

Analisis Usia Tanaman Padi Berdasarkan Berbagai Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Kamera

Farchan Mushaf Al Ramadhani^{1*}, Abdul Jalil²

¹ Universitas Pekalongan

² Universitas Muhammadiyah Jember

DOI: <https://doi.org/10.47134/trilogi.v2i2.41>

*Correspondensi:

Farchan Mushaf Al Ramadhani

Email: farchan.mushaf@gmail.com



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrak: Sistem pertanian yang ada saat ini hanya mengandalkan pengetahuan para petani dalam mengetahui usia tanaman padi dan masih belum ada teknologi tepat guna yang dapat menganalisis usia tanaman padi. Oleh karena itu, indeks vegetasi yang didapatkan dari citra kamera digital yang tergolong dalam *ground-based remote sensing* merupakan salah satu metode alternatif yang dapat digunakan dalam menganalisis usia tanaman padi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model indeks vegetasi yang paling efektif dalam menganalisis usia tanaman padi. Penelitian ini dilakukan di lahan milik petani di Desa Kebonsari Kecamatan Summersari Kabupaten Jember. Sampel citra tanaman padi yang digunakan secara keseluruhan berjumlah sebanyak 400 citra. Analisis uji statistik menggunakan analisis determinasi untuk mencari koefisien determinasi antara variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu data usia tanaman padi terukur sedangkan variabel terikat adalah indeks vegetasi. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa indeks vegetasi yang efektif untuk menganalisis usia tanaman padi menggunakan kamera digital yaitu indeks VARI. Selain itu, diperoleh juga bahwa usia tanaman padi varietas Cibogo proporsional terhadap nilai VARI hingga usia tanaman padi mencapai 78 HST. Pada usia tanaman padi 1-78 HST nilai indeks VARI mengalami peningkatan dan kemudian nilai indeks VARI mengalami penurunan hingga usia tanaman padi siap panen. Pola grafik yang didapatkan berlandaskan data hasil penelitian yakni parabolik dengan pendekatan fungsi parabolik $y = -0.0002x^2 + 0.0292x - 0.8001$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 96.8%

Keywords: Indeks vegetasi, usia tanaman padi, parabolik, VARI

Abstract: The current agricultural system only relies on the knowledge of farmers in knowing the age of rice plants and there is still no appropriate technology that can analyze the age of rice plants. Therefore, vegetation index obtained from digital camera images that belong to ground-based remote sensing is one of the alternative methods that can be used in analyzing the age of rice plants. This study aims to determine the most effective vegetation index model in analyzing the age of rice plants. This research was conducted on farmer-owned land in Kebonsari Village, Summersari District, Jember Regency. The sample of images of rice plants used in total amounted to 400 images. Statistical test analysis uses determination analysis to find the coefficient of determination between the independent variable and the dependent variable. The independent variable in this study is the measured age data of rice plants while the dependent variable is the vegetation index. The results showed that the effective vegetation index for analyzing the age of rice plants using digital cameras is the VARI index. In addition, it was also found that the age of the Cibogo variety rice plant was proportional to the VARI value until the age of the rice plant reached 78 HST. At the age of 1-78 HST, the VARI index value increased and then the VARI index value decreased until the age of the rice plant was ready to harvest. The graph pattern obtained based on the research data is parabolic with a parabolic function approach $y = -0.0002x^2 + 0.0292x - 0.8001$ with a coefficient of determination (R^2) of 96.8%.

Keywords: Vegetation index, rice plant age, parabolic, VARI

Pendahuluan

Padi (*Oryza sativa* L) merupakan salah satu makanan pokok di Indonesia. Beberapa negara di kawasan Asia juga menggunakan padi sebagai makanan pokok. Produksi padi di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 54.649.202,24 ton kemudian tahun 2021 sebesar 54.415.294,22 yang artinya mengalami penurunan sebesar 233.908,02 ton. Sementara itu, produksi padi pada tahun 2022 sebesar 54.748.977,00 ton artinya mengalami kenaikan sebesar 333.682,78 ton (Badan Pusat Statistik, 2023).

