
Analisis Tingkat Akurasi Pendugaan Serangan Penyakit Blas Menggunakan Pendekatan Citra Multispektral pada Berbagai Ketinggian Akuisisi

Accurate Analysis of Blast Disease Attack Estimation using A Multispectral Imaging Approach at Various Acquisition Heights

Komang Puspha Nirmalayani, I Made Anom Sutrisna Wijaya*, Sumiyati

Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

*email: anomsw@unud.ac.id

Abstrak

Pengukuran intensitas serangan penyakit blas biasanya dilakukan secara manual, sehingga diperlukan waktu lama dan ketelitian dalam mengidentifikasi. Hal tersebut dapat menghambat penanganan yang menyebabkan penyebaran semakin meluas sehingga beresiko terhadap penurunan produktivitas padi, maka diperlukan pengembangan mengenai pendugaan intensitas serangan melalui teknologi dengan menggunakan citra multispektral. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara indeks vegetasi dengan intensitas serangan penyakit padi pada berbagai ketinggian akuisisi citra dan mendapatkan akurasi pendugaan intensitas serangan penyakit padi pada berbagai ketinggian. Sampel intensitas serangan penyakit diambil sebanyak 3 petak dimana perpetaknya diambil 5 titik secara diagonal, setiap titik terdapat 9 rumpun. Akuisisi citra pada ketinggian 15 meter, 30 meter, dan 45 meter menggunakan *drone Phantom 4* yang dilengkapi dengan kamera multispektral. Mosaiking menggunakan *software Agisoft* dan normalisasi menggunakan *photoshop*. Analisis indeks vegetasi NDVI, SAVI, CIG menggunakan *QGIS 2.28*. Hasil penelitian menunjukkan hubungan indeks vegetasi dengan intensitas serangan penyakit blas pada berbagai ketinggian berkorelasi linier. Indeks vegetasi NDVI 15meter, SAVI 15meter dan 30meter, CIG 15meter, 30meter, dan 45meter berkorelasi sangat kuat. Indeks vegetasi NDVI 30meter, SAVI 45meter berkorelasi kuat dengan intensitas serangan penyakit, sedangkan NDVI ketinggian 45meter berkorelasi cukup kuat dengan intensitas serangan. NDVI 15meter memiliki akurasi paling tinggi sebesar 97,96%. Citra multispektral dengan ketinggian 15meter dapat digunakan untuk menduga penyakit blas karena memiliki korelasi sangat kuat dan akurasi untuk pendugaan yang tinggi.

Kata kunci: *akurasi pendugaan, intensitas serangan penyakit blas, multispektral*

Abstract

Measurement of the intensity of blast disease attack is usually done manually, so it takes a long time and accuracy in identifying. This can hamper the handling which causes the spread to be more widespread so that it risks a decrease in rice productivity, so it is necessary to develop the estimation of attack intensity through technology using multispectral imagery. This study aims to determine the relationship between vegetation index and the intensity of rice disease attack at various heights of image acquisition and get the accuracy of estimating the intensity of rice disease attack at various heights. Samples of disease attack intensity were taken as many as 3 plots where each plot was taken 5 points diagonally with per point taken 9 clumps. Followed by acquiring images of heights of 15 meters, 30 meters, and 45 meters using a Phantom 4 drone equipped with a multispectral camera, after the image is obtained, continued mosaicing using Agisoft software, then normalization using Photoshop. NDVI, SAVI, CIG vegetation index analysis is carried out using QGIS 2.28. The results showed that correlation was made to obtain the equation used for validation, and accuracy. The relationship between vegetation index and blast disease intensity at various altitudes was linearly correlated. Vegetation index NDVI 15 meters, SAVI 15 meters and 30 meters, CIG 15 meters, 30 meters, and 45 meters were strongly correlated. Vegetation indices NDVI at 30 meters, SAVI at 45 meters were strongly correlated with disease intensity, while NDVI at 45 meters was moderately strongly correlated with disease intensity. The 15-meter NDVI had the highest accuracy of 97.96%. Multispectral imagery with a height of 15 meters can be used to predict blast disease because it has a very strong correlation and high accuracy for estimation.

