



PREDIKSI NITROGEN JARINGAN DAUN TANAMAN PADI DENGAN SPAD (SOIL - PLANT ANALYSIS DEVELOPMENT) DAN EVI (ENHANCED VEGETATION INDEX)

Putri Indah Puspita Sari¹, Bistok Hasiholan Simanjuntak²

^{1,2} Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. Diponegoro No.66, Kel. Salatiga, Kec. Sidorejo, Kota Salatiga, Jawa Tengah 50711
Email author: putriindahpuspitasari23@gmail.com¹, bhasiholans@gmail.com²

Article Info	
<p>Article History Received : 01 June 2024 Accepted : 01 June 2024 Online : 08 June 2024</p> <p>Kata Kunci: EVI; Nitrogen daun; SPAD;</p>	<p>Abstrak: Nitrogen merupakan unsur makro esensial tanaman. Tanaman padi merupakan tanaman pokok masyarakat Indonesia sehingga pemenuhan hara N menjadi penting untuk mengoptimalkan produktivitas. Tanaman menyerap N dalam bentuk NH_4^+ dan NO_3^-; namun untuk padi sawah dominan menyerap bentuk NH_4^+. Menilai status nitrogen dalam tanaman umumnya dilakukan di laboratorium, namun memerlukan banyak waktu, fasilitas laboratorium, dan mahal, sehingga status N daun dapat diprediksi dari warna hijau daun. Hal ini dikarenakan N sebagai salah satu unsur penyusun klorofil. Menilai tingkat kehijauan daun (indeks hijau daun) dapat dilakukan menggunakan SPAD dan citra satelit dari indeks EVI. Namun, pada tanaman padi belum diperoleh informasi detail tentang prediksi kandungan N daun berkorelasi erat dengan SPAD atau EVI. Tujuan penelitian ini menentukan tingkat korelasi serta persamaan regresi dari indeks SPAD atau EVI dengan kandungan N daun. Penelitian dilakukan di area sawah Desa Cukilan, Kabupaten Semarang dan Laboratorium Tanah FPB UKSW pada Mei – Juli 2023. Berdasarkan hasil analisis, SPAD dapat memprediksi nitrogen daun tanaman padi pada taraf kepercayaan 99% dengan R^2 33,4% ($n=35$) dan r 57,8% ($n=35$) tergolong sedang. Persamaan N daun = $0,0882$ SPAD - $0,6817$. Sementara itu, indeks EVI tidak terdapat keeratan korelasi dengan N daun sehingga belum dapat digunakan untuk memprediksi N daun padi</p>
<p>Keywords EVI; Leaf nitrogen; SPAD</p>	<p>Abstract: Nitrogen is an essential macro element for plants. Rice is a staple crop in Indonesian society, making the fulfillment of nitrogen nutrients important for optimizing productivity. Plants absorb nitrogen in the form of NH_4^+ and NO_3^-, with paddy predominantly absorbing NH_4^+. Assessing nitrogen status in plants is typically done in laboratories, but this process requires a lot of time, laboratory facilities, and is costly. Therefore, leaf nitrogen status can be predicted based on leaf greenness, as nitrogen is a component of chlorophyll. Evaluating leaf greenness levels (leaf greenness index) can be done using SPAD and satellite imagery from the EVI index. However, detailed information on predicting leaf nitrogen content correlated with SPAD or EVI has not been obtained for paddy. The aim of this study is to determine the correlation and regression equation between SPAD or EVI indices and leaf nitrogen content. The research was conducted in the paddy fields of Cukilan Village, Semarang Regency, and the Soil Laboratory of FPB UKSW from May to July 2023. Based on the analysis results, SPAD can predict rice plant leaf nitrogen at a 99% confidence level with an R^2 of 33.43% ($n=35$) and r of 57.8% ($n=35$), indicating a moderate correlation. The regression equation for leaf nitrogen is $N = 0,0882$ SPAD - $0,6817$. Meanwhile, the EVI index did not</p>

show a strong correlation with leaf nitrogen, making it unsuitable for predicting rice leaf nitrogen content.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. PENDAHULUAN

Nitrogen merupakan unsur makro esensial yang dibutuhkan dalam jumlah besar oleh tanaman. Peran unsur ini sangat vital dan tidak dapat digantikan oleh unsur lain (Hardjowigeno, 2010; Tewari et al., 2013), yaitu berperan dalam pembentukan protein dan enzim untuk metabolisme tanaman (Lakitan, 2015; Tando, 2019). Nitrogen juga merupakan komponen penyusun klorofil yang berperan dalam fotosintesis. Tanaman yang mengandung klorofil tinggi dapat memaksimalkan energi matahari untuk meningkatkan hasil (Patti, Kaya and Silahooy, 2013).