Salah satu penyebab produksi padi terjadi fluktuasi yaitu ketidaktepatan waktu dalam pemberian pupuk sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman padi kurang maksimal. Sistem pertanian yang ada saat ini hanya mengandalkan pengetahuan para petani dalam mengetahui usia tanaman padi dan masih belum ada teknologi tepat guna untuk mengetahui usia tanaman padi. Seiring perkembangan zaman, teknologi juga mengalami perkembangan yang pesat. Salah satunya yaitu *remote sensing*. *Remote sensing* merupakan suatu metode untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, area atau fenomena geografis benda di permukaan bumi tanpa harus kontak langsung dengan objek (Indarto, 2016). *Ground-based remote sensing* merupakan salah satu jenis *remote sensing* dan contoh teknologi yang ada didalamnya salah satunya yaitu kamera digital.

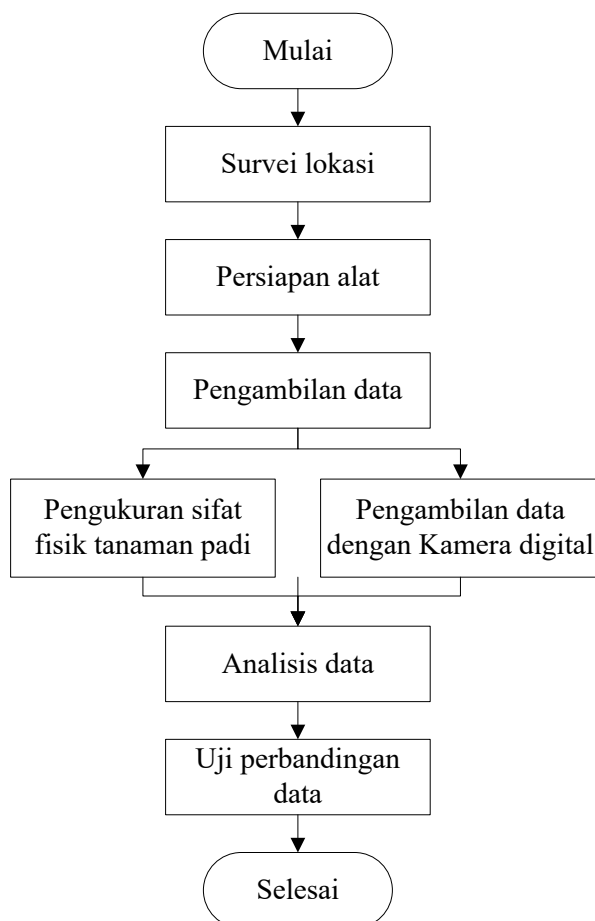
Usia tanaman padi dapat diduga dengan memanfaatkan nilai indeks vegetasi yang didapatkan dengan *remote sensing*. Indeks vegetasi yaitu transformasi spektral dari dua atau lebih pita yang dirancang untuk meningkatkan kontribusi sifat vegetasi (Huete et al., 2002). Indeks vegetasi didapatkan dari analisis warna RGB dari sebuah citra. Pada penelitian (Nasir et al., 2013) mendeteksi usia tanaman padi dengan salah satu indeks vegetasi yaitu NDVI yang didapatkan dari citra hasil rekaman kamera digital. Sementara itu, dalam riset (Cahyono et al., 2019) mengukur usia tanaman padi berdasarkan nilai indeks vegetasi NDVI menggunakan citra Landsat 8.

Beberapa penelitian sebelumnya dalam mengukur usia tanaman padi hanya berfokus terhadap satu indeks vegetasi saja yaitu NDVI. Tidak ada penelitian yang berfokus pada pemanfaatan berbagai indeks vegetasi lainnya selain NDVI. Beberapa contoh indeks vegetasi yang diduga dapat digunakan untuk mengukur usia tanaman padi misalnya indeks vegetasi NDVIgreen, SAVIgreen, NDI, GMR, SR, Hue dan VARI.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu penelitian yang dapat menganalisis usia tanaman padi secara tepat dengan menganalisis sejumlah indeks vegetasi yang ada. Oleh karena itu, pemanfaatan kamera digital yang tergolong dalam *ground-based remote sensing* merupakan salah satu metode alternatif yang dapat digunakan dalam menganalisis usia tanaman padi menggunakan berbagai indeks vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model indeks vegetasi yang paling efektif dalam menganalisis usia tanaman padi menggunakan *ground-based remote sensing*.

Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai Mei 2022. Pengambilan data dilaksanakan pada Desember 2021 sampai Maret 2022 dan analisis data dilaksanakan pada Maret 2022 sampai April 2022. Tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian seperti dalam Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Observasi

Observasi lapang dilaksanakan pada bulan Desember 2021 untuk mengetahui lahan persawahan yang akan digunakan untuk penelitian analisis usia tanaman padi dan pada saat observasi, usia tanaman padi yang digunakan yaitu 25 HST (Hari Setelah Tanam). Observasi dilaksanakan di wilayah persawahan milik petani di Desa Kebonsari Kecamatan Summersari Kabupaten Jember. Varietas padi yang digunakan yaitu varietas Cibogo yang ditanam oleh petani setempat dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm dan dalam praktik pertaniannya menggunakan pengelolaan pertanian konvensional (pengairan, penyiangan, pengendalian hama serta pemupukan). Luasan sawah yang digunakan pada penelitian ini mempunyai luas total sebesar 8.493,01 m² yang terbagi menjadi 10 petak sawah.

Persiapan Alat

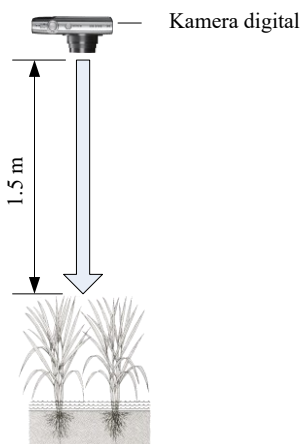
Alat yang digunakan yaitu kamera digital Canon IXUS 160, laptop, *software* ImageJ, *software* Microsoft Excel, XLSTAT, instrumen pembatas luas padi berbentuk persegi dengan

ukuran 1 x 1 meter dan penggaris. Bahan yang digunakan adalah hasil citra tanaman padi yang telah diambil di lahan.

Pengambilan Data

Pengambilan citra tanaman padi dilakukan pagi hari pukul 06.00 WIB pada 10 petak sawah dengan masing-masing petak sawah diambil lima sampel data, sehingga terdapat sebanyak 50 sampel citra tanaman padi untuk setiap pengambilan data untuk. Pengambilan data dilaksanakan selama delapan kali pengukuran yang dimulai pada 35-105 HST. Sehingga untuk seluruh total pengamatannya terdapat sebanyak 400 sampel citra tanaman padi. Data lainnya yang diukur yaitu sifat fisik tanaman padi meliputi tinggi tanaman padi dan lebar kanopi tanaman padi yang diukur menggunakan penggaris.

Kamera digital yang digunakan yaitu Canon Ixus 160 memiliki resolusi kamera sebesar 20 MP dengan sensor CCD (Charge-coupled device) (Canon Incorporation, 2014). Pengambilan data menggunakan kamera digital dilakukan dengan mengambil citra tanaman padi dengan jarak ketinggian 1,5 meter di atas tanaman padi yang telah ditentukan luasannya menggunakan pembatas berukuran 1 meter x 1 meter (Gambar 2). Jarak 1,5 meter digunakan agar kamera digital dapat merekam citra dengan ukuran yang sama dengan pembatas tersebut.



Gambar 2. Prosedur pengambilan citra tanaman padi menggunakan kamera digital

Analisis Data

Analisis uji statistik menggunakan analisis determinasi untuk mencari koefisien determinasi (R²) dan mengetahui tingkat kesesuaian hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dalam regresi linier. Rumus R² dapat dilihat dalam persamaan di bawah ini:

$$R^2 = \frac{\sum(O_i - \bar{O}) - (P_i - \bar{P})}{(\sum(O_i - \bar{O}) \times \sum(P_i - \bar{P}))} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan:

- O_i = data hasil pengamatan
- \bar{O} = rata-rata data hasil pengamatan
- P_i = data hasil perkiraan
- \bar{P} = rata-rata data hasil perkiraan