Keywords: *blast intensity, estimation accuracy, multispectral*

PENDAHULUAN

Tanaman padi merupakan penghasil bahan makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia. Menjadi salah satu tanaman penting di Indonesia, menurut laporan dari FAO (*Food and Agriculture Organization*) Indonesia menduduki peringkat ketiga sebagai penghasil beras terbesar di dunia, dengan jumlah produksi 70,8 juta ton per tahunnya (Fitasari et al., 2017). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Bali tahun 2017, untuk lahan pertanian seluas 407.534 Ha dibagi menjadi 2 yaitu lahan sawah seluas 78.626 Ha dan lahan bukan sawah dengan luas lahan 328.908 Ha. Luas panen padi pada tahun 2020 sebesar 90,98 ribu hektar, jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya mengalami penurunan sebesar 4,34 ribu hektar atau sebesar 4,55% (BPS, 2020). Menurut laporan Badan Pusat Statistika Provinsi Bali (2020) produksi padi di Bali pada tahun 2019 diperkirakan sebesar 579.321 ton GKG, menurun sebanyak 87.749 ton atau 13,15% dibandingkan tahun 2018.

Penurunan produksi padi dipengaruhi beberapa faktor dalam dan faktor luar. Faktor luar penurunan produksi yaitu serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) Umumnya tingkat kerusakan tanaman oleh organisme pengganggu tanaman berbanding lurus dengan produksi tanaman (Suarsana et al., 2020). Penurunan produksi padi yang disebabkan dari kegagalan panen banyak diakibatkan oleh penyakit tanaman padi yang disebabkan oleh faktor lingkungannya, manusia, serta hama, patogen organisme pengganggu (bakteri, jamur, virus). Penyakit tanaman padi yang terjadi pada daun seperti blas ini sangat susah untuk dideteksi atau dilihat secara langsung, memerlukan waktu lama dan perlu ketelitian dalam mengidentifikasi penyakit blas, hal tersebut dapat menghambat penanganan terhadap tanaman padi yang terserang sehingga penyebaran akan semakin meluas yang akan beresiko terhadap penurunan produktivitas padi.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai tingkat akurasi pendugaan serangan penyakit blas menggunakan pendekatan citra multispektral pada berbagai ketinggian akuisisi yaitu pada ketinggian 15 meter, 30 meter, dan 45 meter diatas permukaan tanah, dimana foto udara yang dihasilkan dari berbagai ketinggian tersebut berpengaruh terhadap kualitas gambar yang

akan mempengaruhi tingkat akurasi pendugaan serangan penyakit. Ketinggian tersebut selain sebagai variasi, ketinggian tersebut digunakan untuk mengetahui akurasi pendugaan dari masing-masing ketinggian, hal tersebut akan berpengaruh kepada efisiensi waktu, batrai dan luas lahan yang akan diamati. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan hubungan antara indeks vegetasi dengan serangan penyakit blas dari berbagai ketinggian akuisisi dan untuk mendapatkan akurasi pendugaan intensitas serangan penyakit blas dari berbagai ketinggian akuisisi.

METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Laboratorium Sistem Manajemen Keteknikan Pertanian Teknologi Pertanian Universitas Udayana. Pengambilan data dilakukan di Subak Uma Teba Desa Sedang, Abiansemal, Badung dan Subak Uma Dalem Desa Sobangan, Mengwi, Badung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus - Oktober 2022.

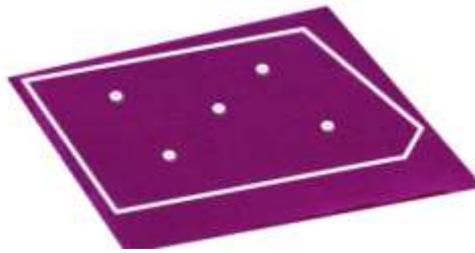
Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Drone Phantom 4* dan handphone yang dilengkapi dengan aplikasi *drone deploy* dan *DJI Go 4*, aplikasi *agisoft photoscan* dan *QGIS 2.18*, dan aplikasi *photoshop*. Bahan yang digunakan adalah petakan sawah seluas ± 45 are, dengan padi kualitas unggul yang sedang terserang penyakit Blas, pada fase vegetatif dan generatif padi yang berusia 40- 110 hst (sampai panen) dengan jumlah sampel sebanyak 70 sampel yang terserang penyakit Blas.

Tahapan Penelitian

Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *drone phantom 4*, dengan handphone dilengkapi aplikasi *drone deploy* dan *DJI Go 4* untuk membuat jalur terbang. Sebelum memulai penelitian dilakukan survei lahan pertanian yang terserang penyakit blas. Setelah mendapatkan lahan pertanian yang terserang penyakit blas, Lahan perpetak dibagi secara diagonal yang dibagi menjadi 5 titik setiap titik diambil 9 rumpun dan perumpun diambil semua anakan untuk menghitung intensitas serangan penyakit secara manual dengan standar POPT.



