

**ESTIMASI SERAPAN NITROGEN PADA DAUN TANAMAN
JAGUNG DENGAN DATA CITRA SENTINEL-2B**

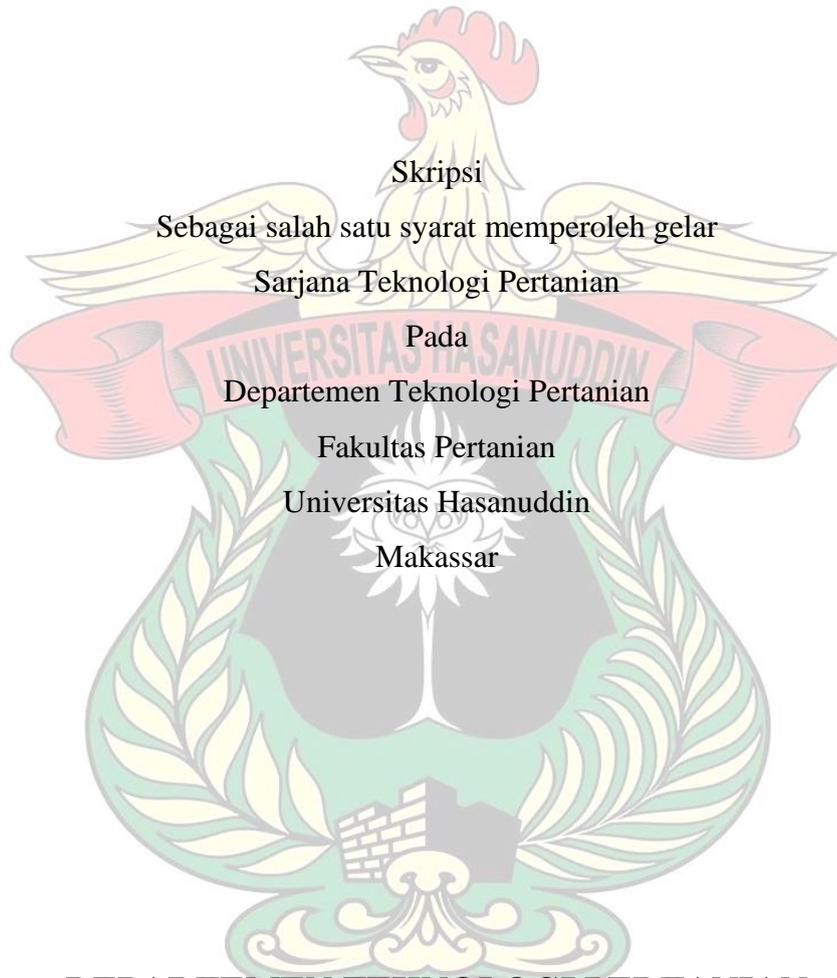
**NUR AZNI
G041 18 1010**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**ESTIMASI SERAPAN NITROGEN PADA DAUN TANAMAN JAGUNG
DENGAN DATA CITRA SENTINEL-2B**

**NUR AZNI
G041 18 1010**



Skripsi
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian

Pada
Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI SERAPAN NITROGEN PADA DAUN TANAMAN JAGUNG DENGAN DATA CITRA SENTINEL-2B

Disusun dan diajukan oleh

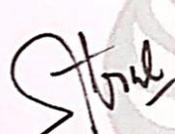
NUR AZNI
G041 18 1010

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 31 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P.
NIP. 19700603 199403 1 003


Haerani, S.TP., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP. 19771209 200801 2 011

Ketua Program Studi
Teknik Pertanian




Nur Azni, S.TP., M.Agr., Ph.D.
NIP. 19810129 200912 2 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Nur Azni
Nomor Mahasiswa : G041 18 1010
Program Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul “Estimasi Serapan Nitrogen pada Daun Tanaman Jagung dengan Data Citra Sentinel-2B” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila kemudian hari skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 31 Maret 2023

Yang menyatakan



(Nur Azni)

ABSTRAK

NUR AZNI (G041 18 1010). Estimasi Serapan Nitrogen pada Daun Tanaman Jagung dengan Data Citra Sentinel-2B: MAHMUD ACHMAD dan HAERANI.

