaman hal ini memberikan hasil yang terbatas dan dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Dalam menggunakan metode tradisional, pemantauan kesehatan tanaman seperti survei lapangan ini dapat memerlukan waktu dan tenaga manusia yang sangat signifikan. Sehingga dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi digital yaitu penggunaan Drone sebagai media penginderaan jauh muncul sebagai solusi yang efektif dan inovatif untuk pemantauan kesehatan tanaman (Swanda et al., 2021) Dalam hal ini penggunaan Drone sebagai media penginderaan jauh maka dalam industri pertanian memiliki potensi untuk meningkatkan produktivitas, keberlanjutan, dan keuntungan. (Farid et al., 2021).

Drone atau biasa disebut dengan pesawat tanpa awak menjadi salah satu alat yang sangat efektif digunakan dalam pemantauan kesehatan tanaman. Dalam Drone ini dilengkapi dengan sensor kamera yang sangat canggih di mana mampu untuk mengumpulkan data secara *real-time* dan gambar dengan tingkat resolusi tinggi. (Ikhwan et al., 2021). Dalam Drone, dilengkapi berbagai sensor seperti sensor multispektral dan termal. Dalam sensor ini dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang aktivitas fotosintesis, suhu, kelembaban tanah, tingkat klorofil, dan kepadatan tanaman. Dalam hal ini data yang dikumpulkan selanjutnya dianalisis untuk mengidentifikasi daerah yang terinfeksi penyakit, stres air, serangan hama, sehingga memungkinkan petani untuk segera mengambil tindakan yang cepat dan tepat. Oleh karena itu, Drone dapat memberikan informasi yang sangat detail tentang kondisi dan kesehatan tanaman dengan cara yang lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan metode tradisional. Dalam hal ini teknologi penginderaan jauh atau penggunaan Drone sebagai media penginderaan jauh telah menunjukkan potensi yang menjanjikan dalam pemantauan kesehatan tanaman. (Stefano, 2019).

Adapun beberapa keunggulan utama dalam penggunaan drone dalam pemanfaatan kesehatan tanaman. Pertama, drone memberikan aksesibilitas yang cukup luas, sehingga memungkinkan pemantauan di berbagai lokasi tanaman. Drone memiliki kemampuan untuk mengakses area yang sulit dijangkau atau dapat dikatakan berbahaya secara manusiawi (Ariyanto, 2022). Drone juga dapat melakukan survei di wilayah yang sangat luas serta sulit dijangkau dengan cepat, sehingga Drone dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif secara keseluruhan tentang kondisi tanaman tersebut. Dengan ini, Drone dapat memungkinkan petani untuk mengidentifikasi

masalah kesehatan tanaman lebih awal dan dapat mengambil tindakan cepat dan tepat waktu, sehingga dapat mengurangi kerugian yang disebabkan oleh penyakit, hama, atau pun kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan (Ikhwan et al., 2021). Dalam hal ini drone memiliki kamera yang berkualitas tinggi dan memberikan resolusi gambar yang sangat tinggi sehingga dapat mendeteksi dini gejala penyakit perubahan warna tanaman dan serangan hama (Farid et al., 2021).

Selanjutnya, Drone dapat digunakan untuk memantau perubahan kondisi tanaman dari waktu ke waktu. Dengan adanya pengumpulan data secara teratur, maka petani dapat menganalisis tren jangka panjang, mengidentifikasi tentang pola pertumbuhan tanaman, dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang sesuai untuk menjaga kesehatan tanaman. Dengan adanya teknologi sensor yang canggih, Drone dapat memberikan informasi spektral yang berguna. Hal ini dapat dilihat dalam data multispektral atau data inframerah. Data tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan berbagai macam kebutuhan air tanaman, tingkat fotosintesis, dan status nutrisi tanaman.