Gambar 1. Titik Pengambilan Sampel

Akuisisi Citra Multispetral dari ketinggian 15 meter, 30 meter dan 45 meter

Akuisisi citra diambil pada saat cuaca cerah, dengan intensitas Cahaya kisaran 20.000 – 60.000 lux (Aris, 2016). Proses akuisisi dilakukan pada ketinggian 15 meter, 30 meter, dan 45 meter diatas permukaan tanah pada pukul 9 am – 11 am atau 3 pm – 5 pm. Sebelum proses akuisisi citra terlebih dahulu membuat *waypoint* atau jalur terbang. Pembuatan *waypoint* dilakukan pada aplikasi *drone deploy* dengan interval pengambilan gambar 2 detik. Lama pengambilan foto udara tergantung pada ketinggian dan luas dari lahan yang dijadikan lahan penelitian. Pengambilan gambar menggunakan drone dilakukan setiap 1 minggu dari umur padi 40 hst – 110 hst (sampai panen).

Perhitungan Intesitas Serangan Penyakit Blas

Metode perhitungan intensitas serangan penyakit dilakukan dengan cara menentukan titik dengan diagonal per petaknya sehingga mendapatkan 5 titik, pertitik diambil 9 rumpun yang diambil setiap anakan, yang diambil setiap minggu mulai umur padi 40 hst – 110 hst (sampai panen). Setelah data diperoleh data tersebut dihitung dengan skor kerusakan pada tanaman padi menggunakan standar dari POPT (Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan, 2007) dengan Persamaan 1.

$$I = \frac{\sum_{i=0}^Z (n_i \times v_i)}{Z \times N} \times 100\% \quad [1]$$

Dimana:

- I = Intensitas serangan (%)
- n_i = Jumlah sampel yang terserang
- v_i = Nilai skala kerusakan contoh ke - i
- N = Jumlah tanaman atau bagian sampel yang diamati
- Z = Nilai skala kerusakan tertinggi

Pengolahan Citra Multispektral dan perhitungan indeks vegetasi

Setelah dilakukan akuisisi citra dilanjutkan dengan dilakukan mosaiking citra menggunakan aplikasi *agisoft metashape* agar mendapat citra yang utuh, setelah dilakukan mosaiking dilakukan normalisasi citra dengan menggunakan aplikasi *photoshop* untuk

menyesuaikan kecerahan dari citra hasil mosaiking. Setelah dilakukan normalisasi dilanjutkan dengan pengolahan citra menggunakan aplikasi *QGIS 2.18* menggunakan raster kalkulator dengan indeks vegetasi yaitu NDVI, SAVI, dan CIG. Indeks vegetasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dengan rumus $NDVI = \frac{\text{band NIR} - \text{band Red}}{\text{band NIR} + \text{band Red}}$. Indeks vegetasi SAVI (*Soil-adjusted vegetation index*) dengan rumus $SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{nir} - \rho_{red})}{\rho_{nir} + \rho_{red} + L}$. Indeks vegetasi CIG (*Green Chlorophyll Index*) dengan rumus $CIG = \frac{NIR}{G} - 1$.

Analisis Korelasi, Validasi dan Akurasi

Analisis korelasi adalah metode evaluasi statistik yang dipergunakan untuk mempelajari kekuatan hubungan antara dua variable. Analisis korelasi menggunakan analisis regresi. Jumlah sampel yang digunakan untuk korelasi sebanyak 50 sampel. Setelah dilakukan korelasi, dilanjutkan dengan validasi menggunakan metode RMSE (*Root Mean Square Error*) yang akan digunakan untuk melakukan pendugaan serangan penyakit blas dengan Persamaan 2.

$$RMSE = \sqrt{\frac{(\text{pengukuran} - \text{pendugaan})^2}{\text{jumlah data}}} \quad [2]$$

Setelah dilakukan validasi, dilanjutkan analisis akurasi dengan cara 100% - nilai eror. Jumlah sampel yang digunakan validasi sebanyak 25 sampel.

Kategori Intesitas Serangan Penyakit Blas

Berdasarkan persamaan pendugaan intensitas serangan penyakit blas yang dilihat dari rentang nilai NDVI, SAVI, dan CIG pada ketiga ketinggian dari kategori intensitas serangan. Kategori intensitas serangan untuk jenis penyakit dapat digunakan sebagai berikut (Direktorat Tanaman Pangan, 2007): Intesitas ringan dengan rentang $0 > IS \leq 11\%$, Intesitas sedang ringan dengan rentang $11 > IS \leq 25\%$, Intesitas berat dengan rentang $25 > IS \leq 75\%$, Intesitas Puso dengan rentang $75 > IS \leq 100\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Citra Multispektral

Akuisisi citra dilakukan pada cuaca yang cerah, intensitas cahaya pada kisaran 20.000-60.000 lux (Aris, 2016). Proses Akuisisi dilakukan pada ketinggian 15 meter, 30 meter, dan 45 meter diatas

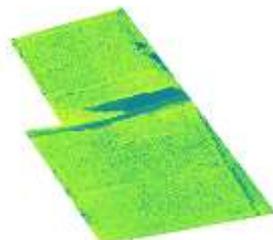
permukaan tanah. Pembuatan *waypoint* dilakukan pada aplikasi *drone deploy* dengan interval pengambilan 2 detik. Setelah akuisisi dilakukan mosaiking yang menggunakan aplikasi *agisoft metashape*. Tipe file yang tersimpan setelah dilakukan mosaiking berupa data citra multispektral dengan tipe file geotiff atau tif.