Nitrogen merupakan unsur hara yang berperan penting dalam peningkatan produktivitas tanaman jagung. Tanaman jagung yang mengalami krisis unsur hara nitrogen akan menunjukkan pertumbuhan yang lambat, kerdil, kelihatan lemah dan daun akan mengidap klorosis pada daun muda dan nekrosis pada daun tua. Estimasi serapan nitrogen sulit dilakukan dikarenakan sifat lahan yang tidak homogen. Oleh karena itu dibutuhkan data spesifik yang didasarkan pada faktor spasial dan temporal yang berbeda. Penginderaan jauh dengan citra satelit dapat menjadi pendekatan untuk memperoleh data multi temporal yang mempengaruhi efisiensi serapan nitrogen tanaman. Dalam estimasi serapan nitrogen pada daun jagung dengan citra satelit digunakan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) *Red-Edge Simple Ratio* (SRRE) dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model estimasi serapan nitrogen pada tanaman jagung dengan penerapan teknologi *remote sensing* dan menentukan indeks vegetasi yang paling baik dalam mengestimasi serapan nitrogen pada tanaman jagung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi langsung dan analisis regresi. Model regresi yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengestimasi serapan nitrogen, lalu dilakukan uji RMSE untuk mengetahui error sebagai penentu pilihan indeks vegetasi yang paling baik digunakan dalam mengestimasi serapan nitrogen pada tanaman. Berdasarkan hasil yang diperoleh, teknologi *remote sensing* dengan menggunakan citra sentinel-2B dapat dijadikan sebagai alternatif untuk mengetahui estimasi nitrogen pada tanaman jagung dan indeks vegetasi yang paling baik digunakan dalam mengestimasi serapan nitrogen adalah indeks vegetasi NDVI dengan model regresi polinomial.

Kata Kunci: *Jagung, Nitrogen, Sentinel-2B dan Indeks Vegetasi.*

ABSTRACT

NUR AZNI (G041 18 1010). *Nitrogen Uptake Estimation of Corn Leaf with Sentinel-2B Image Data*: MAHMUD ACHMAD and HAERANI

Nitrogen is an important nutrient to increase corn plant productivity. Corn plants that are deficient in nitrogen nutrients will show slow growth, stunted, looks weak and leaves will develop chlorosis in young leaves and plants necrosis on old plant leaves. Estimation of nitrogen uptake is difficult due to the nature of the land which is not homogeneous. Therefore it takes some specific data based on factors different spatial and temporal. Remote sensing obtains multi-temporal data in estimating nitrogen uptake of corn plants. The NDVI, SRRE and SAVI vegetation indexes can be used to adjust nitrogen uptake estimates. This research aims to estimate nitrogen uptake in corn plants by applying remote sensing technologies and to determine the appropriate vegetation index in estimating nitrogen uptake of corn plants. The method used in this study is direct observation method and regression analysis. The regression model obtained is then used to estimate nitrogen uptake, furthermore RMSE to find out the error to determine the best vegetation index used in estimating nitrogen uptake of corn leaves. Based on the research obtained, remote sensing technology using sentinel-2B imagery can be used as an alternative to estimate nitrogen uptake in corn plants and the best vegetation index in estimating nitrogen uptake of corn leaves is the NDVI vegetation index using polynomial regression model.

Keywords : *Maize, Nitrogen, Sentinel-2B and Vegetation Index.*

PERSANTUNAN

Puji syukur Penulis Panjatkan Kehadirat Allah SWT. Atas karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi berjudul “Estimasi Serapan Nitrogen pada Daun Tanaman Jagung dengan Data Citra Sentinel-2B” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Selama proses penyelesaian studi, penelitian maupun penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis berkat adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menghaturkan terima kasih kepada:

1. Ayahanda tercinta **Abd Azis Takko** dan Ibunda tercinta **Sumarni** yang telah memberi support, do’a dan kasih sayang yang tak terhingga.
2. **Suharni** sebagian ibu kedua yang selalu memberikan dukungan, do’a dan kasih sayang yang tulus.
3. Adik- adik **Alya Lutfiah Azis** dan **Ahmad Latif Azis** yang selalu memberikan dukungan dan bantuan moril.
4. **Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P** dan **Haerani, S.TP., M.Eng.Sc., Ph.D** selaku dosen pembimbing atas kesabaran, ilmu dan segala arahan yang diberikan dari pemilihan judul penelitian, penyusunan proposal, penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai.
5. **Bapak Ibu Dosen Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Keteknikan Pertanian** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta pengalaman selama proses perkuliahan.
6. Teman-teman dari “**Teknik Pertanian 18**” yang telah memberikan pengalaman hidup yang sangat berarti. Terkhusus untuk sahabat saya **Nurasia, Sitti Amalia, Amperiani, Irawati, Fitri Said, Muhammad Dhaifullah dan Muhammad Risywar**. Terima kasih atas segala kasih sayang, bantuan, suka dan duka, canda dan tawa selama menimba ilmu di kampus semoga hingga seterusnya. Dari kalian Saya tahu bahwa saudara tak selalu tentang darah.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan mereka dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.