Penggunaan Drone sebagai media penginderaan jauh ini telah memberikan perubahan dan dampak positif bagi industri pertanian di Indonesia. Pemantauan kesehatan tanaman yang lebih akurat dan efektif maka petani dapat melakukan langkah-langkah dengan cepat dan akurat dalam mengendalikan penyakit pada tanaman. Selain itu dapat mengoptimalkan penggunaan pupuk dan pestisida serta menjaga kualitas hasil panen. Hal tersebut dapat berkontribusi pada peningkatan produktivitas, pengurangan kerugian dan peningkatan keberlanjutan industri pertanian secara keseluruhan (Farid et al., 2017). Drone sebagai media penginderaan jauh untuk pemantauan kesehatan tanaman memberikan banyak manfaat serta potensi dalam industri pertanian, tantangan teknis dan regulasi masih perlu diatasi. Dalam pengoperasian Drone yang efektif, maka membutuhkan keahlian khusus yang memadai dan perangkat lunak dalam analisis data yang canggih untuk mengolah dan memahami hasil pemantauan secara efektif. Selain itu, dalam aspek regulasi, seperti dalam izin penerbangan dan kepatuhan terhadap aturan penerbangan yang berlaku, hal ini perlu diperhatikan agar penggunaan Drone dalam pertanian menjadi legal dan aman.

Dalam hal ini, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas penggunaan Drone sebagai media penginderaan jauh untuk pemantauan kesehatan tanaman. Penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang manfaat Drone dalam pemantauan kesehatan tanaman, serta memberikan rekomendasi mengenai pengembangan metode pemantauan kesehatan tanaman yang lebih efektif dan efisien dalam industri pertanian di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur yaitu data yang diperoleh dari berbagai sumber yang berkaitan dengan topik yang diangkat dalam penelitian ini. Jumlah literatur yang digunakan sebanyak enam belas jurnal dengan rentang tahun yang digunakan antara tahun 2017 hingga 2022. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode deskriptif. Metode analisis deskriptif ini dilakukan dengan cara mendeskripsikan fakta-fakta yang diperoleh kemudian diberikan pemahaman dan penjelasan secara rinci dan secukupnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Saat ini, seperti yang telah dibahas sebelumnya, berbagai kegiatan pertanian telah dilakukan oleh drone. Diantaranya, drone semakin banyak digunakan untuk pemantauan dan identifikasi penyakit. Mereka bekerja sama dengan berbagai komponen seperti kamera, sensor, motor, rotor, dan pengontrol. Salah satu penggunaan dasar drone adalah untuk menangkap gambar. Informasi yang terkandung dalam gambar diekstraksi dan diubah menjadi informasi yang berguna dengan pemrosesan gambar spektrum elektromagnetik juga memberikan informasi yang berguna, yang digunakan untuk membuat keputusan mengenai stres fisiologis tanaman. Perbandingan antara spektroskopi di wilayah spesifik membantu menilai kondisi tanaman secara real-time di bawah kondisi lapangan. Penyakit tanaman diidentifikasi dengan mengamati gangguan fisiologis yang disebabkan oleh pemantulan daun di bagian spektrum inframerah-dekat dalam gambar yang diambil drone. Selain itu, gangguan pada aktivitas fotosintesis tanaman yang disebabkan oleh banyak penyakit juga diamati sebagai pantulan pada rentang panjang gelombang merah. Pada saat ini, drone telah dilengkapi dengan kamera multispektral yang mempunyai peran yang sangat penting dalam membantu kegiatan pertanian salah satunya dalam hal memantau perkembangan tanaman. Kamera tersebut memiliki kemampuan untuk menyediakan beragam informasi semacam jumlah tanaman, status nutrisi nitrogen, dan tingkat kesehatan tanaman dengan memanfaatkan pengukuran kehijauan melalui analisis Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

Teknologi drone telah memberikan kontribusi besar dalam memantau pertumbuhan tanaman di bidang pertanian melalui penggunaan Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Dengan menggunakan drone, pemantauan dapat dilakukan secara luas di area pertanian, meminimalkan tenggat dan keterkaitan buruh dalam kegiatan pengamatan dan fertilisasi. Drone juga membagikan informasi yang berharga tentang perkembangan tanaman, batas penggunaan lahan, dan luas area pertanian. Keunggulan