Gambar 2. Hasil Mosaiking

Setelah proses mosaiking dilanjutkan dengan normalisasi menggunakan photoshop. Normalisasi merupakan proses untuk mengganti nilai intensitas piksel citra. Normalisasi digunakan untuk perbaikan foto berkontras rendah akibat sinar yang berlebih. Citra multispektral terdiri dari lima band diantaranya red, red edge, hijau, blue, Nir. Dari kombinasi band yang ada akan menghasilkan sebuah citra

orthomosaic. Proses pengolahan citra pada penelitian ini menggunakan aplikasi Qgis 3.18. Citra NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan sebuah citra *orthomosaic* hasil kombinasi band red dan NIR, dengan rumus $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$. Rumus indeks vegetasi Citra Green Chlorophyll Index (CIG) adalah indeks vegetasi yang menggabungkan kombinasi band NIR dengan band green dengan rumus $(NIR/Hijau) - 1$. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) adalah konversi dari NDVI. SAVI bertujuan untuk meminimalkan kesalahan akibat variasi warna tanah dengan memasukkan faktor koreksi L ke dalam persamaan NDVI. $SAVI = (1+L)(\rho_{nir} - \rho_{red}) / \rho_{nir} + \rho_{red} + L$.



(a)

(b)

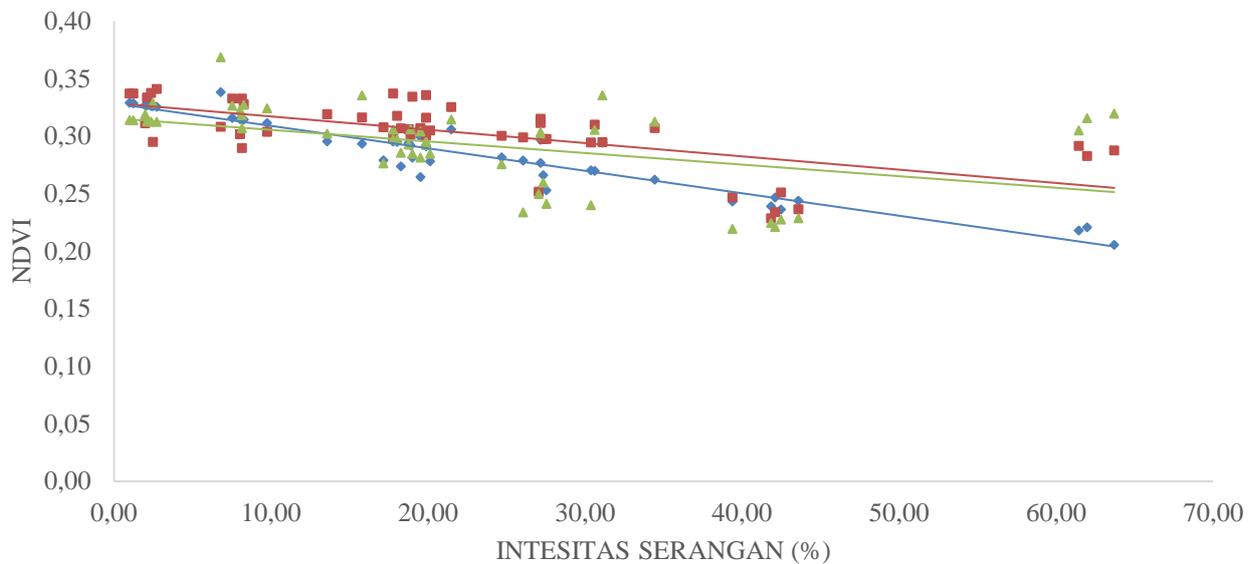
(c)

Gambar 3. (a) Hasil Citra NDVI, (b) Hasil Citra CIG, dan (c) Hasil Citra SAVI

Analisis Korelasi

Analisis korelasi adalah metode evaluasi statistik yang dipergunakan untuk mempelajari kekuatan hubungan antara dua variabel, analisis korelasi menggunakan analisis regresi. Analisis korelasi dilakukan, yang hasilnya dinyatakan dalam angka yang diketahui dengan koefisien korelasi. Secara umum, analisis regresi sering dilakukan bersamaan