Makassar, 31 Maret 2023

Nur Azni

RIWAYAT HIDUP



Nur Azni, lahir di Desa Manakku Pangkep pada tanggal 18 September 2000 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, pasangan bapak Abd Azis Takko dan ibu Sumarni. Penulis menempuh pendidikan formal pertama pada tingkat Taman Kanak-kanak Pertiwi Ranting Labakkang pada tahun 2004-2006. Lalu, melanjutkan sekolah dasar yaitu di SDN 2 Labakkang pada tahun 2006-2012. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 1 Labakkang pada tahun 2012-2015. Kemudian, melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 13 Pangkep pada tahun 2015-2018. Setelah menyelesaikan pendidikan formal tingkat sekolah, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2018 Sebagian salah satu mahasiswa di Prodi Keteknikan Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian. Penulis aktif dalam berorganisasi dan menjadi bagian dari organisasi Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA UNHAS). Penulis juga aktif menjadi asisten praktikum di bawah naungan *Agricultural Engineering Study Club (AESC)* tahun 2019-2022. Pernah mengikuti ajang *Research Output Video Competition at the Southeast Asian Agriculture Engineering Student Chapter Annual Regional Competition 2021* dan meraih medali perunggu serta pernah mengikuti *Pendampingan Program Pengembangan Budidaya Kedelai (P3BK)* di wilayah Kabupaten Pangkep untuk Kecamatan Tondong Tallasa dan Kabupaten Jeneponto untuk Kecamatan Kelara yang diselenggarakan oleh Kementerian Ketahanan Pangan dan Kementerian Pertanian yang bekerja sama dengan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
PERSANTUNAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Jagung	3
2.2 Nitrogen.....	4
2.2.1 Metode Kjeldahl.....	5
2.2.2 Metode Klorofilmeter/ <i>Soil Plant Analysis Development</i> (SPAD).....	5
2.2.3 Metode Manual dengan Bagan Warna Daun.....	6
2.2.4 Metode Berbasis Aplikasi Android	6
2.3 Penginderaan Jauh.....	6
2.4 Indeks Vegetasi	7
2.4.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).....	9
2.4.2 Red-Edge Simple Ratio (SRRE)	10
2.4.3 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	10
3. METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Penelitian	11

3.3.1	Pengambilan Sampel Daun Jagung	11
3.3.2	Pengukuran Kadar Nitrogen Laboratorium.....	11
3.3.3	Pembuatan Digitasi Petakan Sawah	12
3.3.4	Pengambilan Data Citra Satelit	12
3.3.5	Pengolahan Citra Satelit	12
3.3.6	Analisis Data	12
3.4	Diagram Alir	14
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1	Gambaran Umum Penelitian.....	15
4.2	Kandungan Nitrogen Daun Jagung.....	16
4.3	Indeks Vegetasi	17
4.3.1	Indeks Vegetasi NDVI.....	17
4.3.2	Indeks Vegetasi SRRE	20
4.3.3	Indeks Vegetasi SAVI	23
4.4	Uji Validasi Model Regresi.....	26
4.4.1	Indeks Vegetasi NDVI.....	26
4.4.2	Indeks Vegetasi SRRE	28
4.4.3	Indeks Vegetasi SAVI	29
5.	PENUTUP	33
Kesimpulan	33

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Lokasi Penelitian.....	15
Gambar 2.	Pengaruh pemupukan terhadap kandungan N daun.....	16
Gambar 3.	Nilai indeks vegetasi NDVI.....	17
Gambar 4.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi linear.....	18
Gambar 5.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi kuadrat.....	19
Gambar 6.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi polinomial.....	19
Gambar 7.	Nilai indeks vegetasi SRRE.....	20
Gambar 8.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi linear.....	21
Gambar 9.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi kuadrat.....	22
Gambar 10.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi linear.....	22
Gambar 11.	Nilai indeks vegetasi SAVI.....	23
Gambar 12.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi linear.....	24
Gambar 13.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi kuadrat.....	25
Gambar 14.	Grafik koefisien regresi dengan fungsi polinomial.....	25
Gambar 15.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi linear estimasi N menggunakan indeks vegetasi NDVI.....	26
Gambar 16.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi kuadrat estimasi N menggunakan indeks vegetasi NDVI.....	27
Gambar 17.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi polinomial estimasi N menggunakan indeks vegetasi NDVI.....	27
Gambar 18.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi linear estimasi N menggunakan indeks vegetasi SRRE.....	28
Gambar 19.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi kuadrat estimasi N menggunakan indeks vegetasi SRRE.....	28
Gambar 20.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi polinomial estimasi N menggunakan indeks vegetasi SRRE.....	29
Gambar 21.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi linear estimasi N menggunakan indeks vegetasi SAVI.....	30
Gambar 22.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi kuadrat estimasi N menggunakan indeks vegetasi SAVI.....	30
Gambar 23.	Perbandingan kandungan N dengan model regresi polinomial estimasi N menggunakan indeks vegetasi SAVI.....	30
Gambar 24.	Hubungan nitrogen terukur dengan estimasi nitrogen.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik band pada Citra Sentinel-2.	8
Tabel 2. Indeks vegetasi.	12
Tabel 3. Nilai interval koefisien korelasi.	13
Tabel 4. Pemberian pupuk pada tanaman jagung.	16
Tabel 5. Model regresi.	19
Tabel 6. Model regresi.	22
Tabel 7. Model regresi.	25
Tabel 8. Hasil uji RMSE.	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kandungan konsentrasi nitrogen daun jagung.....	37
Lampiran 2. Hubungan Korelasi antara Kandungan N terukur dengan Hasil Estimasi.....	37
Lampiran 3. Peta Nilai Indeks Vegetasi.....	42
Lampiran 4. Dokumentasi.....	45