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pokok masyarakat Indonesia. Ketersediaan padi perlu dijaga untuk stabilitas ketahanan pangan nasional. Pemenuhan hara perlu dilakukan agar produktivitas padi optimal. Pada tanaman padi, nitrogen berperan untuk meningkatkan kuantitas maupun kualitas gabah, jumlah anakan, dan luas daun (Patti, Kaya and Silahooy, 2013; Tando, 2019). Namun, tidak semua bentuk nitrogen dapat dimanfaatkan oleh tanaman hanya ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) yang dapat diserap oleh tanaman (Munawar, 2011; Sugito, 2012; Harjadi, 2019). Tanaman padi yang dibudidayakan di sawah dominan menyerap N dalam bentuk NH_4^+ . Menilai status nitrogen dalam tanaman akan membantu mengevaluasi kecukupan nitrogen dalam tanaman.

Menilai status nitrogen dalam tanaman umumnya dilakukan dengan analisis N dalam jaringan daun tanaman. Analisis nitrogen jaringan daun umumnya dilakukan di laboratorium dan memerlukan banyak waktu, fasilitas laboratorium, dan mahal (Burton, Jayachandran and Bhansali, 2020; FAO, 2020). Oleh karena itu, banyak pelaku pertanian atau petani yang jarang melakukan penilaian status nitrogen dalam jaringan daun sehingga rekomendasi pemupukan nitrogen sering tidak sesuai kebutuhan tanaman. Nitrogen sebagai salah satu unsur penyusun klorofil, maka kecukupan nitrogen dalam daun akan nampak pada tingkat kehijauan daun (indek hijau daun).

SPAD (*Soil - Plant Analysis Development*) adalah salah satu alat untuk mengukur kehijauan daun (index hijau daun). SPAD memanfaatkan kehijauan daun, warna daun yang gelap mengindikasikan nitrogen daun dan klorofil yang tinggi (Hou et al., 2020). SPAD merupakan alat yang efisien, sederhana, kecil, ringan, portabel, dan cepat dalam membaca indeks hijau daun. Indeks hijau daun dari SPAD memiliki korelasi dengan nitrogen jaringan daun sehingga dapat digunakan untuk memantau kandungan nitrogen dengan cepat (Tewari et al., 2013; Hakim, 2020; Singh et al., 2020). Pengukuran hijau daun dengan SPAD dilakukan pada individu daun tanaman (Perry and Davenport, 2007) dan di beberapa tempat SPAD tidak berkelanjutan (Hidayah, Santosa and Putri, 2019) karena pengukuran dilakukan dilahan dan jika lahan terlalu luas maka penggunaan SPAD menjadi tidak efisien.

Menilai tingkat kehijauan daun, saat ini juga dapat dilakukan dengan citra satelit melalui metode penentuan indeks vegetasi. Penggunaan citra satelit dalam menilai tingkat kehijauan daun dapat dilakukan pada lahan luas, namun sering terkendala oleh faktor cuaca. Indeks vegetasi yang dihasilkan dari analisis menggunakan citra satelit merupakan pengukuran kehijauan daun atas dasar panjang gelombang cahaya 400 nm – 800 nm. Klorofil akan menyerap gelombang cahaya 400 – 700 nm. Semakin banyak

