

Analisis Indeks Vegetasi Berbasis Drone untuk Menduga Kandungan Nitrogen pada Pertanaman Padi

(Drone-Based Vegetation Index Analysis to Estimated Nitrogen Content on The Rice Plantations)

Ahmad Fauzan Adzima^{1*}, Rismaneswati¹, Sartika Laban¹, Muh. Jayadi¹, Muhammad Fuad Anshori², Husnul Mubarak³, Eva Noviyanti¹, Nur Qalbi Zaesar Muharram², Andi Dharmawan Mallarangen¹

¹) Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

²) Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

³) Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

^{*}) email korespondensi: fauzanadzima@unhas.ac.id

ABSTRACT

Nitrogen (N) is one of the essential nutrients needed for the growth of rice plants. Therefore, N fertilizing must be applied efficiently to achieve optimal results. Various methods have been used to calculate the N content in rice plants, such as tissue analysis and the use of Soil Plant Analysis Development (SPAD) technology. This technology still has lack of time efficiency. Other technologies are needed to quickly support precise agricultural analysis, such as Unmanned Aerial Vehicles (UAV). This study aimed to analyze the N content of rice crop using the UAV-based vegetation index and to compare the measurement of N content accuracy between SPAD chlorophyll and rice plant vegetation index. This study used survey methods and laboratory tests based on several approaches, namely analysis of photosynthesis physiology, leaves tissue analysis, and vegetation index using UAV. Based on the research results, it was found that the Normalized Difference Vegetation Index value had a strong correlation with N content of leaves tissue and SPAD chlorophyll. While the results of the accuracy test, the results of chlorophyll with SPAD (CI A) have better accuracy than the NDVI vegetation index. The r value between CI A – N leaves and NDVI – N leaves did not show a significant difference. In addition, the correlation results show that N content of leaves ($r=0.83$), CI A ($r=0.88$), CI B ($r=0.81$), and CI TOT ($r=0.87$) have a very high correlation with NDVI. This shows a unidirectional relationship between variables so that the NDVI variable can be used as a consideration to determine chlorophyll in the plants studied.

Keywords: Rice Plantation, Nitrogen, Chlorophyll, NDVI.

ABSTRAK

Nitrogen (N) merupakan salah satu unsur hara esensial yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman padi. Oleh karena itu, pemupukan N harus diterapkan secara efisien untuk mencapai hasil yang optimal. Berbagai metode telah digunakan untuk menghitung kandungan N pada tanaman padi seperti analisis jaringan dan penggunaan teknologi *soil plant analysis development* (SPAD). Teknologi ini masih memiliki kekurangan, salah satunya adalah efisiensi waktu. Dibutuhkan teknologi pendukung lainnya untuk mendukung analisis pertanian secara presisi dengan cepat, seperti penggunaan *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV). Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis kandungan N pada tanaman padi menggunakan indeks vegetasi berbasis UAV dan menganalisis perbandingan akurasi pengukuran N antara klorofil SPAD dengan indeks vegetasi tanaman padi. Penelitian ini menggunakan metode survei dan uji laboratorium yang didasari atas beberapa pendekatan, yaitu analisis fisiologi fotosintesis, analisis jaringan daun, dan analisis indeks vegetasi menggunakan UAV.

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan nilai indeks vegetasi NDVI yang berkorelasi kuat dengan nilai jaringan N daun dan hasil pengukuran klorofil SPAD. Sedangkan hasil pengujian akurasi, hasil pengukuran klorofil dengan SPAD (CI A) memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan indeks vegetasi NDVI. Nilai r antara CI A – N daun dengan NDVI – N daun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selain itu, hasil korelasi menunjukkan variabel jaringan N Daun ($r=0,83$), CI A ($r=0,88$), CI B ($r=0,81$), dan CI TOT ($r=0,87$) memiliki hubungan korelasi yang sangat tinggi terhadap NDVI. Hal ini menunjukkan hubungan yang searah antara variabel sehingga variabel NDVI dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk mengetahui klorofil pada tanaman yang diteliti.

Kata Kunci: Petanaman Padi, Nitrogen, Klorofil, NDVI.

PENDAHULUAN

Nitrogen (N) merupakan salah satu unsur hara esensial yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman padi, dan karenanya pemberian N harus diterapkan secara efisien untuk mencapai hasil yang optimal (Goswami *et al.*, 2021). Kandungan N di tanaman padi diyakini mampu memberikan gambaran tentang status pertumbuhan seperti jumlah anakan (Patti S *et al.*, 2013) dan prediksi hasil gabah yang akan dipanen (Yang *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2019). Estimasi yang akurat dan dinamis dari nitrogen daun tanaman sangat penting untuk mengelola pemupukan nitrogen secara rasional (Xue *et al.*, 2003; Fitzgerald *et al.*, 2010)

Pemberian pupuk N pada tanaman padi sangat berdasar atas kandungan N yang dimilikinya. Kelebihan dan kekurangan N pada tanaman sangat baik diketahui untuk keperluan dosis dan wilayah yang perlu dipupuk. Pemupukan N yang rendah atau tinggi sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman secara signifikan. Kekurangan N berdampak kepada berkurangnya tutupan tajuk, biomassa, dan hasil, sementara pemberian N yang berlebihan berdampak buruk pada kesehatan tanah, manusia, dan lingkungan.