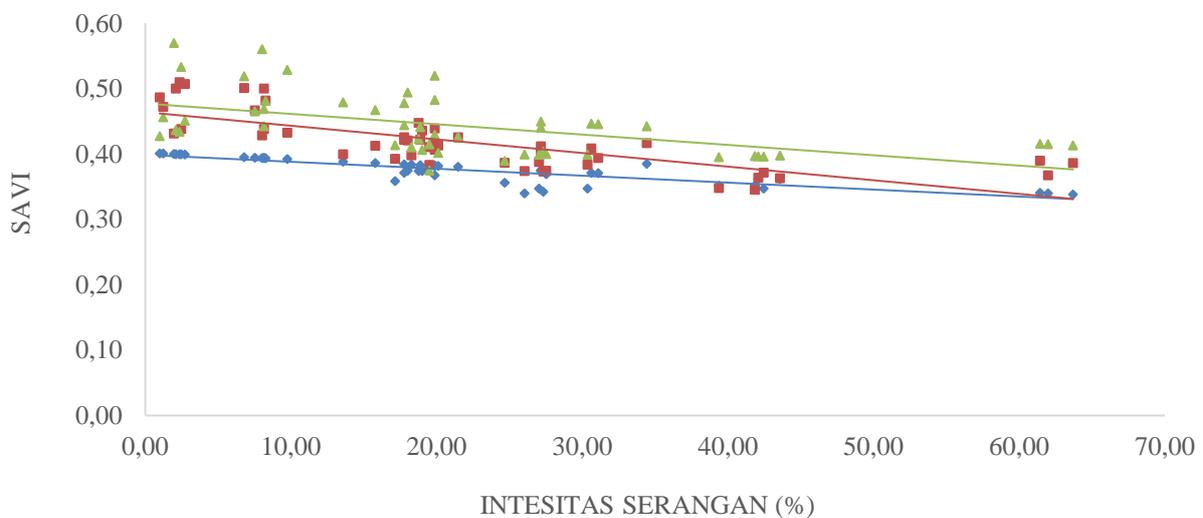
dengan analisis korelasi. Kekuatan analisis regresi dapat ditunjukkan dengan koefisien determinasi dari persamaan yang didapat dari nilai indeks vegetasi NDVI, SAVI, CIG dengan nilai intensitas serangan penyakit blas. Korelasi dapat ditentukan dengan mengakarkan koefisien determinasi. Jumlah sampel yang digunakan untuk korelasi sebanyak 50 sampel.



Gambar 4. Korelasi NDVI Ketinggian 15 m (warna biru), ketinggian 30 m (warna merah), ketinggian 45 m (warna hijau) dengan intensitas serangan penyakit

Berdasarkan analisis regresi dan korelasi yang dilakukan antara nilai NDVI ketinggian 15 meter, 30 meter, dan 45 meter dengan nilai intensitas, hasil korelasi dari nilai NDVI ketinggian 15 meter memiliki korelasi sebesar 94,41% dengan persamaan

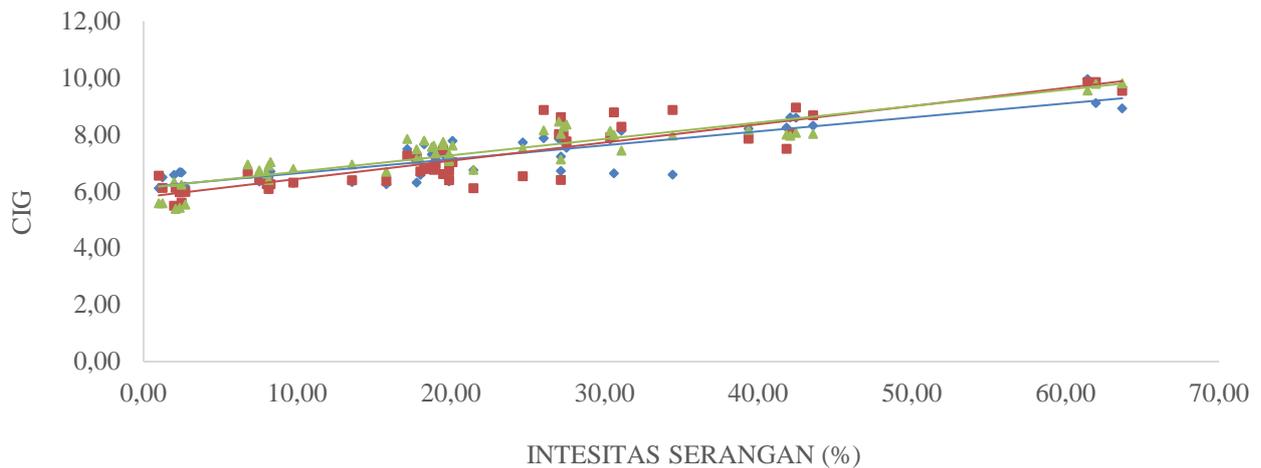
regresi $y = -318,9x + 120,73$. NDVI ketinggian 30 meter memiliki korelasi sebesar 64,81% dengan persamaan regresi $y = -328,7x + 131,56$. NDVI ketinggian 45 meter memiliki korelasi 45,52% dengan persamaan regresi $y = -294,7x + 115,34$.