pantulan inframerah dekat maka indeks vegetasi semakin tinggi, dan jika semakin tinggi indeks vegetasi maka kehijauan daun semakin tinggi (Lufilah, Makalew and Sulistyantara, 2017; Maulidiyah, Cahyono and Nugroho, 2019). EVI (*Enhanced Vegetation Index*) merupakan metode penentuan indeks vegetasi dari citra satelit yang dapat mengurangi pengaruh atmosfer dan pantulan latar belakang. Atas dasar tingkat kehijauan daun maka EVI dapat digunakan untuk prediksi fase pertumbuhan padi (Aji, Prasetyo and Hani'ah, 2017) dan klasifikasi area vegetasi dan non vegetasi (Rahmawati and Apriyanti, 2022). EVI juga memberikan hasil yang terbaik untuk mengestimasi konsentrasi nitrogen daun (LNC) tanaman gandum (Kokhan and Vostokov, 2020). Namun hingga saat ini untuk tanaman padi belum diperoleh informasi detail mengenai estimasi konsentrasi N daun dengan indeks EVI. Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian dengan tujuan menentukan tingkat korelasi serta persamaan regresi dari indeks SPAD atau EVI dengan kandungan nitrogen jaringan daun tanaman padi.

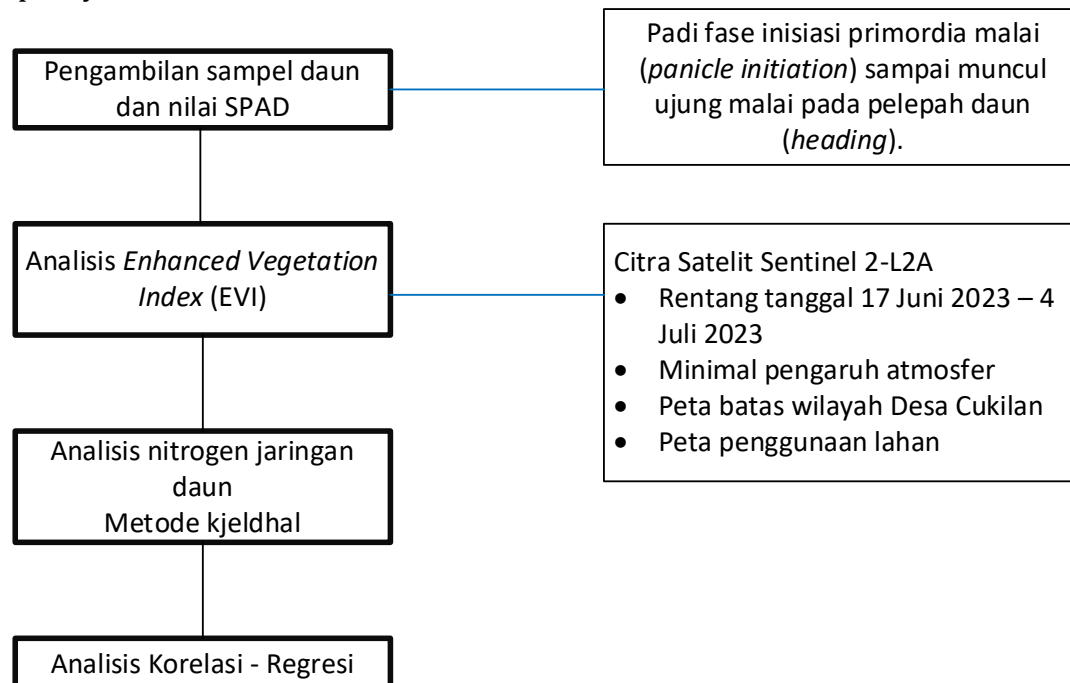
B. METODE PELAKSANAAN

Penelitian dilakukan di area persawahan Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang koordinat tempat 7,3242 garis lintang dan 110,5842 garis bujur serta Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian dan Bisnis UKSW pada bulan Mei – Juli 2023.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), alat uji metode kjeldhal, ArcGIS 10.8, alat tulis, Microsoft office, dan hardware berupa laptop. Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu bahan kimia untuk analisis nitrogen jaringan tanaman, citra satelit Sentinel 2-L2A, peta batas wilayah, dan peta penggunaan lahan Desa Cukilan.

1. Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan tiga tahapan, yaitu:



2. Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada daerah dengan fase tumbuh padi sekitar 8 – 13 minggu atau ditandai dengan fase inisiasi primordia malai (*panicle initiation*) sampai muncul ujung malai pada pelepah daun (*heading*). Pada fase ini, padi memerlukan nutrisi yang cukup untuk pembentukan malai (Hidayah, Santosa and Putri, 2019). Selama masa

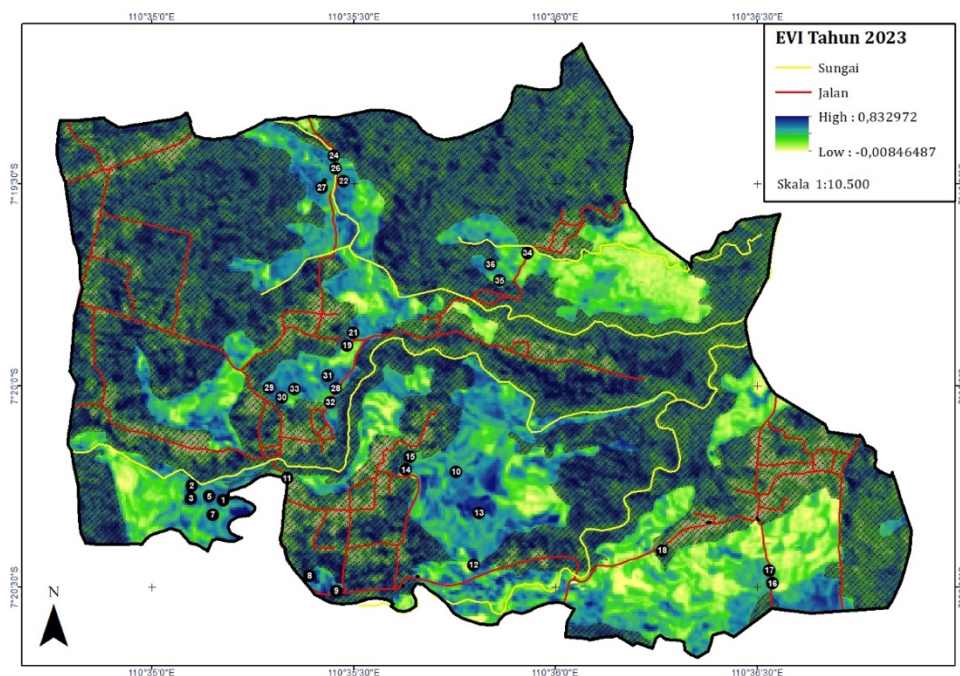
pra-malai dan deferensiasi adalah masa terbaik untuk melihat kadar nitrogen yang terserap (Wood, Reeves and Himelrick, 1993). Sebanyak 36 titik sampel diambil dari 6 dusun yang ada di wilayah Desa Cukilan secara bertahap menyesuaikan fase padi. Sampel yang diambil merupakan daun padi dan nilai SPAD dari empat daun teratas dari seluruh anakan dan tanaman induk, menghadap atas, serta tidak tertutup daun lain. Kemudian, diambil nilai SPAD-nya dengan menghitung rerata daun – daun tersebut. Pengukuran dengan SPAD dilakukan dengan menjepit daun dan menghindari tulang daun. Pengambilan nilai SPAD bersamaan dengan pengambilan sampel daun untuk metode kjeldhal (Tewari *et al.*, 2013; Zakiyah, Manurung and Wulandari, 2018; Hidayah, Santosa and Putri, 2019).

3. Analisis Indeks Vegetasi

Pengunduhan citra satelit dilakukan pada tanggal 22 Juni 2023 karena sentinel 2-L2A berotasi 5 hari sekali. Citra satelit sentinel 2 level 2A digunakan karena sudah terkoreksi geometrik dan radiometrik BOA (*Bottom of Atmosphere*) sehingga tidak diperlukan koreksi lagi (Julianto, Putri and Safi'i, 2020). Dipilih citra dengan minimum pengaruh awan dan berada pada waktu pengambilan sampel lapangan 17 Juni 2023 – 4 Juli 2023. Kemudian, dilakukan analisis EVI dengan formula, sebagai berikut:

$$EVI = 2,5 \times \frac{(NIR-Red)}{(NIR+ 6 Red- 7,5 Blue+1)} \text{ atau } EVI = 2,5 \times \frac{(Band 8 - Band 4)}{(Band 8+ 6 Band 4- 7,5 Band 2+1)}$$

Kemudian, mencatat *digital number* pada masing – masing titik sampel.