Berbagai metode telah digunakan untuk menghitung dan mengetahui jumlah kandungan N yang diserap oleh padi, seperti analisis jaringan daun menggunakan metode Kjeldahl dan Dumas (Muñoz-Huerta *et al.*, 2013), dan penggunaan teknologi *soil plant analysis development* (SPAD) (Lin *et al.*,

2010; Hu Yang *et al.*, 2014). Metode Kjeldahl dan Dumas adalah penduga N yang akurat dan tepat berdasarkan analisis laboratorium. Sementara teknologi SPAD merupakan alat yang mampu menghitung klorofil daun secara relatif.

Kedua metode tersebut masih memiliki kekurangan. Metode Kjeldahl dan Dumas membutuhkan waktu yang lama dan hasilnya ditentukan dari banyaknya jumlah sampel yang diamati. (Dumas, 1831; Kjeldahl, 1883; Muñoz-Huerta *et al.*, 2013). Sedangkan penggunaan SPAD mengharuskan petani mengelilingi lahan pertanian sehingga tidak efisien untuk lahan yang luas. Selain itu, pengujian sampel di laboratorium dan biaya perawatan alat membutuhkan biaya yang relatif besar (Muñoz-Huerta *et al.*, 2013).

Dibutuhkan teknologi pendukung lainnya untuk mendukung pertanian presisi saat ini. *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) atau lebih dikenal dengan drone hadir dalam menjawab tantangan dan permasalahan dibidang pertanian, khususnya dalam efisiensi waktu. UAV adalah salah satu alternatif dengan biaya rendah yang sangat efisien digunakan pada teknologi penginderaan jauh (Norasma *et al.*, 2019). Beberapa peneliti telah melaporkan alat dan metode penginderaan jauh yang lebih cepat dan akurat (Wan *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018) untuk memperkirakan kandungan N hasil analisis indeks vegetasi dari citra foto udara yang menggunakan kamera multispektral (Liu *et al.*, 2016; Guan *et al.*, 2019). Indeks vegetasi berdasarkan citra foto udara lebih banyak digunakan untuk

menganalisis tanaman seperti estimasi luas daun, analisis tajuk, nutrisi tanaman (status nitrogen), estimasi biomassa, hasil panen, dll. (Walsh *et al.*, 2018).

Tujuan penelitian ini yaitu Menganalisis kandungan N pada tanaman padi menggunakan indeks vegetasi berbasis UAV dan Menganalisis perbandingan akurasi pengukuran klorofil dan kadar N antara SPAD.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Apala, Kecamatan Barebbo, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SPAD, drone DJI phantom 4 multispektral, komputer, software ArcGIS 10.8.1, software

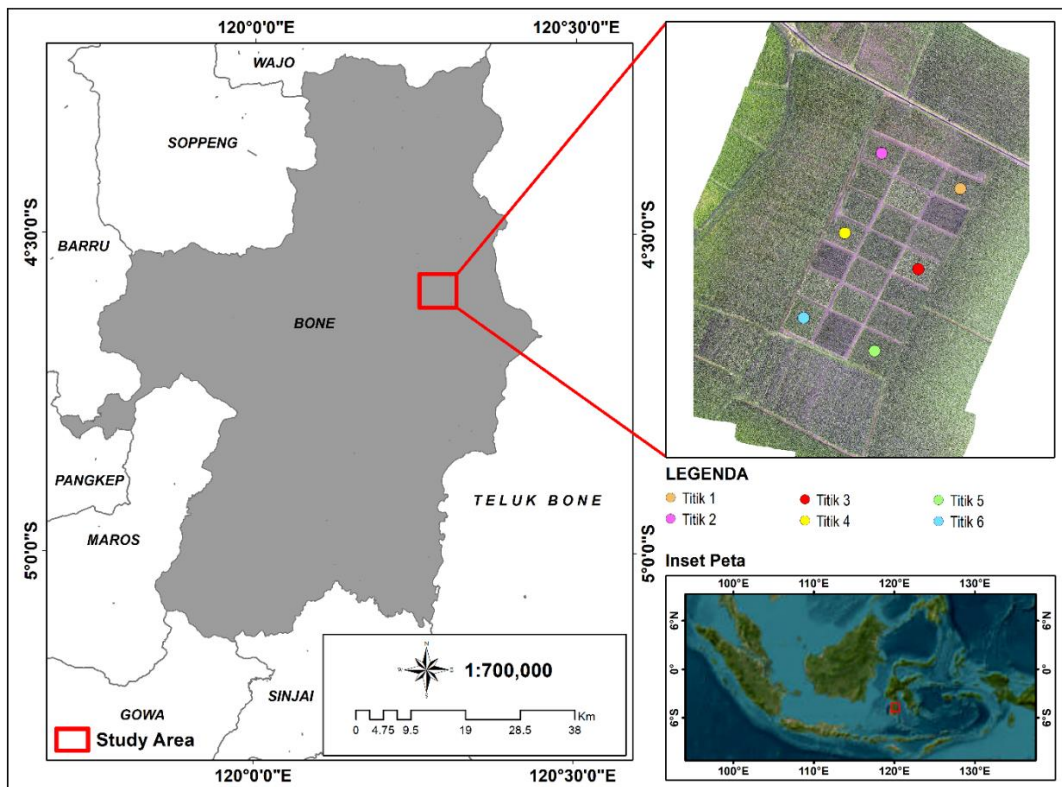
agisoft metashape, software minitab v.17, gunting, alat tulis, dan kamera

