

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu faktor krusial yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah ketersediaan unsur hara, yang berfungsi sebagai nutrisi bagi tanaman. Berdasarkan kebutuhan kuantitatifnya, unsur hara dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu unsur makro dan mikro. Salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan dalam jumlah signifikan adalah nitrogen, karena dianggap sebagai unsur esensial primer bagi tanaman (Tando, 2018). Nitrogen memiliki peran krusial sebagai salah satu komponen penyusun enzim yang berpartisipasi dalam proses metabolisme tanaman dan menjadi penyusun utama dalam pembentukan protein bagi tanaman. Hal ini berdampak signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif yang optimal dan juga berkontribusi pada intensitas warna hijau daun (Nurrismiyandini, 2022).

Kandungan Nitrogen alami dalam tanah sering kali tidak tersedia dalam bentuk yang sesuai untuk diserap dan digunakan secara optimal oleh tanaman, khususnya padi (Gruhn *et al.*, 2000). Oleh karena itu, diperlukan suplementasi nitrogen melalui pemupukan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara makro. Nitrogen berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif padi, seperti meningkatkan jumlah anakan, luas daun, pembentukan dan pengisian gabah, serta sintesis protein yang berkontribusi pada hasil kualitas panen (Perich *et al.*, 2021). Kekurangan nitrogen dapat menyebabkan pertumbuhan kerdil, penurunan jumlah anakan, dan daun hijau kekuningan yang mati (Patti *et al.*, 2018). Sebaliknya, kelebihan nitrogen dapat mengganggu pertumbuhan vegetatif, menyebabkan jerami rapuh, serta menurunkan kualitas bulir padi (Kaya.E, 2013).

Secara umum, petani cenderung memberikan pupuk berdasarkan beratnya tanpa mempertimbangkan kandungan total

nitrogen atau persentase nitrogen yang dapat dimineralisasi dalam pupuk tersebut (Moe *et al.*, 2019). Pendekatan ini sering kali disertai dengan aplikasi pupuk dalam jumlah yang berlebihan, dengan harapan dapat meningkatkan hasil panen. Namun, praktik tersebut dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan seperti degradasi kualitas tanah dan menurunnya produktivitas hasil panen (Gruhn *et al.*, 2000).

Beberapa metode dapat digunakan untuk mengukur kandungan nitrogen, termasuk metode *Kjeldahl*. Metode *Kjeldahl* merupakan metode yang sederhana untuk penetapan nitrogen total pada protein dan senyawa yang mengandung nitrogen dengan analisis kimia. Namun metode ini memiliki kelemahan dimana metode ini lebih cocok diaplikasikan dalam skala mikro, kecepatan dalam analisis lambat, membutuhkan SDM dan biaya operasional laboratorium tinggi, tidak bisa memantau secara berkala dan luas (Kasi *et al.*, 2020). Metode lain yang digunakan dalam memantau klorofil pada tanaman adalah dengan menggunakan alat ukur *Soil Plant Analysis Development Meter* (SPAD). Alat SPAD ini memang praktis dibawa ke lapangan dan hasil pengamatan klorofil didapatkan secara instan. Namun memiliki kelemahan dengan harga dan biaya perawatan alat yang relatif mahal, cakupan skala mikro, lambat untuk pengukuran secara luas, sulit dilakukan secara berkala dan menyeluruh (Revindra *et al.*, 2017).

Berdasarkan kelemahan dari penggunaan metode *Kjeldahl* dan penggunaan alat SPAD, penginderaan jauh dapat menjadi alternatif yang efektif (Gitelson & Merzlyak, 1994; Le Maire *et al.*, 2004; Nutini *et al.*, 2021). Keunggulan penggunaan dari pada teknologi *remote sensing* terletak pada efisiensinya, karena mampu mencakup wilayah geografis yang luas secara cepat, tepat, dan dapat menghemat biaya (Li *et al.*, 2018). Salah satu pemanfaatan teknologi *remote sensing* adalah dengan menggunakan Citra satelit Sentinel-2, yang mampu mengukur tingkat serapan nitrogen pada tanaman padi melalui analisis pantulan spektral sinar matahari. Sinar yang dipantulkan dari tanaman direkam pada kanal-kanal

tertentu, seperti *red*, *red-edge*, dan NIR. Pantulan ini berhubungan erat dengan kandungan klorofil, yang merupakan indikator dari kadar nitrogen (Suhet, 2015). Untuk mengukur secara kuantitatif, digunakan indeks vegetasi seperti NDRE, yang sangat sensitif terhadap klorofil. Dengan cara ini, kita dapat memetakan distribusi serapan nitrogen di area pertanian secara efisien dan dalam skala luas (Pandey *et al.*, 2022).