Gambar 1. Tingkat kehijauan EVI di Area Sawah Desa Cukilan Tahun 2023

4. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan untuk menguji nitrogen jaringan daun tanaman dengan metode kjeldhal.

5. Analisis Korelasi - Regresi

Data indeks vegetasi dari SPAD, EVI, dan nitrogen jaringan daun dianalisis menggunakan uji korelasi apabila data berkorelasi (nilai signifikansi $< 0,01$ ($\alpha = 1\%$) dan nilai r tabel $> 0,4296$), maka dilanjutkan dengan uji regresi menggunakan SPSS. Namun, sebelum dilakukan uji korelasi dilakukan uji normalitas, dari 36 data hanya ada 35 data normal. Variabel bebas (x) merupakan nilai SPAD dan EVI, sementara variabel terikat (y) nitrogen jaringan daun. Setelah didapatkan hasil korelasi – regresi kemudian dilakukan interpretasi data. Sugiyono (2017) dalam (Indrawan and Kaniawati Dewi, 2020) koefisien korelasi dikelompokkan sebagai berikut:

Tabel 1. Tingkat Hubungan Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Keeratan Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kandungan Nitrogen Daun, SPAD dan Indeks EVI

Berdasarkan pengukuran di lapangan dan laboratorium menunjukkan rata-rata kandungan N daun padi 2,698% dengan rata-rata indeks SPAD daun padi 38,326 dan rata-rata indeks EVI 0,513. Menurut Polthanee, Promkhambut and Kaewrahan, (2011) bahwa batas kecukupan N padi berada pada kisaran 2.6 - 3.2%, jika didasarkan pada harkat kecukupan N daun padi tersebut secara rata-rata padi sawah di wilayah kajian menunjukkan N daun berada pada kondisi yang rendah.

Tabel 2. Rataan N daun, SPAD dan indeks EVI pada Daun Padi

Variabel	Rataan	Nilai Tertinggi	Nilai terendah	Standar deviasi (\pm)
N daun (%)	2,698	3,925	2,102	0,559
SPAD	38,326	44,80	32,50	3,664
Index EVI	0,513	0,312	0,677	0,082

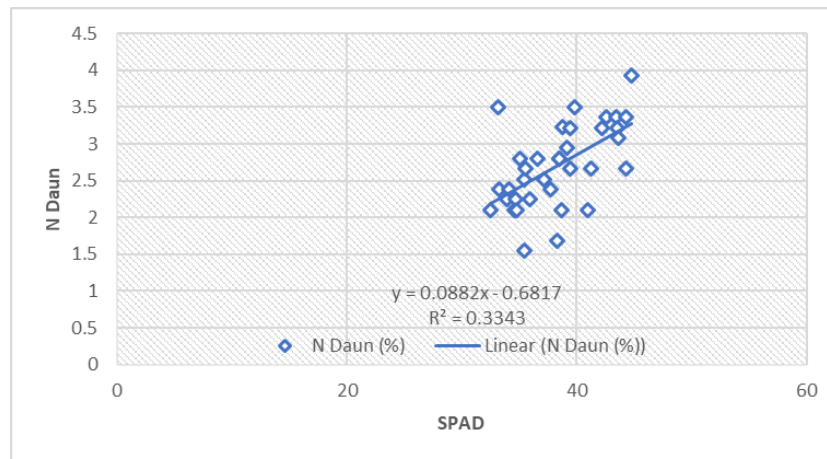
2. Korelasi dan Regresi SPAD - Nitrogen Daun

Uji korelasi dilakukan dengan menilai hubungan antara SPAD dengan nitrogen daun. Parameter dinyatakan berkorelasi apabila nilai signifikansi $< 0,01$ ($\alpha = 1\%$) dan nilai r tabel $> 0,4296$. Korelasi dinyatakan searah apabila nilai r positif, sebaliknya korelasi dinyatakan berlawanan arah apabila nilai r negatif.