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra foto udara lokasi penelitian, daun padi, dan plastik sampel.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode survei dan uji laboratorium. Survei dimulai dengan memilih sawah yang memiliki kriteria yaitu tanaman padi berada pada fase vegetatif, berumur >14 HST, dan telah dilakukan pemupukan tahap pertama. Langkah selanjutnya yaitu menentukan 6 titik pengamatan indeks vegetasi NDVI, fisiologi fotosintesis, dan pengambilan sampel daun. Ketiga kegiatan ini dilaksanakan secara berurut untuk menghindari kesalahan olah data.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Pengamatan indeks vegetasi NDVI diawali dengan perekaman foto udara menggunakan *unmanned aerial vehicles* (UAV) drone. UAV drone yang digunakan dilengkapi dengan kamera multispektral, sehingga tangkapan citra menjadi lebih detail.

Perekaman data foto udara dilakukan pada saat tanaman padi berumur 18 HST. Data ini kemudian diolah menggunakan aplikasi agisoft metashape professional untuk memperoleh data Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Pengkelasan nilai

NDVI diadopsi dari Al-doski et al (2013) yang membagi kategori tingkat kerapatan tanaman menjadi 4 yaitu <0,20 digolongkan kedalam kelas tanpa tutupan vegetasi, 0,21 – 0,40 digolongkan kedalam vegetasi tingkat kerapatan rendah, 0,41 – 0,60 digolongkan kedalam kelas kerapatan sedang, dan 0,61 – 0,90 digolongkan kedalam kelas kerapatan tinggi. Nilai kerapatan ini juga sering digunakan untuk menilai tingkat kesehatan tanaman. Selain itu kerapatan tanaman berhubungan dengan jumlah anakan yang berdasar atas kandungan nitrogen yang diserap. Rumus indeks vegetasi untuk memperoleh data NDVI dapat dilihat pada rumus 1 (Rouse *et al.*, 1973; Yeom *et al.*, 2019).

$$(NIR - RED)/(NIR + RED).....(1)$$

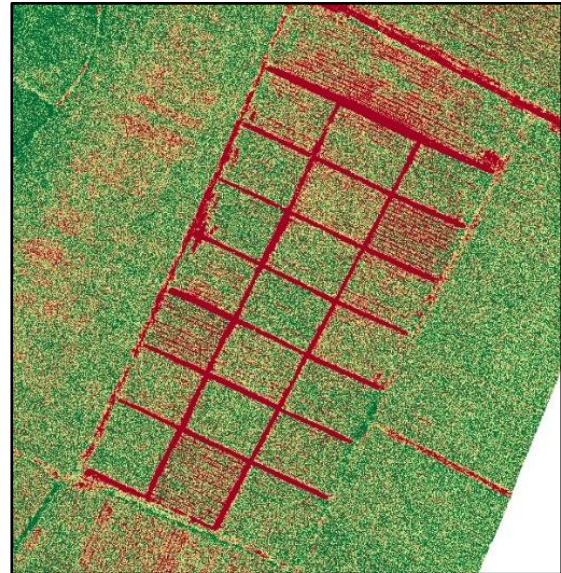
Pengamatan fisiologis fotosintesis atau klorofil daun dilakukan menggunakan SPAD. selain itu, daun yang diamati kemudian diambil sampelnya untuk uji jaringan N di laboratorium. Hasil pengamatan survei lapangan dan uji laboratorium selanjutnya dilakukan analisis regresi untuk melihat hubungannya. Analisis regresi dilakukan untuk melihat hubungan suatu variabel dengan lainnya. Kekuatan analisis regresi dapat ditunjukkan dengan koefisien determinasi dari persamaan yang didapatkan antara nilai SPAD dan nilai NDVI dengan nilai N daun hasil uji laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Indeks Vegetasi NDVI