Varibel bebas pada penelitian ini yaitu data usia tanaman padi terukur sedangkan varibel terikatnya adalah indeks vegetasi. Data indeks vegetasi didapatkan dengan cara mengesktrak nilai warna RGB dari seluruh sampel citra tanaman padi yang telah didapatkan dalam setiap pengamatannya menggunakan *software* ImageJ. Selanjutnya dilakukan normalisasi warna menggunakan rumus normalisasi warna (r, g, b) (B. T. W. Putra & Soni, 2018) seperti di bawah ini.

$$r = \frac{R}{R+G+B} \dots\dots\dots (2)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \dots\dots\dots (3)$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \dots\dots\dots (4)$$

Kemudian dilakukan perhitungan nilai indeks vegetasinya. Adapun beberapa indeks vegetasi yang digunakan dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Beberapa indeks vegetasi yang digunakan

No	Indeks Vegetasi	Instrumen	Sumber
1	$NDVI = \frac{(g + b) - r}{(g + b) + r}$	Kamera	(B. T. W. Putra & Soni, 2018)
2	$NDVI_{green} = \frac{g - r}{g + r}$	Kamera	(Gitelson et al., 2002)
3	$SAVI_{green} = \frac{(1 + L) \times (g - r)}{(g + r) + L}$	Kamera	(Li et al., 2010)
4	$NDI = \frac{g - r}{g + r + 0.01}$	Kamera	(Mao et al., 2003)
5	$GMR = g - r$	Kamera	(Wang et al., 2013)
6	$SR = \frac{g}{r}$	Kamera	(Wang et al., 2013)
7	$Hue = 120 + \frac{60(B - R)}{[\max(R, G, B) - \min(R, G, B)]}$	Kamera	(Karcher & Richardson, 2003)
8	$VARI = \frac{g - r}{g + r - b}$	Kamera	(Gitelson et al., 2002)

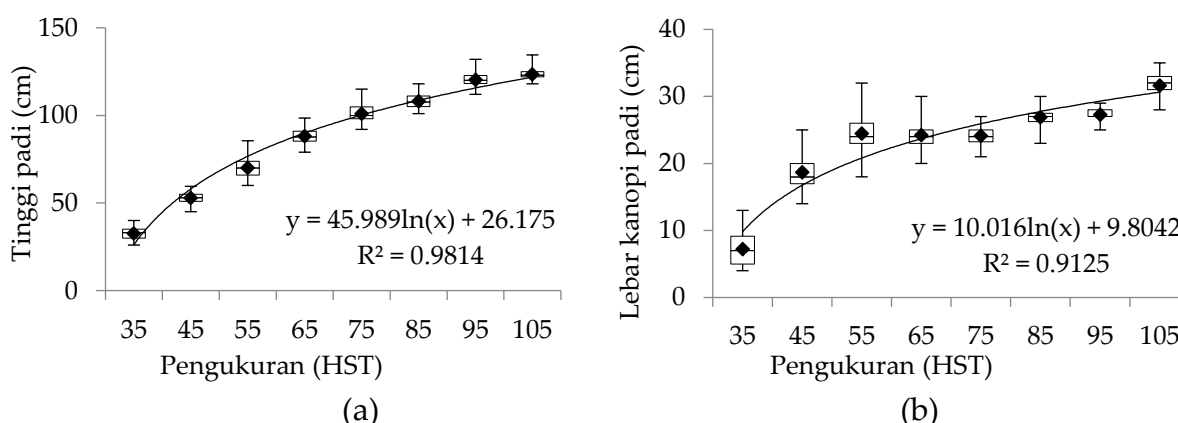
$L = faktor\ koreksi\ (0.5)$

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Pertumbuhan Padi

Padi yang digunakan yaitu Padi Varietas Cibogo. Padi ini ditanam dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm. Berdasarkan data yang telah dianalisis, didapatkan data hubungan antara tinggi padi dengan usia tanaman padi serta lebar kanopi padi dengan usia tanaman padi. Tinggi tanaman padi diukur dari pangkal bawah tanaman padi sampai pucuk daun paling tinggi. Lebar kanopi padi diukur pada kanopi tanaman padi. Hasil analisis tinggi tanaman

padi dan lebar kanopi padi sesuai dengan waktu pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Boxplot (a) tinggi tanaman padi dan (b) lebar kanopi tanaman padi