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jagung termasuk tanaman yang dijadikan sebagai bahan pangan utama di berbagai negara salah satunya di Indonesia. Saat ini pemerintah terus mengupayakan peningkatan produktivitas tanaman jagung. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2018), produksi dan luas panen tanaman jagung di Indonesia pada tahun 2016 mencapai 23.578.413 ton dengan luas panen 4.444.368,9 ha, pada tahun 2017 mencapai 28.924.015 dengan luas panen 5.533.169 ha dan pada tahun 2018 mencapai 30.055.623 ton dengan luas panen 5.734.326 ha. Data tersebut menunjukkan bertambahnya luas panen dan meningkatnya produksi tanaman jagung yang terus terjadi dari tahun ke tahun.

Pemerintah terus meningkatkan upaya dalam mewujudkan swasembada jagung. Selain luas panen, persoalan mengenai teknik budidaya juga perlu diperhatikan termasuk kultur teknis yaitu pemupukan. Kebutuhan nitrogen yang terpenuhi akan meningkatkan produktivitas tanaman jagung. Tanaman jagung yang mengalami krisis unsur hara nitrogen akan menunjukkan pertumbuhan yang lambat, kerdil, kelihatan lemah dan daun akan mengidap klorosis pada daun tanaman muda dan nekrosis pada daun tua (Fahmi dkk., 2010).

Berbagai aspek dapat mempengaruhi serapan nitrogen tanaman misalnya jenis tanah, curah hujan, kemiringan dan aktivitas mikroba. Aspek tersebut sangat erat kaitannya dengan jumlah air dan unsur hara yang secara langsung dapat mempengaruhi produksi biomassa. Estimasi serapan nitrogen sulit dilakukan dikarenakan sifat lahan yang tidak homogen. Oleh karena itu dibutuhkan beberapa data spesifik yang didasarkan pada faktor spasial dan temporal yang berbeda. Penginderaan jarak jauh dengan citra satelit dapat menjadi pendekatan yang digunakan untuk memperoleh data multi temporal yang mempengaruhi efisiensi serapan nitrogen tanaman (Sharifi, 2020).

Citra satelit Sentinel-2B menjadi salah satu teknologi modern penginderaan jauh yang sering digunakan dalam kajian estimasi hasil produksi pertanian termasuk pemupukan. Alasan peneliti menerapkan citra Sentinel-2B dikarenakan citra ini dapat diunduh pada situs *European Space Agency* kemudian resolusi

spektral yang menghasilkan 13 saluran multispektral diantaranya inframerah dekat, inframerah gelombang pendek dan sensor tampak juga mempunyai resolusi spasial sebesar 10 m pada band biru, hijau, merah dan inframerah dekat (Purhartanto dkk., 2019).

Dalam pendugaan estimasi serapan nitrogen pada tanaman jagung dengan menggunakan citra satelit digunakan indeks vegetasi yang bisa memberikan informasi tentang kondisi tanaman. Adapun indeks vegetasi yang sering digunakan dalam pendugaan estimasi serapan nitrogen diantaranya *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) *Red-Edge Simple Ratio* (SRRE) dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI). Nilai koefisien determinasi dari indeks vegetasi akan digunakan sebagai acuan dalam penentuan model pendugaan estimasi serapan nitrogen (Sharifi, 2020).

Mengingat pentingnya peran nitrogen dalam proses pertumbuhan tanaman yang selanjutnya dapat mempengaruhi produktivitas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai estimasi serapan nitrogen pada tanaman jagung. Di sisi lain, dibutuhkan data multi temporal. Oleh karenanya penting dilakukan penelitian estimasi serapan nitrogen dengan data citra sentinel-2B pada daun tanaman jagung sebagai upaya mengefisiensikan waktu dalam memperoleh data multi temporal tentang komponen vegetasi dalam hal ini kandungan nitrogen pada tanaman jagung.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dilakukannya penelitian ini yakni mengetahui model estimasi serapan nitrogen pada tanaman jagung dengan penerapan teknologi *remote sensing*, menentukan indeks vegetasi yang tepat dalam mengestimasi serapan nitrogen pada tanaman jagung.