Correlations			
		SPAD	Nitrogen Daun
SPAD	Pearson Correlation	1	.578**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	35	35
Nitrogen Daun	Pearson Correlation	.578**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	35	35

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Berdasarkan uji korelasi di atas, nitrogen daun berkorelasi positif dengan SPAD pada taraf kepercayaan 99% dinyatakan nilai r (0,578) > r tabel (0,4296) dan nilai signifikansi $0,000 < 0,01$. Koefisien korelasi 0,578 (57,8%) hubungannya tergolong sedang. Karena nilai r positif, maka hubungannya searah sehingga peningkatan nitrogen daun akan menyebabkan peningkatan nilai SPAD. Selanjutnya, dilakukan uji regresi pada parameter nitrogen daun dengan SPAD. Uji regresi dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh SPAD terhadap nitrogen daun.



Gambar 3. Bentuk Persamaan regresi linier dan persamaannya antara SPAD dan N daun

Berdasarkan uji regresi linier diketahui SPAD berpengaruh terhadap nitrogen daun karena nilai t hitung (4,071) > t tabel (2,733) dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 33,43% pada taraf kepercayaan 99%. Persamaan nitrogen jaringan = 0,0882 SPAD - 0,6817.

Berdasarkan analisis korelasi - regresi, terdapat pengaruh antara SPAD terhadap nitrogen daun. Sejalan dengan penelitian Farid Hanafiyanto and Wahono (2021) menyebutkan adanya pengaruh nitrogen daun terhadap nilai SPAD. Tewari et al. (2013) juga menunjukkan kesimpulan yang serupa yaitu nitrogen daun berkorelasi dengan nilai SPAD. Diketahui hubungan antarkeduanya positif hal ini berarti apabila nitrogen jaringan meningkat, maka nilai SPAD juga akan meningkat. Besarnya kandungan nitrogen daun linier dengan besarnya indeks SPAD (Du et al., 2009). Nitrogen merupakan unsur penyusun klorofil sehingga peningkatan nitrogen menyebabkan peningkatan kehijauan daun. Oleh karena itu, Kandungan N dalam jaringan tanaman dapat ditentukan dengan kehijauan daun - klorofil (Wang, Dunn and Arnall, 2012; Wu et al., 2015).

Meskipun demikian, penelitian ini menggambarkan korelasi tingkat sedang. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 33,4% artinya SPAD dapat menjelaskan nitrogen jaringan daun sebesar 33,4%, sedangkan sisanya 66,6% tidak dapat dijelaskan oleh SPAD atau dijelaskan variabel lain di luar parameter penelitian. Menurut Hakim (2020) beberapa klorofil varietas padi tidak sensitif terhadap perubahan ketersediaan hara sehingga tidak dapat merepresentasikan kondisi tanaman, umumnya pada varietas-varietas unggul. Mutasi genetik secara langsung maupun tidak langsung berdampak pada metabolisme klorofil (Li et al., 2022). Pada lahan penelitian terdapat berbagai macam varietas padi yang ditanam sehingga data kurang dapat menggambarkan wilayah yang homogen.

3. Korelasi dan Regresi Indek EVI - Nitrogen Daun

Correlations			
		EVI_2023	Nitrogen Daun
EVI_2023	Pearson Correlation	1	.098
	Sig. (2-tailed)		.577
	N	35	35
Nitrogen Daun	Pearson Correlation	.098	1
	Sig. (2-tailed)	.577	
	N	35	35

Berdasarkan uji korelasi di atas, nitrogen daun tidak berkorelasi dengan EVI dinyatakan nilai r (0,098) < r tabel (0,4296) dan nilai signifikansi $0,577 > 0,01$. Estimasi nitrogen dapat dilakukan dengan memanfaatkan sentinel dengan gelombang B7 (*red edge*), B2 (*blue*), B4 (*red*), dan B11 (SWIR) (Zhang *et al.*, 2023). EVI terbentuk dari formula band merah dan biru. Namun, peningkatan nitrogen daun tidak diikuti dengan peningkatan kehijauan daun yang tergambar dari indeks vegetasi EVI. Hal ini diduga B8 (NIR), B2 (*blue*), dan B4 (*red*) memiliki resolusi 10m artinya 1 pixel mewakili 100m² lahan sawah, sedangkan nitrogen daun hanya menggambarkan nilai nitrogen pada titik sampel. Selain itu, diduga karena kandungan N daun padi berada pada kisaran rata-rata yang rendah sehingga indeks EVI belum sensitif membaca perubahan warna hijau daun sehingga indeks EVI belum dapat digunakan untuk pendugaan kandungan N daun padi.