Berdasarkan Gambar 3 didapatkan bahwa tinggi tanaman padi dan lebar kanopi tanaman padi dengan usia tanaman padi mempunyai hubungan grafik yang berbentuk logaritmik dengan nilai koefisien determinasi berturut-turut sebesar 0,9814 dan 0,9125. Hal ini berarti padi mengalami pertumbuhan ketinggian dan lebar kanopi padi seiring bertambahnya umur tanaman padi dan akan mengalami fase pertumbuhan tinggi dan lebar kanopi padi yang mencapai maksimum. Hasil pengamatan yang didapatkan sejalan dengan riset (Nugraheni et al., 2019) dan (M. A. B. Putra & Graha, 2022) yang mengemukakan bahwa secara umum tanaman padi mempunyai pola pertumbuhan tanaman yang berbentuk logaritmik pada parameter tinggi tanaman dan lebar kanopi tanaman padi. Yang berarti pola pertumbuhan tinggi tanaman dan lebar kanopi tanaman padi pada awal proses pertumbuhan mengalami peningkatan hingga mencapai puncaknya pada usia tanaman tertentu.

Analisis Citra Padi

Nilai RGB didapatkan dengan mengekstrak citra padi menggunakan software ImageJ dari citra yang direkam menggunakan kamera digital. Gambar 4 merupakan contoh hasil citra padi menggunakan kamera digital pada umur ke-65 HST.



Gambar 4. Hasil citra tanaman padi menggunakan kamera digital

Tabel 2. Nilai rata-rata RGB citra tanaman padi

Pengukuran ke (HST)	R	G	B
35	112.672	111.288	96.960
45	100.550	112.828	80.783
55	94.050	133.987	78.504
65	88.610	134.598	77.125
75	81.638	127.467	67.503
85	84.553	123.375	76.736
95	83.636	117.919	57.217
105	90.657	114.305	65.683

Gambar 4 di atas merupakan hasil rekaman citra padi pada 65 HST (Hari Setelah Tanam). Kemudian dilakukan perhitungan nilai *Red*, *Green*, *Blue* (RGB) dari citra rekaman padi tersebut menggunakan *software* ImageJ (Tabel 2). Hasil analisis RGB tersebut kemudian dilakukan normalisasi warna menggunakan rumus normalisasi warna (r , g , b) agar menghilangkan pengaruh penerangan yang berbeda-beda. Sehingga nilai untuk setiap komponen warna dapat dibandingkan satu sama lain walaupun berasal dari citra dengan kondisi penerangan yang tidak sama (Ahmad, 2005). Hasil normalisasi warna tersebut (Tabel 3) kemudian digunakan untuk menghitung nilai sejumlah indeks vegetasi yang lainnya sesuai persamaan indeks vegetasi yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 3. Nilai normalisasi warna citra tanaman padi

Pengukuran ke (HST)	r	g	b
35	0.351	0.347	0.302
45	0.342	0.384	0.275
55	0.307	0.437	0.256
65	0.295	0.448	0.257
75	0.295	0.461	0.244
85	0.297	0.433	0.270
95	0.323	0.456	0.221
105	0.335	0.422	0.243

Indeks Vegetasi yang Efektif untuk Menganalisis Usia Padi

Normalisasi indeks warna yang telah dilakukan sebelumnya kemudian digunakan dalam perhitungan berbagai indeks vegetasi sebagaimana yang terdapat pada Tabel 1. Hasil perhitungan nilai indeks vegetasi yang berkaitan dengan usia tanaman padi terdapat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil perhitungan nilai indeks vegetasi yang berkaitan dengan usia tanaman padi