Adapun kegunaan dari penelitian ini yakni dapat memberi suatu informasi mengenai penggunaan indeks vegetasi dan estimasi serapan nitrogen pada tanaman jagung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jagung

Jagung ialah tanaman yang memiliki peran yang signifikan dalam pembangunan pertanian yang bernilai jual dan merupakan tanaman sereal utama setelah padi. Tanaman jagung tergolong tanaman yang dapat hidup di daerah subtropis dan tropis. Suhu yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman jagung berkisar 30 °C – 32 °C dengan suhu terendah berkisar 9 °C – 10 °C dan suhu tertinggi berkisar 40 °C – 44 °C. Selama proses pertumbuhan tanaman jagung harus terkena sinar matahari penuh dengan intensitas curah hujan 100-200 mm/bulan. Jagung merupakan jenis tanaman semusim (*annual*) yang berasal dari keluarga graminæ (Ariyanti,2015).

Pertumbuhan tanaman jagung terjadi dalam dua tahapan yaitu tahap generatif dan tahap vegetatif. tahap pertumbuhan yang berhubungan dengan penambahan jumlah sel dan ukuran digolongkan kedalam tahap vegetatif. Yang mana pada tahapan ini dimulai sejak tahap perkecambahan yang dilanjutkan dengan penambahan diameter batang, penambahan jumlah dan ukuran daun serta akar tanaman termasuk tahap pertumbuhan vegetatif. Sedangkan yang berhubungan dengan kematangan bagian organ reproduksi seperti pembentukan primordia, proses munculnya bunga hingga menjadi buah digolongkan kedalam tahap pertumbuhan secara generatif. Dan proses perkembangan biji atau buah hingga siap dipanen digolongkan kedalam fase masak (Ekowati dan Mochamad, 2011).

Tanaman jagung membutuhkan asupan unsur hara yang cukup selama fase pertumbuhannya. Persentase jumlah kandungan hara pada biji dimana produksi jagung mencapai 9,45 t biji/ha adalah N 56,47%, P 17,07% , K 13,57% , S 5,25% , Mg 4,82% , C 1,97%, Ca 0,66% dan 0,01-0,08% adalah Mn, Fe, Zn, Cu, B dan Mo, sedangkan persentase jumlah hara pada batang adalah K 40,60%, Cl 19,65%, N 16,03%, Ca 10,08%, Mg 8,53%, S 2,33%, P 2,07%, Fe 0,52% dan 0,01-0,07% adalah Zn, Mn, Cu, B dan Mo. Dan kandungan hara N pada jaringan daun sebesar 1,40%, 0,16% P, 2,0% K, 0,12% S dan 0,50% Ca. Hal tersebut menunjukkan peran besar unsur hara N,P,K, Ca, Mg dan S dalam peningkatan produksi tanaman jagung dengan nilai persentase tertinggi yaitu N (Tabri dkk., 2020).

2.2 Nitrogen

Nitrogen (N) ialah salah satu unsur hara makro esensial yang diperlukan dalam hitungan yang cukup besar yang sangat dibutuhkan pada fase vegetatif tapi ketersediaannya sangat sedikit di dalam tanah bahkan mudah hilang. Nitrogen merupakan unsur penyusun penting dari klorofil. Tingkat kehijauan pada tanaman menunjukkan kandungan klorofil yang terdapat pada daun tanaman. Tanaman yang mengandung unsur nitrogen yang cukup, akan menunjukkan tingkat kehijauan serta keadaan tanaman yang sehat (Farid dan Wahono, 2021).

Pengaplikasian pupuk N dengan dosis berlebih pada tanaman jagung dapat mengundang serangan OPT (organisme pengganggu tanaman) sehingga mengakibatkan kerusakan terutama pada musim hujan, memperpanjang usia dan ukuran batang yang lebih besar dari ukuran normal sehingga tanaman lebih mudah rebah dan akar akan kelebihan kapasitas. Penggunaan pupuk dengan dosis yang berlebih juga membutuhkan biaya yang tidak sedikit dan dapat mencemari lingkungan sebagai efek dari emisi gas N_2O pada proses nitrifikasi, denitrifikasi dan amonifikasi. Alternatif yang dapat dilakukan dalam memperbaiki efisiensi unsur hara N adalah dengan menjaga kondisi N tanaman cukup dan tidak berlebihan. Untuk mencapai hasil produksi yang optimal, penambahan unsur hara N ke dalam tanah harus memperhitungkan status hara dan kebutuhan tanaman. Kebutuhan kadar nitrogen pada tanaman jagung dalam fase awal pertumbuhan hingga masak fisiologis sekitar 120-180 kg/ha sedangkan nitrogen yang diserap tanaman jagung hingga proses pemanenan sekitar 129-165 kg/ha dengan jumlah hasil produksi 9,5 ton/ha (Nugroho, 2015). Serapan hara nitrogen pada tanaman jagung lebih rendah pada awal pertumbuhan tanaman kemudian akan meningkat dengan cepat pada fase vegetatif V10 (± 38 HST – ± 52 HST), lalu menurun pada fase pemasakan biji (> 52 HST) (Syafuddin, 2015).