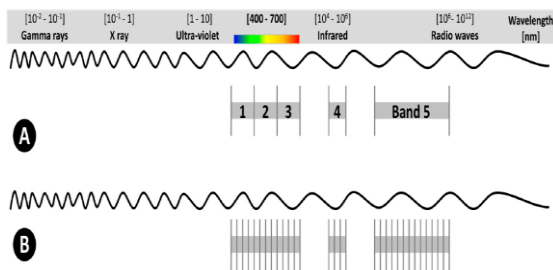
penggunaan drone adalah kemampuannya untuk mendeteksi secara dini kondisi tanaman yang tidak sehat. Tanaman seperti kelapa sawit, padi, dan jagung telah menjadi fokus utama pengamatan menggunakan drone. Drone menjadi alat yang efektif dalam menghitung jumlah tanaman dan mengevaluasi kesehatan tanaman (Neupane dan Gurel, 2021).

Kamera RGB (Merah-hijau-biru) adalah jenis kamera yang umum digunakan yang menghasilkan gambar yang mengukur intensitas tiga warna dan menentukan nilai setiap warna dalam piksel: merah, hijau, dan biru. Kamera RGB digunakan untuk menghasilkan model tanaman pertanian 3 dimensi (3D) dan memberikan perkiraan biomassa tanaman. Kamera RGB juga digunakan dengan kamera NIR dan multispektral untuk meningkatkan akurasi saat menghitung biomassa. Jika filter inframerah dekat diganti dengan filter merah, itu disebut kamera RGB yang dimodifikasi. Kamera RGB juga telah berhasil digunakan untuk mengidentifikasi penyakit pada tumbuhan. Perlu disebutkan bahwa kamera RGB hanya memiliki rentang spektrum elektromagnetik 380 nm hingga 750 nm. Kamera RGB sudah tersedia dan biasanya lebih murah. Mereka juga dapat digunakan untuk mengumpulkan gambar diam beresolusi tinggi. Namun, mereka hanya dapat mengukur tiga pita (merah, hijau dan biru) dari spektrum elektromagnetik. Hal ini menyebabkan citra RGB kurang akurat dibandingkan citra multispektral atau hiperspektral dalam hal resolusi spektral sistem kamera.

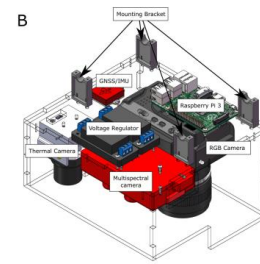
Namun, salah satu keunggulan utama kamera RGB adalah kemampuannya menangkap gambar beresolusi spasial tinggi dibandingkan dengan sistem multispektral dan, pada gilirannya, memberikan detail spasial yang lebih halus untuk deteksi dan pemantauan penyakit tanaman. Kamera RGB harus dioperasikan dengan hati-hati agar pewarnaan dan pencahayaan gambar seragam. Gambar yang seragam akan mencerminkan lebih sedikit kesalahan dalam membedakan tanaman sehat dan sakit. Hal ini senada dengan pendapat Virma (2013) "Kebanyakan, drone dilengkapi atas kamera sensor RGB atau kamera standar yang mampu menangkap cahaya dalam spektrum merah (red), hijau (green), dan biru (blue), sehingga menghasilkan gambar yang menyerupai pandangan manusia. Kamera RGB ini biasanya digunakan untuk berbagai tujuan dan tidak secara khusus dirancang untuk aplikasi pertanian. Namun, dalam konteks pertanian, drone juga dapat dilengkapi dengan sensor kamera near infrared (NIR) yang dirancang khusus. Sensor NIR ini memungkinkan kamera drone untuk melakukan analisis indeks vegetasi menggunakan algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dengan mengubah cahaya NIR yang tidak terlihat menjadi warna yang terlihat. Hal ini memudahkan dalam

pemantauan pertanian dan evaluasi kondisi tanaman.”