Pengukuran ke (HST)	NDVI	NDVIgreen	SAVIgreen	NDI	GMR	SR	Hue	VARI
35	0.298	-0.006	-0.005	-0.006	-0.004	0.988	60.000	-0.011
45	0.316	0.058	0.051	0.057	0.042	1.122	82.989	0.093
55	0.386	0.175	0.157	0.173	0.130	1.425	103.189	0.267
65	0.410	0.206	0.185	0.203	0.153	1.519	108.010	0.315
75	0.410	0.219	0.198	0.216	0.166	1.561	105.857	0.324
85	0.406	0.187	0.166	0.184	0.136	1.459	109.943	0.296
95	0.354	0.170	0.155	0.168	0.132	1.410	93.886	0.238
105	0.330	0.115	0.104	0.114	0.087	1.261	89.182	0.170

Setelah diperoleh sejumlah nilai indeks vegetasi untuk setiap pengukurannya maka selanjutnya dilakukan analisis determinasi untuk mencari koefisien determinasi menggunakan Persamaan 1. Hasil dari analisis determinasi antara usia padi dengan beberapa indeks vegetasi dapat dilihat pada Tabel 5. Sedangkan pada Gambar 5 adalah grafik hubungan usia padi dengan indeks vegetasi yang memiliki nilai koefisien determinasi paling tinggi.

Tabel 5. Hasil analisis determinasi usia padi dengan indeks vegetasi kamera digital

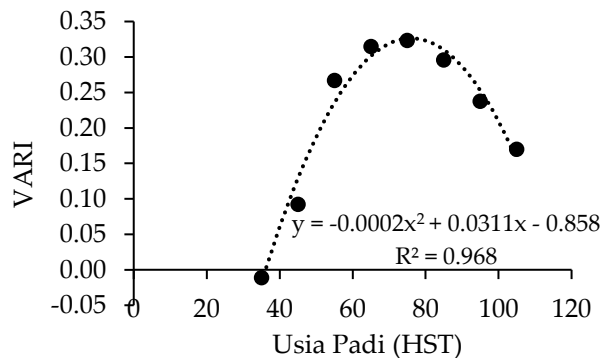
No	Indeks	R ²
1	NDVI	0.915
2	NDVIgreen	0.962
3	SAVIgreen	0.915
4	NDI	0.961
5	GMR	0.955
6	SR	0.953
7	Hue	0.947
8	VARI	0.968

Keterangan : R², koefisien determinasi; hubungan sangat kuat (≥ 0.70); hubungan yang kuat (0.40-0.69); hubungan sedang (0.30-0.39); hubungan lemah (0.20-0.29); hubungan sangat lemah (0,01-0,19); tidak ada hubungan (=0) (Alvar-Beltrán et al., 2021)

Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa seluruh indeks vegetasi (NDVI, NDVIgreen, SAVIgreen, NDI, GMR, SR, Hue dan VARI) yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai korelasi yang mendekati 1. Hasil tersebut berarti sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menduga dan menganalisis usia tanaman padi dengan menggunakan indeks vegetasi NDVI yang diperoleh dengan mengekstrak nilai spektral band inframerah dengan band merah pada hasil rekaman citra satelit (Cahyono et al., 2019) dan pada hasil rekaman kamera digital (Nasir et al., 2013). Namun secara umum, indeks vegetasi VARI memiliki nilai yang paling mendekati 1 daripada indeks vegetasi yang lainnya.

Pada penelitian (Nasir et al., 2013) dan (Cahyono et al., 2019) hanya menggunakan satu indeks vegetasi saja yaitu NDVI sedangkan dalam penelitian ini menggunakan beberapa indeks vegetasi yaitu NDVI, NDVIgreen, SAVIgreen, NDI, GMR, SR, Hue dan VARI untuk membandingkan indeks vegetasi mana yang paling efektif guna menganalisis usia tanaman padi. Indeks VARI mengoreksi efek pada warna merah dan hijau yang serupa karena

keduanya berdekatan dalam spektrum. Meskipun hijau memiliki panjang gelombang yang lebih pendek, reflektansi hijau lebih tinggi, sehingga kedua efek tersebut saling membatalkan (Gitelson et al., 2002). Selain itu, indeks VARI merupakan indeks model tiga band yang memanfaatkan tiga spektrum warna dalam perhitungannya. Hal ini sesuai dengan literatur bahwa kinerja dalam aplikasi di bidang pertanian menggunakan *remote sensing* yang lebih baik dapat dicapai dengan menggunakan model tiga band (Zhang et al., 2017).