Tingkat efisiensi penggunaan nitrogen pada tanaman dapat diketahui melalui seberapa efektif tanaman tersebut dalam memanfaatkan nitrogen. Dua indikator yang menjadi tolak ukur mengenai perhitungan efisiensi dapat diketahui dari *nitrogen uptake efficiency* (efisiensi penyerapan nitrogen) dan *nitrogen utilization efficiency* (efisiensi penggunaan nitrogen). Efisiensi penyerapan nitrogen yaitu perbandingan banyaknya nitrogen yang terkandung didalam tanaman dengan unit

nitrogen yang diberikan. Sedangkan jika berbicara efisiensi penggunaan nitrogen yaitu perbandingan jumlah biomassa yang dihasilkan dengan unit nitrogen oleh tanaman (Nasaruddin, 2012).

Pengukuran kadar unsur hara nitrogen pada tanaman dapat dilakukan dengan beberapa metode. Adapun metode yang dimaksud adalah sebagai berikut.

2.2.1 Metode *Kjeldahl*

Metode *Kjeldahl* merupakan uji laboratorium yang bertujuan untuk menetapkan jumlah nitrogen total pada asam amino, protein dan senyawa yang mengandung nitrogen. Prinsip pengukuran kadar protein secara tidak langsung digunakan dalam analisis protein metode *kjeldahl* yaitu dengan mengukur kadar N dalam sampel dengan cara destruksi, destilasi dan titrasi. Prinsip kerja dari Metode *Kjeldahl* yaitu proses destruksi komponen organik dan protein dalam sampel menggunakan katalis dan asam sulfat. Penetralkan hasil destruksi dilakukan dengan menggunakan larutan alkali dan melalui destilasi. Destilat ditampung dalam larutan asam borat. Selanjutnya dilakukan titrasi pada ion- ion borat yang terbentuk dengan menggunakan larutan HCl. Metode ini dianggap paling cocok digunakan pada penelitian ini karena metode ini dapat digunakan secara semimikro, sebab tidak memerlukan jumlah sampel dan pereaksi yang banyak serta waktu analisis yang pendek (Yusmayani, 2019).

Dibandingkan dengan beberapa metode yang dapat digunakan dalam mengukur kandungan hara nitrogen, uji laboratorium dianggap sebagai metode yang mampu memberikan informasi yang paling akurat (Farid dan Wahono, 2021).

2.2.2 Metode Klorofilometer/ Soil Plant Analysis Development (SPAD)

Klorofilometer / SPAD merupakan alat untuk mengukur klorofil daun yang dinyatakan dalam satuan unit. Pengukuran tingkat kehijauan daun yang disebabkan oleh kandungan klorofil dapat dengan mudah dilakukan dengan menggunakan alat SPAD. Kandungan N pada daun dapat diketahui melalui pengukuran nilai SPAD yang diperoleh. Hasil pengukuran SPAD dapat dikategorikan ke dalam tiga kriteria, yaitu tinggi >53, sedang 50 - 53 serta rendah <50 (Prabowo dkk., 2018).

Dalam pembacaan nilai pada SPAD masih perlu dilakukannya analisis laboratorium kandungan klorofil untuk memperoleh informasi yang lebih akurat

karena pembacaan nilai SPAD masih bersifat objektif dalam memprediksi jumlah produktivitas tanaman. Selain itu, klorofil meter SPAD mempunyai harga yang relatif mahal (Farid dan Wahono, 2021).

2.2.3 Metode Manual dengan Bagan Warna Daun (BWD)

Bagan Warna Daun (BWD) adalah alat bantu manual dalam melakukan pengamatan terhadap kandungan unsur hara nitrogen (N) pada tanaman berdasarkan perbandingan skala warna pada BWD dengan tingkat warna daun. Alat ini memiliki empat kotak skala warna, mulai dari hijau muda hingga hijau tua, yang menafsirkan tingkat kehijauan daun tanaman. Jika tanaman berwarna hijau muda artinya kandungan hara nitrogen pada tanaman rendah. Sebaliknya, jika daun berwarna hijau tua artinya tanaman memiliki kandungan hara nitrogen yang cukup. Namun, kelemahan metode ini terdapat pada penentuan tingkat warnanya tergantung dari persepsi subjektif manusia yang dapat menimbulkan perbedaan hasil interpretasi warna (Prabowo dkk., 2018).