Berdasarkan olah data citra foto udara (Gambar 2), diperoleh nilai NDVI yang berbeda tiap titik pengamatan. Kelas indeks vegetasi berkisar antara sedang hingga tinggi dengan nilai NDVI tertinggi ditemukan di T5 sedangkan NDVI terendah ditemukan di T3 (Tabel 1). Secara umum, nilai NDVI menunjukkan kondisi pertumbuhan tanaman padi yang baik. Nilai NDVI memberikan gambaran tentang perkembangan suatu tanaman, utamanya gejala klorosis daun. Beberapa peneliti sebelumnya seperti Mahlein

AK (2015) dan Messina G (2020) menjelaskan bahwa perubahan fisiologi tanaman seperti warna daun yang disebabkan oleh kondisi stres maupun kekurangan unsur hara bisa dideteksi menggunakan UAV berdasarkan perbedaan warna. Hal ini mengindikasikan bahwa NDVI dapat selaras dengan karakter warna daun.



Gambar 2. Indeks vegetasi NDVI lokasi penelitian

Tabel 1. Indeks Vegetasi Tanaman Padi

Titik	Nilai NDVI	Kelas
T1	0,581	Sedang
T2	0,602	Sedang
T3	0,433	Sedang
T4	0,512	Sedang
T5	0,611	Tinggi
T6	0,592	Sedang

Sumber: Data Primer yang telah diolah, 2022.

Analisis Klorofil SPAD dan N Daun

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh nilai pengukuran klorofil lapangan total atau indeks klorofil (CI) total tertinggi pada titik T5 (209,6 $\mu\text{mol}/\text{m}^{-2}$) dan terendah pada titik T3 (82,6 $\mu\text{mol}/\text{m}^{-2}$). kondisi ini sama dengan nilai CI A dan CI B yang juga menunjukkan nilai tertinggi dan terendah pada titik tersebut. Sedangkan hasil analisis jaringan N daun di laboratorium menunjukkan nilai serapan tertinggi ditemukan pada T5 dan terendah pada T3. Data pengukuran klorofil menggunakan SPAD dan hasil uji jaringan N daun di laboratorium memiliki tren data yang hampir mirip (Gambar 3). Hal ini dikarenakan Klorofil adalah salah satu faktor dominan untuk

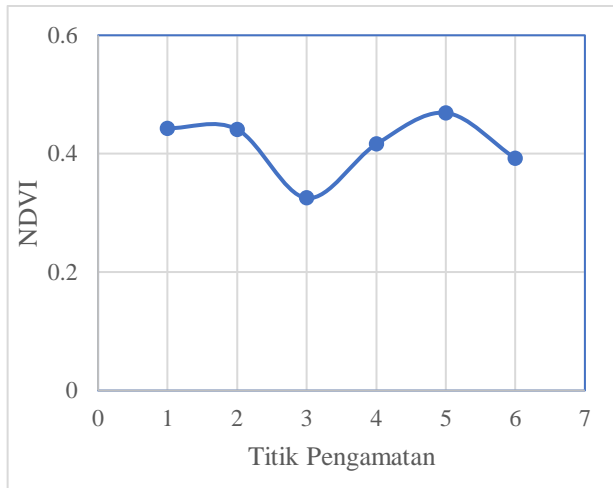
menentukan status N pada daun (Zakiyah dkk., 2018). sehingga data pengukuran SPAD diyakini memberikan informasi tentang kandungan nitrogen yang ada pada daun (Putri *et al.*, 2019).

Tabel 2. Klorofil Indeks dan N Daun

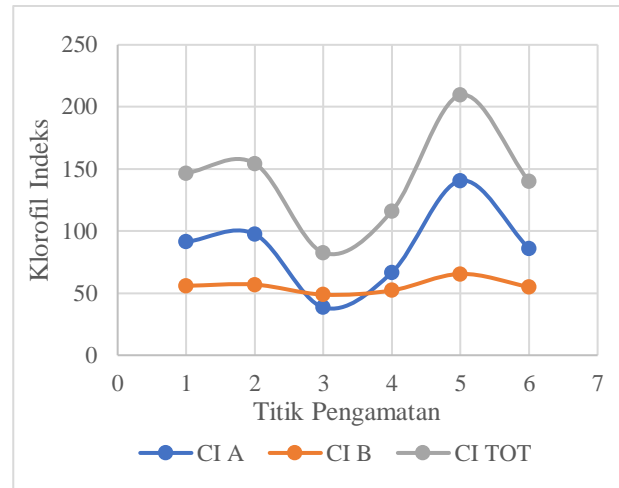
Titik	CI A	CI B	CI TOTAL	N Daun
-------	------	------	----------	--------