Gambar 5. Grafik hubungan usia tanaman padi dengan indeks VARI

Pada Gambar 5 dapat diketahui perubahan pola nilai indeks VARI berbentuk parabolik. Hal tersebut sesuai dengan penelitian dari (Cahyono et al., 2019) yang menghasikan kurva berbentuk parabolik menggunakan indeks NDVI untuk menganalisis usia tanaman padi. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada awal tanam nilai indeks vegetasi tanaman padi akan rendah. Hal tersebut karena didominasi oleh kenampakan tanah ataupun air yang menggenang. Kemudian nilai indeks VARI akan semakin tinggi seiring dengan bertambahnya usia tanaman padi. Selanjutnya mencapai nilai maksimum pada usia tertentu, kemudian nilai indeks VARI akan mengalami penurunan selama fase pengisian bulir padi maupun pematangan bulir padi sampai menjelang panen.

Indeks VARI (*Visible Atmospherically Resistant Index*) pada awalnya digunakan untuk memperkirakan fraksi vegetasi dengan sensitivitas minimal terhadap efek atmosfer (Lussem et al., 2018; McKinnon, 2017). Penambahan data *blue-band* dalam persamaan indeks VARI adalah untuk meminimalisir efek atmosfer (Eng et al., 2019). Metode tersebut dapat mendeteksi perubahan akibat akumulasi biomassa dan sensitif terhadap jumlah klorofil pada daun. Hasil penelitian dari (Dimiyati et al., 2023) menyatakan bahwa pola distribusi spasial dari nilai indeks VARI di lahan padi sangat mirip dengan NDVI, dan sangat berkorelasi pada setiap tahap pertumbuhan. Sehingga secara signifikan, indeks VARI berbasis RGB dan juga NDVI dapat digunakan untuk pemantauan fase pertumbuhan tanaman padi.

Berdasarkan Gambar 5, bisa juga diperoleh pendekatan kurva parabolik dengan persamaan seperti berikut:

$$y = -0.0002x^2 + 0.0311x - 0.858 \quad \dots\dots\dots(5)$$

Persamaan tersebut memiliki nilai $R^2 = 96.8\%$. Puncak tertinggi nilai indeks VARI bisa ditentukan melalui cara yaitu mencari turunan y terhadap x (dinotasikan dy/dx). Secara

matematisnya, turunan pertama suatu fungsi (dy/dx) menyatakan gradien garis singgung kurva pada titik tertentu. Nilai gradien garis singgung di titik puncak adalah nol atau dinyatakan dengan $dy/dx = 0$. Berdasarkan persamaan 5 tersebut didapatkan:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{d(-0.0002x^2 + 0.0311x - 0.858)}{dx} = -0.0004x + 0.0311$$

Dengan demikian di titik puncak dapat dituliskan $0.0004x = 0.0311$, sehingga didapatkan nilai $x = 77.75$ dan dibulatkan menjadi $x = 78$. Berdasarkan Gambar 5, nilai x menyatakan usia tanaman padi sehingga dapat dinyatakan bahwa nilai indeks VARI tertinggi dicapai pada saat tanaman padi berusia 78 HST (hari setelah tanam).

Simpulan

Berdasarkan dari penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan, bisa dilakukan penarikan kesimpulan bahwa indeks vegetasi yang efektif untuk menganalisis usia tanaman padi menggunakan kamera digital yaitu indeks VARI. Selain itu, diperoleh juga bahwa usia tanaman padi varietas Cibogo proporsional terhadap nilai VARI hingga usia tanaman padi mencapai 78 HST. Pada usia tanaman padi 1-78 HST nilai indeks VARI mengalami peningkatan dan kemudian nilai indeks VARI mengalami penurunan hingga usia tanaman padi siap panen. Pola grafik yang didapatkan berlandaskan data hasil penelitian yakni parabolik dengan pendekatan fungsi parabolik $y = -0.0002x^2 + 0.0311x - 0.858$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 96.8%.