2.2.4 Metode Berbasis Aplikasi Android

Aplikasi android mampu mengidentifikasi kandungan nitrogen daun dengan menggunakan fitur kamera untuk menangkap citra daun atau mendeteksi warna-warna daun yang kemudian dianalisis secara otomatis dengan program komputer untuk menampilkan nilai kandungan klorofil dan nitrogen yang terkandung dalam daun tersebut. Tujuan dari aplikasi ini yaitu membantu para petani untuk menghitung jumlah kebutuhan pupuk untuk masing-masing tanaman dengan mudah dan praktis (Astika dkk., 2012).

2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh ialah cabang ilmu pengetahuan yang bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang objek, gejala atau daerah melalui analisis data yang didapatkan dengan alat tanpa bersentuhan langsung dengan objek, gejala atau daerah yang dikaji termasuk aspek biofisik dan kimia tanaman (Yudistira dkk., 2019). Pendugaan kandungan biokimia tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan data penginderaan jauh multi sensor melalui pendekatan semi

empiris. Pendekatan semi empiris ialah yaitu perolehan suatu informasi baru yang menggunakan karakteristik spektral citra sebagai pendekatan dalam hal ini kandungan unsur hara nitrogen jagung dengan menarik hubungan antara indeks vegetasi dengan pengukuran nitrogen lapangan (Herdianta dan Kamal, 2014).

Teknologi penginderaan jauh terdiri atas penginderaan jauh pasif dan aktif. Penginderaan jauh pasif menggunakan sumber energi berupa cahaya matahari sedangkan penginderaan jauh aktif menggunakan energi buatan dalam mentransmisikan data. Sehingga dapat dikatakan pada penelitian ini digunakan penginderaan jauh pasif dengan data citra Sentinel-2 (Shabrina dkk., 2020).

Sentinel-2 memiliki dua satelit yang masing masing bertugas untuk memantau vegetasi, memantau lingkungan dan tutupan lahan. Kedua satelit yang dimaksud yaitu Sentinel-2A yang dipublikasikan pada tahun 2015 dan Sentinel-2B pada tahun 2017. Satelit Sentinel-2A dan Sentinel-2B melakukan perekaman lokasi dengan rentan waktu lima hari secara bergantian pada lokasi yang sama. Data citra Sentinel-2 memiliki 13 band spektral beresolusi tinggi (ESA, 2015). Menurut Andiko dkk. (2019), penggunaan data citra Sentinel-2 lebih efektif dan efisien karena dapat diakses tanpa pungutan biaya, ketersediaan citra tidak membutuhkan waktu yang lama, citra yang dihasilkan memiliki akurasi baik dan pengoperasiannya tidak begitu sulit sehingga dapat meminimalisir penggunaan waktu. Karakteristik band satelit Sentinel-2 dijelaskan pada Tabel 1.

2.4 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi menggambarkan nilai tingkat kehijauan tanaman yang didapatkan dari pengolahan nilai kecerahan (*brightness*) dari sinyal digital beberapa saluran gelombang data sensor satelit. Indeks vegetasi menjelaskan tentang jumlah atau kekuatan serta keadaan vegetasi dalam piksel berdasarkan nilai reflektan melalui citra. Daratan yang digolongkan kedalam kategori yang tidak menunjukkan nilai rasio tingkat kecerahan kanal infra merah yang tinggi atau non vegetasi yaitu tanah kosong terbuka, pemukiman penduduk, wilayah perairan dan wilayah dengan kondisi tanaman yang cacat, sedangkan rasio akan sangat tinggi untuk daerah yang bervegetasi rapat dan kondisi vegetasi sehat (Asmawijaya, 2019).

Indeks vegetasi mampu menggambarkan kondisi tanaman jagung yang bervegetasi baik dan sehat berdasarkan reflektansi citra yang diperoleh. Semakin besar nilai indeks vegetasi berarti kerapatan vegetasinya semakin tinggi, kerapatan vegetasi diikuti oleh kandungan klorofil daun yang sangat berpengaruh dengan kandungan nitrogen pada daun (Mukhlisin dan Sumarno, 2020).

Tabel 1. Karakteristik band pada Citra Sentinel-2.

Band	Panjang gelombang (nm)	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan
Band 1 – <i>Coastal Aerosol</i>	443-463	60	Mendeteksi daerah pesisir dan partikel udara (gas)
Band 2 – Biru	490-555	10	Mendeteksi permukaan air/genangan
Band 3 – Hijau	560-595	10	Mendeteksi tanaman di darat dan di laut serta sedimen
Band 4 – Merah	665-659	10	Mengenali tanah dan mineral (studi geologi)/ lereng tanaman (vegetasi)
Band 5 – <i>Vegetation Red Edge 1</i>	705-720	20	Menentukan status tanaman
Band 6 – <i>Vegetation Red Edge 2</i>	740-755	20	Menentukan status tanaman
Band 7 – <i>Vegetation Red Edge 2</i>	783-803	20	Menentukan status tanaman
Band 8 – NIR	842-957	10	Mendeteksi garis pantai dan biomassa
Band 8A – <i>NIR Narrow</i>	865-885	20	Menentukan status tanaman
Band 9 – <i>Water Vapour</i>	945-965	60	Mendeteksi uap air
Band 10 – <i>Cirrus</i>	1375-1405	60	Meningkatkan deteksi kontaminasi awan cirrus
Band 11 – SWIR 1	1610-1700	20	Mendeteksi vegetasi dan kandungan air tanah
Band 12 – SWIR 2	2190-2370	20	Mendeteksi vegetasi dan kandungan air tanah