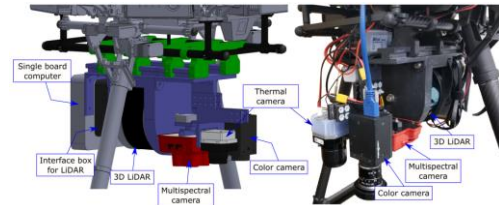
Kamera multispektral dianggap sebagai salah satu sensor yang paling tepat untuk analitik pertanian, karena memiliki kapasitas untuk menangkap gambar dalam resolusi spasial tinggi dan menentukan pantulan dalam pita inframerah dekat. Kamera multispektral dan NIR membuat indeks vegetatif yang bergantung pada inframerah-dekat atau pita cahaya lainnya. Kamera multispektral menggunakan pita spektral yang berbeda: kebanyakan merah, biru, hijau, tepi merah, dan inframerah dekat. bagian besar citra udara untuk memantau masalah kesehatan tanaman menggunakan kamera multispektral karena digunakan untuk menghitung indeks seperti NDVI. Ketiadaan sensor multispektral pada drone pertanian akan menghambat deteksi dini penyakit tanaman. Berbagai penelitian telah melaporkan bahwa kamera multispektral paling cocok untuk mengidentifikasi penyakit dan hama tanaman di lapangan. Prinsip di balik akurasi tinggi adalah beberapa pita spektrum elektromagnetik. Mereka tidak hanya memberikan informasi tambahan pada gambar yang diperoleh tetapi juga dapat memberikan indeks vegetatif. Indeks vegetative merupakan salah satu faktor terpenting dalam identifikasi penyakit tanaman. Ada beberapa kelemahan kamera multispektral, yang meliputi mahalnya biaya dan peningkatan upaya kalibrasi untuk tugas tertentu, seperti identifikasi penyakit, pemrosesan gambar. Penggunaan drone dalam pemetaan foto umumnya hanya terbatas pada perhitungan jumlah tanaman kelapa sawit. Namun, dalam bidang pengolahan citra dari penginderaan jauh, telah dikembangkan berbagai jenis sensor multispektral seperti inframerah, termal, dan bahkan hiperspektral. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan sensor multispektral dalam memonitor dan mempelajari hubungan antara sensor-sensor tersebut dengan kesehatan tanaman kelapa sawit yang terdokumentasi dalam foto yang diambil menggunakan drone. Representasi spectrum warna pada drone multispektral dapat dilihat pada gambar dibawah



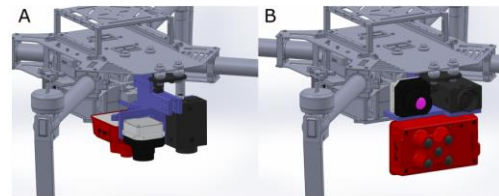
Gambar 1. Contoh multispektral, dengan 5 pita lebar; Dan (B) Contoh hiperspektral yang terdiri dari beberapa pita sempit yang, biasanya, memanjang hingga ratusan atau ribuan pita. Desain drone multispektral dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Tampak Atas



Gambar 3. Kiri model 3D kanan sistem fisik yang telah diimplementasikan



Gambar 4. (A) pemasangan secara vertikal (B) pemasangan secara horizontal

Dengan menggunakan teknologi ini, petani dapat dengan cepat dan efisien mengidentifikasi serta memetakan kesehatan tanaman. Data klorofil yang dikumpulkan oleh drone digunakan untuk mendapatkan informasi tentang kesehatan tanaman. Kamera drone yang dilengkapi dengan sistem multispektral menggunakan saluran warna merah, hijau, dan Near Infra Red (NIR), yang digunakan dalam memperkirakan nilai kesegaran tanaman. Analisis nilai kehijauan tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \text{ atau VARI } \frac{GREEN-RED}{GREEN+RED-BLUE}$$

Tabel 1 Kelayakan kesehatan tanaman berdasarkan nilai NDVI

Kesehatan tanaman	Nilai ndvi
Sangat baik	0,721 - 0,92
Baik	0,421 - 0,72
Normal	0,221 - 0,42
Buruk	Buruk 0