Daftar Pustaka

- Ahmad, U. (2005). *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Graha Ilmu.
- Alvar-Beltrán, J., Gobin, A., Orlandini, S., & Marta, A. D. (2021). AquaCrop parametrisation for quinoa in arid environments. *Italian Journal of Agronomy*, 16(1749). <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1749>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Provinsi 2020-2022*. <https://www.bps.go.id/indicator/53/1498/1/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-padi-menurut-provinsi.html>
- Cahyono, B. E., Nugroho, A. T., & Arifilla, A. (2019). Analisis Usia Tanaman Padi Berdasarkan Nilai NDVI Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Desa Rambigundam Kecamatan Rambipuji Jember). *Jurnal Teras Fisika*, 2(1), 9–13. <https://doi.org/10.20884/1.jtf.2019.2.1.1245>
- Canon Incorporation. (2014). *Manual Book Canon IXUS 160*. Canon Incorporation.
- Dimiyati, M., Supriatna, S., Nagasawa, R., Pamungkas, F. D., & Pramayuda, R. (2023). A Comparison of Several UAV-Based Multispectral Imageries in Monitoring Rice Paddy

- (A Case Study in Paddy Fields in Tottori Prefecture, Japan). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(36), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijgi12020036>
- Eng, L. S., Ismail, R., Hashim, W., & Baharum, A. (2019). The use of VARI, GLI, And VIgreen formulas in detecting vegetation in aerial images. *International Journal of Technology*, 10(7), 1385–1394. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i7.3275>
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R., & Rundquist, D. (2002). Novel Algorithms For Remote Estimation of Vegetation Fraction. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 76–87. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00289-9)
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 195–213.
- Indarto. (2016). *Pengindraan Jauh Metode Analisis dan Interpretasi Citra Satelit*. CV. ANDI OFFSET.
- Karcher, D. E., & Richardson, M. D. (2003). Turfgrass science. *Crop Science*, 43, 943–951.
- Li, Y., Chen, D., Walker, C. N., & Angus, J. F. (2010). Field Crops Research Estimating the nitrogen status of crops using a digital camera. *Field Crops Research*, 118(3), 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.05.011>
- Lussem, U., Bolten, A., Gnyp, M. L., Jasper, J., & Bareth, G. (2018). Evaluation of RGB-Based Vegetation Indices from UAV Imagery to Estimate Forage Yield in Grassland. *Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 2018*, 1215–1219.
- Mao, W., Wang, Y., & Wang, Y. (2003). Real-time Detection of Between-row Weeds Using Machine Vision. *ASAE Annual International Meeting*, 1–9.
- McKinnon, T. (2017). Comparing RGB-Based Vegetation Indices With NDVI For Drone Based Agricultural Sensing. *Environmental Science, Mathematics*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Comparing-RGB-Based-Vegetation-Indices-With-NDVI-McKinnon/5ec3ec2a92e61e49dbc6b33f9f0d170b313128f5>
- Nasir, M., Nazaruddin, Salahuddin, & Yusman. (2013). Deteksi Usia Tanaman Padi Berdasarkan Indeks Warna. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi (SNASTIKOM)*, 1–5.
- Nugraheni, F. T., Haryanti, S., & Prihastanti, E. (2019). Pengaruh Perbedaan Kedalaman Tanam dan Volume Air terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Benih Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 3(2), 223–232. <https://doi.org/10.14710/baf.3.2.2018.223-232>

-
- Putra, B. T. W., & Soni, P. (2018). Enhanced broadband greenness in assessing Chlorophyll a and b, Carotenoid, and Nitrogen in Robusta coffee plantations using a digital camera. *Precision Agriculture*, 19(2), 238–256. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9513-x>
- Putra, M. A. B., & Graha, I. M. S. (2022). Pemantauan Pertumbuhan Padi Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Jurnal Litbang Sukowati : Media Penelitian Dan Pengembangan*, 6(1), 43–53. <https://doi.org/10.32630/sukowati.v6i1.316>
- Wang, Y., Wang, D., Zhang, G., & Wang, J. (2013). Field Crops Research Estimating nitrogen status of rice using the image segmentation of G-R thresholding method. *Field Crops Research*, 149, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.04.007>