T1	91,0	55,9	146,7	0,443
T2	97,5	56,9	154,4	0,441
T3	38,5	48,8	82,6	0,325
T4	66,7	52,2	116,1	0,416
T5	140,6	65,5	209,6	0,469
T6	85,8	55,0	139,9	0,392

Keterangan: CI = Chlorofil index ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)



(a)



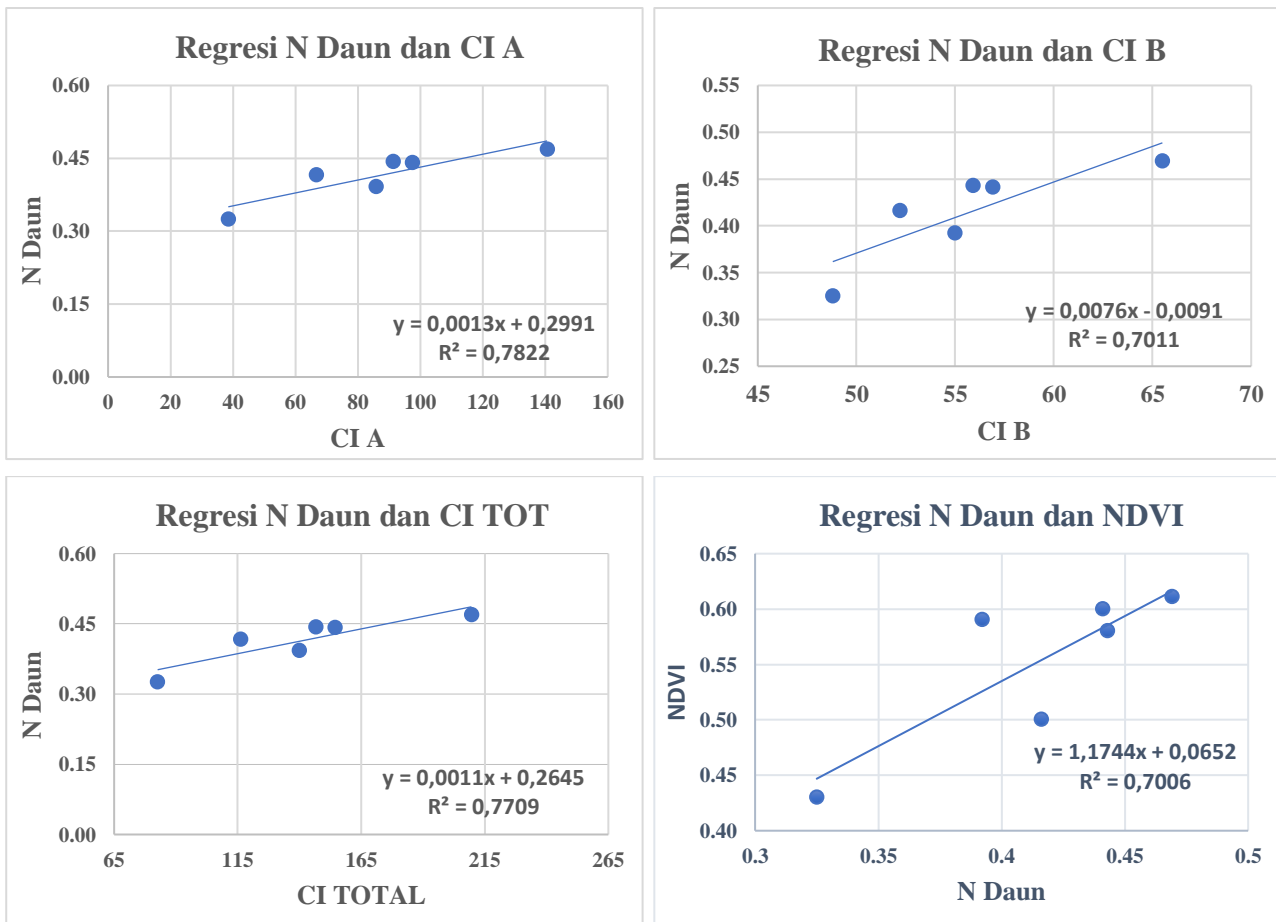
(b)

Gambar 3. (a) Grafik data analisis jaringan N daun; (b) Data pengukuran klorofil SPAD.