Teknologi tersebut sudah diterapkan pada berbagai macam tanaman di Indonesia seperti kelapa sawit dan jagung. Diambil sampel dari literatur yang sudah ada, terdapat drone diterapkan pada kebun

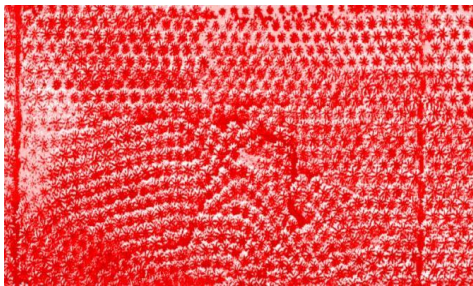
kelapa sawit dengan menggunakan drone dan mendapatkan citra foto inframerah seperti gambar di bawah ini



Gambar 5. Menggunakan panjang gelombang inframerah dekat

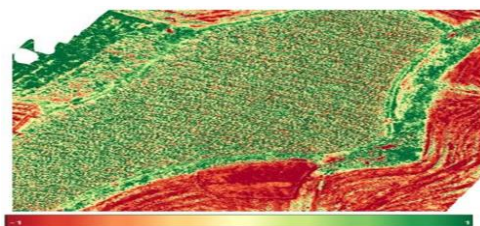
Dalam pengambilan citra menggunakan drone, digunakan komposit 432 yang terdiri dari saluran inframerah dekat, merah, dan hijau. Dalam komposit ini, tanaman kelapa sawit, misalnya, memiliki reflektivitas tertinggi terhadap cahaya inframerah dan menyerap cahaya merah. Oleh karena itu, ketika menggunakan komposit 432, citra drone yang dihasilkan akan didominasi oleh warna merah karena daun kelapa sawit memantulkan cahaya merah.

Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kesegaran tanaman kelapa sawit yang terkait dengan proses fotosintesis. Konsep dasarnya adalah bahwa semakin tinggi tingkat aktivitas fotosintesis yang terjadi, sebagai tanda bahwa tanaman dalam kondisi sehat, maka nilai NDVI akan meningkat. Namun, jika tanaman mengalami keadaan tidak sehat atau tingkat kehijauan yang rendah, maka nilai NDVI akan menurun.



Gambar 6. Analisis Digital NDVI

Pemanfaatan drone juga dilakukan Kelompok Tani Pattarowangta, Kabupaten Takalar pada tanaman jagung, seperti gambar berikut.



Gambar 7. Analisis NDVI pada Tanaman Jagung

Gambar 7 membagikan informasi terkait keadaan aktual tanaman jagung. Tanaman dengan nilai NDVI antara 0,11 hingga 0,22 dianggap tidak sehat, sedangkan yang memiliki nilai antara 0,221 hingga 0,42 dikategorikan sebagai tanaman yang sehat secara normal. Tanaman dengan nilai NDVI antara 0,321 hingga 0,72 diklasifikasikan sebagai tanaman yang sangat sehat, sementara nilai NDVI antara 0,721 hingga 0,92 menunjukkan bahwa tanaman berada dalam kondisi sangat baik. Tanaman dengan nilai NDVI yang menandakan kesehatan buruk umumnya mengalami kendala dalam pertumbuhannya, seperti kekurangan nutrisi, infeksi penyakit, atau serangan hama. Namun, untuk memastikan kondisi tersebut, diperlukan validasi melalui pemeriksaan langsung terhadap tanaman.