Sumber: ESA (2015)

Penyimpangan antara nilai yang diperoleh dari pengolahan citra dengan yang ada dilapangan masih tidak dapat dielakkan hal tersebut dapat dipengaruhi oleh

perbedaan umur tanaman, tingkat kesehatan, perbedaan jenis tanaman yang ditanam, metode tanam ataupun gangguan (awan) pada saat proses pengambilan citra satelit dilakukan (Nafi, 2017).

Adapun indeks vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Red-Edge Simple Ratio* (SRRE) dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI).

2.4.1 *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ialah indeks vegetasi yang mengacu pada "kehijauan" tumbuhan pada data citra satelit, seperti menentukan status kesuburan lahan, kerapatan populasi dan kandungan klorofil pada tumbuhan. NDVI mempunyai nilai kehijauan yang berkisar antara -1 (non vegetasi) hingga 1 (vegetasi), nilai tingkat kehijauan vegetasi NDVI dibawah 0,2 menunjukkan wilayah tersebut sudah keluar dari kelompok vegetasi. Untuk wilayah yang mempunyai nilai NDVI diatas 0,4 dapat disimpulkan bahwa wilayah tersebut merupakan kawasan yang ditutupi hutan lebat dan subur. Daun yang sehat akan terlihat hijau pada tangkapan mata manusia. Jika daun tidak sehat dan produksi klorofil rendah, maka serapan pada panjang gelombang merah dan biru akan rendah karena berkurangnya pigmen klorofil. Hal tersebut menandakan bahwa kurangnya serapan nitrogen pada tanaman karena nitrogen merupakan salah satu partikel penyusun klorofil atau zat hijau daun (Farid dan Wahono, 2021).

Menurut Sharifi (2020), NDVI merupakan indeks vegetasi yang tepat digunakan dalam penentuan model estimasi serapan nitrogen jagung karena *band* NIR pada indeks vegetasi NDVI lebih sensitif dalam mendeteksi perubahan konsentrasi klorofil dan memiliki nilai RMSE yang rendah dan R^2 yang tinggi.

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (1)$$

Keterangan :

NIR = Reflektansi kanal merah dekat (*Band* 8)

Red = Reflektansi kanal merah (*Band* 4)

2.4.2 Red-Edge Simple Ratio (SRRE)

SRRE merupakan indeks vegetasi yang secara signifikan memperbaiki keakuratan estimasi kandungan klorofil dan nitrogen melalui penginderaan jauh. Saluran *red-edge* pada Sentinel-2A memiliki akurasi terbaik dalam memperkirakan kandungan nitrogen tanaman jagung (Purhartanto dkk., 2019).

Menurut Sharifi (2020), SRRE berperan penting dalam proses peningkatan kualitas produksi petani karena reflektansi *red band* yang sensitif terhadap konsentrasi klorofil yang luas dan reflektansi NIR yang sangat responsif terhadap LAI yang dapat digunakan dalam menghitung kandungan nitrogen jagung pada massa puncak. SRRE juga memiliki nilai RMSE yang rendah dan R² yang tinggi sehingga tepat dalam pendugaan model estimasi serapan nitrogen.

$$SRRE = \frac{NIR}{Red\ Edge} \quad (2)$$

Keterangan:

NIR = Reflektan inframerah dekat (*Band 8*)

Red edge = Nilai reflektan kanal *Red-edge* (*Band 5*)

2.4.3 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) merupakan pengembangan dari indeks vegetasi NDVI, *band* NIR pada indeks vegetasi SAVI sangat responsif terhadap kandungan klorofil dan Kesehatan tanaman, indeks SAVI mampu meminimalisir pengaruh latar belakang tanah dalam mendeteksi keadaan vegetasi pada tingkat kecerahan kanopi. Indeks ini paling baik digunakan di daerah dengan vegetasi yang relatif jarang dimana tanah terlihat melalui kanopi (Noviliasari dkk., 2020).

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} (1 + L) \quad (3)$$

Keterangan:

NIR = Reflektansi kanal merah dekat (*Band 8*)

Red = Reflektansi kanal merah (*Band 4*)