Penggunaan indeks vegetasi tanaman NDRE lebih sering digunakan dalam memantau serapan nitrogen pada tanaman padi karena NDRE lebih sensitif dibandingkan NDVI. Sensitif yang dimaksud yaitu, pita tepi merah yang terdapat pada indeks vegetasi NDRE dapat menembus daun lebih dalam dari pada pita merah pada indeks vegetasi NDVI (Ainunnisa & Haerani, 2023). Dengan kelebihan yang dimiliki oleh NDRE, kondisi pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman padi dapat dipantau secara kuantitatif dan berkelanjutan (Janoušek *et al.*, 2023). Selain itu, NDRE telah banyak digunakan dalam literatur ilmiah dalam mengkaji, menganalisis, dan memvisualisasikan kandungan nitrogen tanaman serta memantau status nutrisi pada tanaman (Nutini *et al.*, 2021). Meskipun berbagai penelitian telah memanfaatkan indeks vegetasi untuk estimasi nitrogen, masih terdapat beberapa keterbatasan. Banyak penelitian hanya berfokus pada hubungan spektral secara umum tanpa mempertimbangkan perbedaan sensitivitas indeks terhadap periode pertumbuhan tanaman. Selain itu, sebagian besar model yang dikembangkan belum secara khusus mengintegrasikan dinamika periode pertumbuhan padi (vegetatif awal, vegetatif maksimum, dan generatif), padahal kebutuhan nitrogen dan respons spektral tanaman berbeda secara signifikan pada setiap periode tersebut. Kurangnya pemodelan berbasis periode pertumbuhan ini dapat menyebabkan penurunan akurasi estimasi nitrogen pada kondisi lapangan yang dinamis.

Kebutuhan nitrogen tidak bersifat konstan, melainkan bervariasi secara signifikan antara periode pertumbuhan pada tanaman. Pada periode vegetatif, nitrogen diserap melalui akarnya

dan menggunakannya untuk membangun pertumbuhan daun, sel, dan anakannya (Hirel *et al.*, 2007). Sementara pada periode generatif, kebutuhan nitrogen meningkat secara substansial untuk mendukung pembentukan malai dan pengisian bulir. Agustina *et al.*, (2024) menekankan bahwa kecukupan nitrogen selama periode generatif berkontribusi dalam memperlambat proses penuaan daun dan mempertahankan aktivitas fotosintetik yang esensial selama pengisian gabah. Oleh karena itu, pemilihan periode pertumbuhan yang tepat menjadi faktor penentu dalam pembangunan model estimasi serapan nitrogen, karena respons spektral tanaman terhadap nitrogen sangat dipengaruhi oleh dinamika fisiologis yang terjadi pada tiap periode. Pemilihan data citra satelit dan pengambilan sampel lapangan pada periode yang representatif akan meningkatkan akurasi dan reliabilitas model, serta menghasilkan estimasi yang lebih sesuai dengan kondisi biofisik aktual tanaman (Bhupenchandra *et al.*, 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan antara indeks vegetasi NDRE dengan nilai serapan nitrogen tanaman padi?
2. Bagaimana model matematis untuk mengestimasi serapan nitrogen padi berdasarkan data *remote sensing*?
3. Bagaimana distribusi serapan nitrogen tanaman padi di Kecamatan Koto Tangah?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis hubungan antara indeks vegetasi NDRE dengan serapan nitrogen daun.
2. Mendapatkan model estimasi serapan nitrogen tanaman padi berbasis data citra satelit Sentinel-2.

3. Menghasilkan peta distribusi serapan nitrogen tanaman padi di Kecamatan Koto Tengah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah model estimasi serapan nitrogen tanaman padi berbasis *remote sensing* yang dapat digunakan sebagai *tool* oleh pemerintah dan dinas pertanian dalam memprediksi, pemantauan secara luas, cepat dan akurat terhadap serapan nitrogen sehingga dapat dijadikan dasar dalam memberi rekomendasi pemupukan.