Gambar 5. Korelasi SAVI Ketinggian 15 m (warna biru), ketinggian 30 m (warna merah), ketinggian 45 m (warna hijau) dengan intensitas serangan penyakit

Berdasarkan analisis regresi dan korelasi yang dilakukan antara nilai SAVI ketinggian 15 meter, 30 meter, dan 45 meter dengan nilai intensitas, hasil korelasi dari nilai SAVI ketinggian 15 meter memiliki korelasi sebesar 85,33% dengan persamaan regresi $y = -398,6x + 174,86$. SAVI ketinggian 30 meter memiliki

korelasi sebesar 75,84% dengan persamaan regresi $y = -405,6x + 207,32$. SAVI ketinggian 45 meter memiliki korelasi 53,32% dengan persamaan regresi $y = -389,5x + 224,8$.



Gambar 6. Korelasi CIG Ketinggian 15 m (warna biru), ketinggian 30 m (warna merah), ketinggian 45 m (warna hijau) dengan intensitas serangan penyakit

Berdasarkan analisis regresi dan korelasi yang dilakukan antara nilai CIG ketinggian 15 meter, 30 meter, dan 45 meter dengan nilai intensitas, hasil korelasi dari nilai CIG ketinggian 15 meter memiliki korelasi sebesar 86,33% dengan persamaan regresi $y=0,492x+19,67$. CIG ketinggian 30 memiliki korelasi sebesar 88,66% dengan persamaan regresi $y=0,642x+18,7$. CIG ketinggian 45 meter memiliki korelasi 89,88% dengan persamaan regresi $y=0,578x+19,11$. Menurut Kismiantini (2010), adapun kisaran nilai korelasi yang digunakan adalah

sebagai berikut:

1. 0 – 0,25 = Korelasi sangat lemah
2. 0,25 – 0,5 = Korelasi cukup

3. 0,5 – 0,75 = Korelasi kuat
4. 0,75 – 1 = Korelasi sangat kuat

Hubungan indeks vegetasi dengan intensitas serangan penyakit pada berbagai ketinggian berkorelasi linier. Dari ketiga indeks vegetasi dengan ketiga ketinggian, indeks vegetasi NDVI ketinggian 15 meter memiliki korelasi terkuat sebesar 0,9441 atau 94,41%.

Validasi dan Akurasi

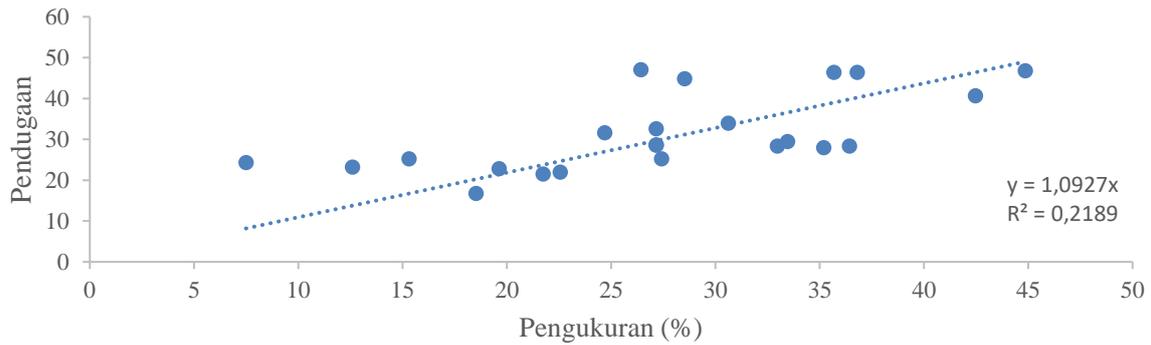
Validasi data dilakukan untuk menghitung nilai eror yang di dapat dari pendugaan intensitas serangan penyakit blas, dalam menghitung nilai eror dapat menggunakan metode RMSE. Nilai eror dan akurasi dari ketiga indeks vegetasi dengan ketiga ketinggian bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil RMSE dari ketiga indeks vegetasi dengan tiga ketinggian dengan intensitas serangan