Uji Regresi NDVI dan Klorofil SPAD dengan N Daun

Uji regresi koefisien determinasi (R^2) merupakan metode yang dilakukan untuk menjelaskan seberapa jauh data dependen mampu dijelaskan oleh data independen. R^2 bernilai antara 0 sampai 1 dengan ketentuan semakin mendekati nilai 1 maka variabel yang di uji menunjukkan model regresi yang baik (Ghozali, 2016). Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 4, hasil uji R^2 menunjukkan bahwa baik pengukuran klorofil menggunakan SPAD, indeks vegetasi NDVI, dan data N daun

nemiliki koefisien determinasi yang baik. Uji R^2 dengan nilai tertinggi hingga terendah secara berurut ditemukan pada variabel CI A – N daun (0,782), CI TOT – N Daun (0,770). CI B – N daun (0,701) dan NDVI – N Daun (0,700). Nilai NDVI - Daun memiliki hasil uji R^2 yang paling rendah namun masih dalam kategori kuat. Hal ini menunjukkan bahwa semua variabel baik indeks vegetasi dan indeks klorofil dalam memprediksi N daun bisa digunakan.



Gambar 4. Hasil uji regresi antara indeks vegetasi NDVI, Indeks klorofil SPAD, dan N Daun.

Tabel 4. Hasil regresi data

Parameter	R ²
NDVI – N daun	0,701
CI A – N daun	0,782
CI B – N Daun	0,700
CI TOT- N daun	0,770

R²: Koefisien determinasi, r: Koefisien korelasi

Uji Korelasi NDVI dan Klorofil SPAD dengan N Daun

Korelasi adalah suatu metode untuk menentukan kedekatan hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Koefisien korelasi menunjukkan hubungan yang erat antara kedua variabel. Nilai koefisien mendekati +1 atau -1 ketika rasio tampak lebih dekat. Nilai korelasi yang mendekati +1 berarti peningkatan satu sifat diikuti oleh peningkatan sifat lainnya, dan nilai yang mendekati -1 berarti peningkatan satu sifat menurunkan sifat lainnya. Kriteria derajat keeratan didasarkan pada koefisien korelasi,

yaitu 0 berarti tidak ada korelasi antara dua variabel, 0 - 0,25 berarti korelasi sangat rendah, 0,25 - 0,5 berarti korelasi sedang, 0,5 - 0,75 berarti korelasi tinggi, 0,75 - 0,99 berarti korelasi sangat tinggi dan 1 berarti korelasi sempurna (As'ari, 2014).

Berdasarkan Tabel 4, hasil korelasi tertinggi ditemukan pada uji variabel indeks klorofil CI A dengan N daun ($r=0,884$), dan yang terendah pada uji variabel NDVI dengan N daun ($r=0,836$). Nilai r antara CI A – N daun dengan NDVI – N daun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selain itu, hasil korelasi, variabel jaringan N Daun ($r=0,83$), CI A ($r=0,88$), CI B ($r=0,81$), dan CI TOT ($r=0,87$) memiliki hubungan korelasi yang sangat tinggi terhadap NDVI. Hal ini menunjukkan hubungan yang searah antara variabel sehingga variabel NDVI dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk mengetahui klorofil pada tanaman yang diteliti.

Tabel 4. Korelasi antara N Daun, Klorofil SPAD, dan NDVI

	N Daun	CI A	CI B	CI TOT	NDVI
N daun	1				
CI A	0,884	1			
CI B	0,837	0,990	1		
CI TOT	0,878	0,999	0,993	1	
NDVI	0,836	0,882	0,815	0,874	1

Hubungan yang searah dan kuat ini juga bisa dilihat dari dasar penetapan nilai NDVI. Nilai NDVI didasari oleh tingkat kerapatan suatu vegetasi, seperti kerapatan tajuk. Pada kasus ini, kerapatan tanaman padi umur 18 HST digolongkan kedalam kelas sedang. Kerapatan tanaman secara umum memberikan pengaruh pada nilai indeks vegetasi. Tanaman dengan tingkat kerapatan tinggi maupun rendah mampu meningkatkan variasi pada pantulan spektral sehingga nilai indeks vegetasi yang dihasilkan juga berbeda (Purevdorj *et al.*, 1998; Latuamury *et al.*, 2012). Kerapatan suatu tanaman bergantung atas kandungan unsur hara yang diserap. Pada fase vegetatif, tanaman sangat membutuhkan unsur N. Jumlah unsur N yang diserap akan berpengaruh terhadap proses metabolisme tanaman untuk merangsang percepatan pertumbuhan. Hal ini dikarenakan unsur hara N mampu berperan dalam merangsang pertumbuhan jumlah anakan produktif (Endrizal dan Bobihoe, 2004; Lingga, 2007; Widiyawati, 2014; Asmuliani dkk., 2021).