C. SIMPULAN DAN SARAN

SPAD dapat memprediksi nitrogen daun tanaman padi pada taraf kepercayaan 99% dengan koefisien determinasi (R^2) 33,43% dan koefisien korelasi (r) 57,8% hubungannya tergolong sedang. Keduanya memiliki korelasi yang positif yaitu peningkatan nitrogen daun dapat meningkatkan nilai SPAD. Persamaan nitrogen jaringan = 0,0882 SPAD - 0,6817. Sementara itu, EVI tidak dapat digunakan untuk memprediksi nitrogen daun tanaman padi.

Penelitian yang telah dilakukan tidak lepas dari keterbatasan peneliti. Oleh karena itu, diperlukan studi lebih lanjut untuk menyempurnakan penelitian dengan melakukan penelitian di musim penghujan dan kemarau dan menggunakan metode indeks lain untuk dapat memprediksi nitrogen jaringan daun tanaman padi.

DAFTAR RUJUKAN

- Aji, B.J.P.S., Prasetyo, Y. and Hani'ah (2017) 'Analisis Tingkat Produksi Padi dan Perhitungan Logistik Pangan Berdasarkan Metode EVI (Enhanced Vegetation Index) dan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Menggunakan Citra Sentinel-2 Tahun 2016', *Geodesi Undip*, 6(4), pp. 263-273.
- Burton, L., Jayachandran, K. and Bhansali, S. (2020) 'Review—The “Real-Time” Revolution for In situ Soil Nutrient Sensing', *Journal of The Electrochemical Society*, 167(3), p. 037569. doi:10.1149/1945-7111/ab6f5d.
- Du, Q. *et al.* (2009) 'Cd Toxicity and Accumulation in Rice Plants Vary with Soil Nitrogen Status and Their Genotypic Difference can be Partly Attributed to Nitrogen Uptake Capacity', *Rice Science*, 16(4), pp. 283-291. doi:10.1016/S1672-6308(08)60092-X.
- FAO (2020) *Soil testing methods - Global Soil Doctors Programme - A farmer to farmer training programme, Soil testing methods manual.*
- Hakim, Q.L. (2020) *Analisis Kandungan Hara N, P, Dan K Padi Sawah Tercekam Salinitas Menggunakan Uav Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian Malang 2020.* Universitas Brawijaya Malang.
- Hanafiyanto, F. and Wahono (2021) 'Perbandingan Akurasi Pengukuran Klorofil dan Kadar Nitrogen Antara SPAD dengan NDVI pada Tanaman Jagung (*Zea mays*)', *Jurnal Agro Indragiri*, 8(2), pp. 11-21. doi:10.32520/jai.v8i2.1747.
- Hardjowigeno, S. (2010) *Ilmu Tanah*. ketujuh. Jakarta: CV Akademika Pressindo.
- Harjadi, S.S. (2019) *Dasar - Dasar Agronomi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