	15 meter		30 meter		45 meter	
	Eror	Akurasi	Eror	Akurasi	Eror	Akurasi
NDVI	2,04 %	97,96 %	2,12%	97,88 %	3,41%	96,59 %
SAVI	3,09%	96,91%	3,00%	97,00 %	3,05%	96,95 %
CIG	3,33%	96,67%	3,55%	96,45 %	4,96%	95,04 %

Berdasarkan nilai RMSE dapat dikatakan bahwa program memprediksi secara akurat intensitas serangan penyakit blas yang akan terjadi, karena error yang dihasilkan kurang dari 10% (Hakim, 2011). Pada penelitian ini dengan menggunakan tiga indeks vegetasi dengan tiga ketinggian memiliki nilai eror dibawah 10%. Pada parameter NDVI ketinggian 15 meter memiliki nilai RMSE terendah dibandingkan dengan indeks vegetasi lain pada

berbagai ketinggian yang diperoleh sebesar 2,04% yang artinya akurasi pendugaan yang didapatkan yaitu 97,96%. Hal tersebut menunjukkan data yang diperoleh dari akurasi pendugaan yaitu 97,96% menghasilkan data tepat atau sama dengan kondisi riil. Gambar 6 menunjukkan koefisien determinasi dari analisis validasi berdasarkan pendugaan intensitas serangan dengan pengukuran intensitas serangan sebesar 0,9391 atau 93,91%.

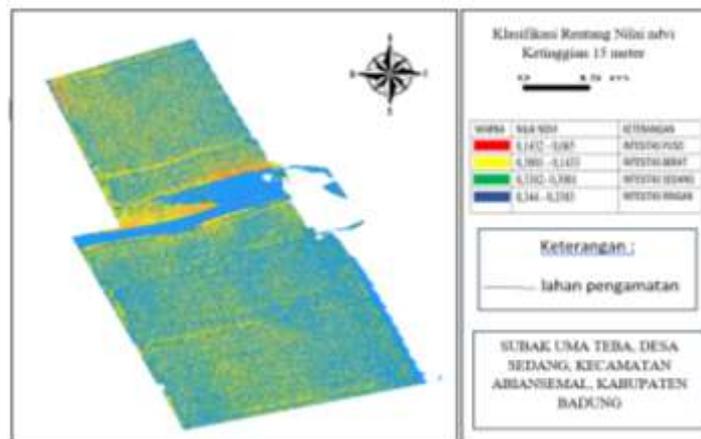


Gambar 6. Koefisien determinasi hasil validasi berdasarkan parameter NDVI ketinggian 15 meter

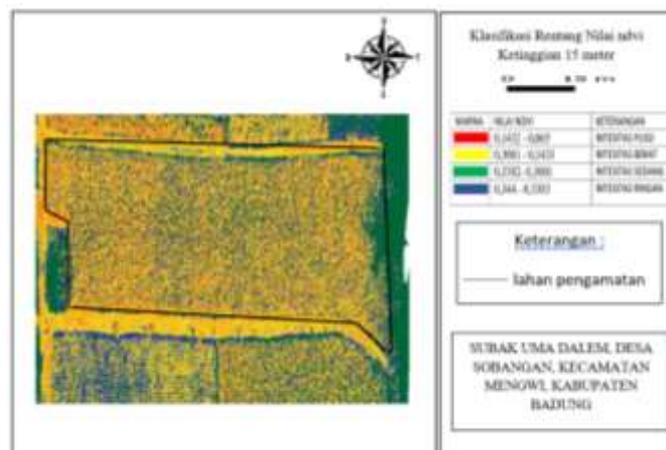
Kategori Intesitas Serangan Penyakit Blas

Untuk mendapat rentang nilai pada masing-masing indeks vegetasi digunakan rumus persamaan regresi yang didapat pada analisis korelasi sebelumnya. Contoh perhitungan untuk mendapatkan rentang nilai NDVI untuk kategori intesitas serangan penyakit blas 25% merupakan nilai x, jadi $120,73-25/318,9 = 0,3001$, jadi kategori intesitas serangan 25% pada nilai NDVI ketinggian 15 meter memiliki nilai NDVI

0,3001. Pengamatan sebaran intensitas serangan penyakit yang ditemukan pada lahan pengamatan yaitu intesitas ringan (hijau), intesitas sedang (biru), intesitas berat (kuning), dan intesitas puso (merah). Contoh sebaran penyakit blas berdasarkan nilai NDVI pada jarak 15 meter di wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Sebaran serangan penyakit blas berdasarkan nilai NDVI pada ketinggian 15 meter pada lahan pertanian Subak Uma Teba