Selain kerapatan, Nilai NDVI juga selaras dengan warna pada daun tanaman. Perbedaan warna daun mengindikasikan perbedaan nilai indeks vegetasi. Semakin hijau daun tanaman, maka klorofil yang dikandung sangat tinggi. NDVI berhubungan langsung dengan kapasitas fotosintesis tanaman, dan klorofil merupakan pigmen hijau pada daun yang terbentuk dari nitrogen dan berperan dalam fotosintesis (Faozi dan Wijonarko, 2010; Mukhlisin dan Soemarno, 2020).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan sebuah perbandingan akurasi yang tidak jauh berbeda antar variabel yaitu indeks vegetasi NDVI, indeks klorofil, dan N daun. Hal ini mendasari

pertimbangan drone vegetasi indeks seperti NDVI dapat digunakan sebagai salah satu metode dalam menduga nilai N pada fase pertumbuhan vegetatif. Selanjutnya perlu dilakukan penelitian lanjutan di beberapa lokasi pada 1 musim tanam untuk melihat kestabilan prediksi pendugaan unsur hara N.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Hasanuddin yang telah mendanai penelitian ini melalui skim Penelitian Dosen Pemula Unhas (PDPUP).

DAFTAR PUSTAKA

- Al-doski, J. (2013). NDVI Differencing and Post-classification to Detect Vegetation Changes in Halabja City, Iraq. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics*, 1(2) : 01–10. <https://doi.org/10.9790/0990-0120110>
- As'ari, A.R. (2014). Penggunaan Alat Peraga Manipulatif dalam Penanaman Konsep Matematika. *Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam dan Pengajaran*. 27(I):1-13
- Asmuliani, R., Darmawan, M., Sudiarta, I. M., Megasari. R. (2021). Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza Sativa L.*) Varietas Ponelo pada Berbagai Dosis Pupuk Nitrogen dan Jumlah Benih Per Lubang Tanam. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. 9(1): 10-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.30605/perbal.v9i1.1559>
- Behmann, J., Mahlein, A., Rumpf, T., Römer, C., & Plümer, L. (2014). A review of advanced machine learning methods for the detection of biotic stress

- in precision crop protection. *Precision Agriculture*, 16(3), 239-260. <https://doi.org/10.1007/s11119-014-9372-7>.
- Darmawan, I. G. (2020). Pemanfaatan drone Untuk Pemetaan Potensi Ekowisata Di Kecamatan Panca Jaya, Mesuji. *Sakai Sambayan Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 4(1). <https://doi.org/10.23960/jss.v4i1.200>.
- Endrizal, dan Bobihoe, J. (2004). Efisiensi Penggunaan Pupuk Nitrogen dengan Penggunaan Pupuk Organik pada Tanaman Padi Sawah. *Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 7 (2): 118-124.
- Faozi, K., & Wijonarko, B. R. (2010). Serapan Nitrogen Dan Beberapa Sifat Fisiologi Tanaman Padi Sawah Dari Berbagai Umur Pemindahan Bibit (Nitrogen Uptake and Several Physiological Characters of Lowland Rice From Various Age Seedlings). *Pembangunan Pedesaan*, 10(2): 93-101.
- Fitzgerald, G.J., Rodriguez, D. and O'Leary, G. (2010). Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field Crops Research*, 116 (3). pp. 318-324.
- Ghozali, I. (2016). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Goswami, S., Choudhary, S. S., Chatterjee, C., Mailapalli, D. R., Mishra, A., & Raghuvanshi, N. S. (2021). Estimation of nitrogen status and yield of rice crop using unmanned aerial vehicle equipped with multispectral camera. *Journal of Applied Remote Sensing*, 15(4), 042407.
- Guan, S., Fukami, K., Matsunaka, H., Okami, M., Tanaka, R., Nakano, H., Sakai, T., et al. (2019). Assessing Correlation of High-Resolution NDVI with Fertilizer Application Level and Yield of Rice and Wheat Crops using Small UAVs. *Remote Sensing*, 11(2), 112. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/rs11020112>
- J. B. A. Dumas. (1831). “*Procedes de l'analyse Organique*,” *Ann. Chim. Phys* 47: 198–205
- Latuamury, B., Gunawan, T., & Suprayogi, S. (2016). Pengaruh Kerapatan Vegetasi Penutup Lahan terhadap Karakteristik Resesi Hidrograf pada Beberapa Subdas di Propinsi Jawa Tengah Dan Propinsi DIY. *Majalah Geografi Indonesia*, 26(2), 98-118. doi:<https://doi.org/10.22146/mgi.13418>
- Lingga, P. (2007). *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Liu, Y., Cheng, T., Zhu, Y., Tian, Y., Cao, W., Yao, X., & Wang, N. (2016). Comparative analysis of vegetation indices, non-parametric and physical retrieval methods for monitoring nitrogen in wheat using UAV-based multispectral imagery. *2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. <https://doi.org/10.1109/igars.2016.7730920>.
- Mukhlisin, A., & Soemarno, S. (2020). Estimasi Kandungan Klorofil Tanaman Kopi Robusta (*Coffea canephora* Var. Robusta) Menggunakan normalized difference vegetation index (NDVI) di Bangelan, Wonosari, Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), 329-339. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.18>.
- Muñoz-Huerta, R., Guevara-Gonzalez, R., Contreras-Medina, L., Torres-Pacheco, I., Prado-Olivarez, J., & Ocampo-Velazquez, R. (2013). A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: Advantages, disadvantages and recent advances. *Sensors*, 13(8), 10823-10843. <https://doi.org/10.3390/s130810823>.
- Norasma, C. Y. N., Fadzilah, M. A., Roslin, N. A., Zanariah, Z. W. N., Tarmidi, Z., & Candra, F. S. (2019). Unmanned Aerial Vehicle Applications In Agriculture. *IOP Conference Series: Materials Science and*