- Hidayah, F., Santosa, S. and Putri, R.E. (2019) 'Model Prediksi Hasil Panen Berdasarkan Pengukuran Non-Destruktif Nilai Klorofil Tanaman Padi', *agriTECH*, 39(4), p. 289. doi:10.22146/agritech.34893.
- Hou, W. *et al.* (2020) 'Diagnosis of Nitrogen Nutrition in Rice Leaves Influenced by Potassium Levels', *Frontiers in Plant Science*, 11(February), pp. 1–13. doi:10.3389/fpls.2020.00165.
- Indrawan, B. and Kaniawati Dewi, R. (2020) 'Pengaruh Net Interest Margin (NIM) Terhadap Return on Asset (ROA) Pada PT Bank Pembangunan Daerah Jawa Barat Dan Banten Tbk Periode 2013-2017', *Jurnal E-Bis (Ekonomi-Bisnis)*, 4(1), pp. 78–87. doi:10.37339/e-bis.v4i1.239.
- Julianto, F.D., Putri, D.P.D. and Safi'i, H.H. (2020) 'Analisis Perubahan Vegetasi dengan Data Sentinel-2 Menggunakan Google Earth Engine', *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 02(02), pp. 13–18. Available at: <http://jurnal.mapin.or.id/index.php/jpji/article/view/29>.
- Kokhan, S. and Vostokov, A. (2020) 'Using vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics', *Journal of Ecological Engineering*, 21(4), pp. 120–127. doi:10.12911/22998993/119808.
- Lakitan, B. (2015) *Dasar - dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Li, W. *et al.* (2022) 'Research progresses on rice leaf color mutants', *Crop Design*, 1(2), p. 100015. doi:10.1016/j.cropl.2022.100015.
- Lufilah, S.N., Makalew, A.D. and Sulistyantara, B. (2017) 'Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Analisis Indeks Vegetasi Di Dki Jakarta', *Jurnal Lanskap Indonesia*, pp. 73–80. doi:10.29244/jli.2017.9.1.73-80.
- Maulidiyah, R., Cahyono, B.E. and Nugroho, A.T. (2019) 'Analisis Kesehatan Mangrove di Probolinggo Menggunakan Data Sentinel-2A', *Natural B : Journal of Health and Environmental Science*, 5(2), p. hal. 41-47.
- Munawar, A. (2011) *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor: IPB Press.
- Patti, P.S., Kaya, E. and Silahooy, C. (2013) 'Analisis Status Nitrogen Tanah Dalam Kaitannya Dengan Serapan N Oleh Tanaman Padi Sawah Di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat', *Agrologia*, 2(1), pp. 51–58. doi:10.30598/a.v2i1.278.
- Perry, E.M. and Davenport, J.R. (2007) 'Spectral and Spatial Differences in Response of Vegetation Indices to Nitrogen Treatments on Apple', *Computers and Electronics in Agriculture*, 59(1–2), pp. 56–65. doi:10.1016/j.compag.2007.05.002.
- Rahmawati, S.D. and Apriyanti, D. (2022) 'Klasifikasi Area Vegetasi dan Non Vegetasi pada Citra Sentinel-2 Menggunakan Metode EVI dengan Google Earth Engine (Studi Kasus: Kabupaten Klaten)', *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 3(1), pp. 1–13.
- Singh, S. *et al.* (2020) 'Evaluation of SPAD meter values for estimating rice nitrogen status', *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), pp. 01–05. doi:10.22271/chemi.2020.v8.i4a.9947.
- Sugito, Y. (2012) *Ekologi Tanaman Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Pertumbuhan Tanaman dan Beberapa Aspeknya*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Tando, E. (2019) 'Upaya Efisiensi dan Peningkatan Ketersediaan Nitrogen dalam Tanah serta Serapan Nitrogen pada Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.)', *Buana Sains*, 18(2), p. 171. doi:10.33366/bs.v18i2.1190.
- Tewari, V.K. *et al.* (2013) 'Estimation of plant nitrogen content using digital image processing', *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(2), pp. 78–86.
- Wang, Y.W., Dunn, B.L. and Arnall, D.B. (2012) 'Assessing Nitrogen Status in Potted Geranium Through Discriminant Analysis of Ground-based Spectral Reflectance Data', *HortScience*, 47(3), pp. 343–348. doi:10.21273/hortsci.47.3.343.
- Wood, C.W., Reeves, D.W. and Himelrick, D.G. (1993) 'Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: A review', *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*, 23, pp. 1–9. Available at: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=3291803579416522208&hl=en&oi=scholar#0>.
- Wu, C.W. *et al.* (2015) 'Using Chlorophyll Fluorescence and Vegetation Indices to Predict the Timing of Nitrogen Demand in *Pentas lanceolata*', *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 33(6), pp. 845–853. doi:10.7235/hort.2015.15043.
- Zakiyah, M., Manurung, F. and Wulandari, R.S. (2018) 'Kandungan Klorofil Daun Pada Empat Jenis Pohon Di Arboretum Sylva Indonesia PC. Universitas Tanjungpura (Leaf Chlorophyll Content In Four Tree Species at Arboretum Sylva Indonesia PC. Universitas Tanjungpura)', *Jurnal Hutan Lestari*, 6(1), pp. 48–55.
- Zhang, X. *et al.* (2023) 'Mapping the Forage Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Contents of Alpine Grasslands by Integrating Sentinel-2 and Tiangong-2 data', *Plant Methods*, 19(1), pp. 1–21. doi:10.1186/s13007-023-01024-y.