Gambar 8. Sebaran serangan penyakit blas berdasarkan nilai NDVI pada ketinggian 15 meter pada lahan pertanian Subak Uma Dalem

KESIMPULAN

Ketiga indeks vegetasi pada ketiga ketinggian menunjukkan hubungan linier dengan intensitas serangan penyakit. Indeks vegetasi NDVI ketinggian 15 memiliki korelasi tinggi dibandingkan dengan indeks vegetasi lainnya yaitu sebesar 0,9441 atau 94,41% dengan persamaan regresi $y = -318.9x + 120.73$. Semua indeks vegetasi dari berbagai ketinggian memiliki akurasi yang tinggi. Citra multispektral dapat digunakan untuk menduga penyakit blas, dengan indeks vegetasi NDVI 15 meter menghasilkan nilai korelasi yang sangat kuat, dengan akurasi yang tinggi sebesar 97,96%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris, S., Wijaya, A., & Gunadnya, I. (2016). *Kualitas Foto Udara Pada Berbagai Ketinggian*. Jurnal BETA (Biosistem dan pertanian), 4(2), 78-80.
- BBPOPT. (2021). Prakiraan Serangan Blas Di Indonesia Mt 2021/2022.
- BPS Provinsi Bali. (2020). Luas Lahan, Luas Lahan Panen Dan Produksi Padi Di Provinsi Bali 2020. Badan Pusat Statistik Provinsi Bali.
- Basuki, K. (2019). Penginderaan Jarak Jauh. ISSN 2502-3632 (Online) ISSN 2356-0304 (Paper) Jurnal Online Internasional & Nasional Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, 53(9), 1689–1699.
- Chandra, E., Wijaya, A., & Yohanes. S. (2020). Pendugaan Intensitas Serangan Penyakit BLB (Bacterial Leaf Blight) pada Tanaman Padi melalui Pendekatan Citra Multispektral Estimation. Jurnal BETA (Biosistem dan pertanian), 8(2), 339-345.
- Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. (2007). Pedoman Pengamatan dan Pelaporan Perlindungan Tanaman Pangan. Jakarta.
- FAO. (2022). Food Outlook. In Biannual Report on Global Food Markets. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9427en>
- Fitasari, W., Useng, D., & Munir, A. (2017). Pendugaan Produksi Dan Indeks Vegetasi Tanaman Padi Menggunakan Data Citra Platform Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Dan Data Citra Satelit Landsat 8. Jurnal Agritechno, 203–216.
- Gitelson, A. A., Viña, A., Ciganda, V., Rundquist, D. C., & Arkebauer, T. J. (2005). Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. *Geophysical Research Letters*, 32(8).
- Hakim, A. F. 2011. Perancangan Sistem Informasi Pengukuran Konduktivitas Hidraulik Tidak Jenuh Tanah dengan Sensor Tensiometer dan Higrometer Digital. SKRIPSI-S1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Huete, A.R. 1988. A soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), Remote Sensing of Environment, 25:295-309.
- Huete, A. (2011). Land Remote Sensing and Global Environmental Change: NASA's Earth Observing System and the Science of ASTER and MODIS (Issue May 2014). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6749-7>
- Kismiantini. (2010). "Analisis Regresi." Jurusan Pendidikan Matematika. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nugraha, A. S. A., & Citra, I. P. A. (2021). Perbandingan Metode Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) dan Forest Canopy Density (FCD) untuk Identifikasi Tutupan Vegetasi (Kasus; Area Pembuatan Jalan Baru Singaraja-Mengwi). Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian, 18(1), 1–8. <https://doi.org/10.15294/jg.v18i1.25367>
- Perlindungan, D., Pangan, T., Jenderal, D., Pangan, T., & Pertanian, K. (2018). Direktorat perlindungan tanaman pangan direktorat jenderal tanaman pangan kementerian pertanian 2018.
- Prasetya, I.M.C.A., Wijaya, I.M.A.S., Gunadnya, I. B. P. (2019). Pendugaan Intensitas Serangan Penyakit Blas pada Tanaman Padi Melalui Pendekatan Citra NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Jurnal BETA (Biosistem dan pertanian), 72(3), 219-223.
- Suarsana, M., Parmila, P., Wahyuni, P. S., & Suarmika, I. G. M. (2020). Pengaruh Serangan Hama Penggerek Batang dan Penyakit Tungro terhadap Produktivitas Sembilan Varietas Padi di Lokapaksa, Bali. Agro Bali: Agricultural Journal, 3(1), 84–90.
- SDI, P. B. (2021). Luas Serangan Hama/Penyakit Tanaman Pangan Provinsi Bali.