- Engineering*, 506, 012063.
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/506/1/012063>.
- Patti, P. S., Kaya, E., & Silahooy, C. (2018). 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). <https://doi.org/10.30598/a.v2i1.278>.
- Purevdorj, T.S., Tateishi, R., Ishiyama, T., Honda, Y. (1998). Relationships between Percent Vegetation Cover and Vegetation Indices. *International Journal of Remote Sensing*, 19(18), 3519-3535, <https://doi.org/10.1080/014311698213795>
- Putri, R. E., Yahya, A., Adam, N. M., and Aziz, S. A. (2019). Rice yield prediction model with respect to crop healthiness and soil fertility. *Food Res.*, 3 (2) : 171 - 176, [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(2\).117](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(2).117).
- Rouse, W.J. Haas, H.R. Schell, A.J. Deering, W.D. *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symp.* 1973, 1: 309–317.
- Walsh, O. S., Shafian, S., Marshall, J. M., Jackson, C., McClintick-Chess, J. R., Blanscet, S. M., Swoboda, K., Thompson, C., Belmont, K. M., & Walsh, W. L. (2018). Assessment of UAV based vegetation indices for nitrogen concentration estimation in spring wheat. *Advances in Remote Sensing*, 07(02), 71-90. <https://doi.org/10.4236/ars.2018.72006>.
- Wan, L., Li, Y., Cen, H., Zhu, J., Yin, W., Wu, W., Zhu, H., Sun, D., Zhou, W., & He, Y. (2018). Combining UAV-based vegetation indices and image classification to estimate flower number in oilseed rape. *Remote Sensing*, 10(9), 1484. <https://doi.org/10.3390/rs10091484>
- Widiyawati. I., Sugiyanta, Junaedi, A., Widyastuti, R. (2014). Peran Bakteri Penambat Nitrogen untuk Mengurangi Dosis Pupuk Nitrogen Anorganik pada Padi Sawah. *J. Agron. Indonesia*. 42 (2) : 96 – 102.
- Xue, L. H., Luo, W. H., Cao, W. X., & Tian, Y. C. (2003). Research progress on the water and nitrogen detection using spectral reflectance. *Journal of Remote Sensing-Beijing*, 7(1), 73-80.
- Yang, H., Yang, J., Lv, Y., & He, J. (2014). SPAD values and nitrogen nutrition index for the evaluation of rice nitrogen status. *Plant Production Science*, 17(1), 81-92. <https://doi.org/10.1626/pps.17.81>.
- Yang, H., Yang, X., Heskell, M., Sun, S., & Tang, J. (2017). Seasonal variations of leaf and canopy properties tracked by ground-based NDVI imagery in a temperate forest. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01260-y>
- Yeom, J., Jung, J., Chang, A., Ashapure, A., Maeda, M., Maeda, A., & Landivar, J. (2019). Comparison of vegetation indices derived from UAV data for differentiation of tillage effects in agriculture. *Remote Sensing*, 11(13), 1548. <https://doi.org/10.3390/rs11131548>
- Zakiyah, M., Manurung, F., and Wulandari, R.S. (2018). Kandungan Klorofil Daun Pada Empat Jenis Pohon Di Arboretum Sylva Indonesia Pc. Universitas Tanjungpura. *J. Hutan Lestari*, vol. 6, no. 1, pp. 48– 55, 2018.
- Zhang, D., Zhou, X., Zhang, J., Lan, Y., Xu, C., & Liang, D. (2018). Detection of rice sheath blight using an unmanned aerial system with high-resolution color and multispectral imaging. *PLOS ONE*, 13(5).
- Zhang, K., Liu, X., Tahir Ata-Ul-Karim, S., Lu, J., Krienke, B., Li, S., Cao, Q., Zhu, Y., Cao, W., & Tian, Y. (2019). Development of chlorophyll-meter-Index-Based dynamic models for evaluation of high-yield japonica rice production in Yangtze River reaches. *Agronomy*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy9020106>