4. KESIMPULAN

Penggunaan Drone sebagai media penginderaan jarak jauh untuk kesehatan tanaman sangat efektif, namun masih perlu pengembangan lebih lanjut dan pengawasan terhadap tanaman secara langsung. Hal ini dikarenakan keunggulan dari drone sendiri dapat membawa kamera dan sensor yang berbeda untuk memperoleh data dari area yang luas. Sehingga memungkinkan pemantauan yang lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Farid, M., I. Ridwan, A. F. Adzima, dan M. F. Anshori. 2021. Penggunaan pesawat tanpa awak (drone) dalam melakukan pemantauan dan identifikasi otomatis pada pertanaman jagung di Kelompok Tani Pattarowangta, Kabupaten Takalar. *Jurnal Dinamika Pengabdian*. 7(1): 191 -201.
- Haqiqi, A., dan Y. Rahayu. 2021. Pencitraan Lahan Kelapa Sawit Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle. *Jom FTEKNIK*. 8(2) : 4-10.
- Neupane, K., & Baysal-gurel, F. (2021). *Automatic Identification and Monitoring of Plant Diseases Using Unmanned Aerial Vehicles : A Review*. *Journal Remote Sensing*. 13: 3 – 4.
- Prasvita.D.S., Mega M.S., Rio W., Trihasuti.N., 2021. klasifikasi Pohon Kelapa Sawit Pada Data Fusi Citra Lidar dan Foto Udara Menggunakan Convolutional Neural Network. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*. 6 (2) :
- Primayuda, A., A. Suriadikusumah., Dan M. A. Solihin. 2022. Identifikasi Kedalaman Pirit Dan Kaitannya Terhadap Kesehatan Dan Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) (Studi Kasus Di Perkebunan Pt Sawit Sumbermas Sarana Tbk).
- Rachmawati, R. R. (2020). Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, Dan Modern Indonesian

- Agriculture Rika Reviza Rachmawati. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137–154. <http://dx.doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.137-154>
- Rahadi, Y. I., dan D. Rakhmad. 2021. Pemanfaatan hasil pengideraan jauh untuk menentukan kandungan hara daun kelapa sawit dalam skala luas. *Jurnal Ilmu Pertanian*.
- Samuel., Rega K.P.,Setiawan H.,P.Mimboro., 2022. Metode Deteksi Pokok Podon Secara Otomatis Pada Citra Perkebunan Sawit menggunakan Model Convolutional Neural Network (CNN) Pada Perangkat Lunak Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 9 (7)
- Santoso, H. (2020). Performa Random Forest Group untuk Klasifikasi Penyakit Busuk Pangkal Batang yang Disebabkan oleh *Ganoderma boninense* pada Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 28(3).
- Santoso, H. 2020. Pengamatan dan Pemetaan Penyakit Busuk Pangkal Batang di Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dan Kamera Multispektral. *Jurnal fitopatologi indonesia*. 16 (2). 71 -78.
- Satia, G. A. W., E. Firmansyah., dan A. Umami. 2022. Perancangan Sistem Identifikasi Penyakit Pada Daun Kelapa Sawit [*Elaeis Guineensis* Jacq.] Dengan Algoritma Deep Learning Convolutional Neural Networks. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 19 (1).
- Sondakh, J., Rembang, J. H. W., & Syahyuti, N. (2021). Karakteristik, Potensi Generasi Milenial Dan Perspektif Pengembangan Pertanian Presisi Di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 155. <https://doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.155-166>
- Stefano, A. 2019. Pemanfaatan gis (geographic information system) untuk memonitor kesehatan tanaman kelapa sawit. *Buletin Loupe*. 15(2): 8-17.
- Xu, R., C. Li, dan S. Bernardes. 2021. Development and Testing of a UAV-Based Multi-Sensor System for Plant Phenotyping and Precision Agriculture. *MDPI*. 3(2): 1 – 28.
- Yurianda, R. B., D. Setyawan., dan Warsito. 2022. Metode Klasifikasi Normalized Difference Vegetation Index Berbasis Citra Landsat 8I untuk Identifikasi Sebaran Kondisi Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit di PT. Andira Agro, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan*. 8(2) : 16-23.
- Zhou, X., J. He, H. Zheng, dan X. Tao. 2017. Predicting Grain Yield In Rice Using Multi-Temporal Vegetation Indices From UAV-Based Multispectral And Digital Imagery. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 18 September 2018. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Inc. (ISPRS).; 247 – 255.