

**PENILAIAN UNSUR HARA NPK DAN REKOMENDASI PEMUPUKAN SPESIFIK
LOKASI PADA LAHAN SAWAH BARU DI DESA BOOY
KECAMATAN BALANTAK SELATAN**

***ASSESSMENT OF NPK NUTRIENT CONTENT AND SITE-SPECIFIC FERTILISER
RECOMMENDATIONS FOR NEW RICE FIELDS IN BOOY VILLAGE
SOUTH BALANTAK DISTRICT***

**Hidayat Arismunandar Katili^{1*}, Ananta Firdaus Intae¹, Dian Sabina¹, Wijra Yada¹, Ruslan A.
Zaenuddin², Dian Puspapratwi², Sariani¹**

¹(Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tompotika Luwuk)

²(Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Tompotika Luwuk)

*Penulis korespondensi: hidayat.katili11@gmail.com

ABSTRACT

Newly converted land often has a thin topsoil layer, low organic matter content, and a soil structure that is either unstable or tends to be overly porous. Consequently, the process of paddy field formation is not yet complete, meaning that the ability of new paddy fields to absorb NPK is still very limited. This study aimed to evaluate the NPK nutrient status of paddy fields to provide location-specific, effective, and efficient NPK fertilisation recommendations. This study employed a Descriptive Exploratory Survey approach, involving field observations and descriptions of thirteen samples of newly converted paddy soil. Subsequently, each nutrient was analysed in the laboratory using various methods, such as phosphorus (Olsen), potassium (25% HCl), and nitrogen (Kjeldahl). The NPK nutrient content of the soil in the newly developed paddy fields was analysed using the Kriging semivariogram approach. Geostatistical analysis using ArcGIS 10.8 software was employed to interpolate the distribution of NPK nutrient content in the new paddy fields at the study site. The results of this study indicate that the NPK nutrient content of the soil in the new paddy fields in Booy Village, South Balantak Sub-district, is classified as low to moderate. Integrated efforts to improve soil fertility through inorganic fertilisation (such as urea, SP-36, or NPK) to provide rapid nutrient supply, combined with organic amendments to enhance nutrient uptake efficiency, microbial activity, and long-term fertility.

Keywords: booy village, fertiliser, geostatistics, nutrients, new rice fields

ABSTRAK

Tanah yang baru dikonversi sering kali memiliki lapisan tanah atas yang tipis, kandungan bahan organik yang rendah, serta struktur tanah yang tidak stabil atau cenderung terlalu berpori. Akibatnya, proses pembentukan sawah belum selesai, yang berarti kemampuan sawah baru untuk menyerap NPK masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi status nutrisi NPK pada sawah guna memberikan rekomendasi pemupukan NPK yang spesifik lokasi, efektif, dan efisien. Penelitian ini menggunakan pendekatan Survei Eksplorasi Deskriptif, yang melibatkan pengamatan lapangan dan deskripsi terhadap tiga belas sampel tanah sawah yang baru dikonversi. Selanjutnya, setiap unsur hara dianalisis di laboratorium menggunakan berbagai metode, seperti fosfor (Olsen), kalium (25% HCl), dan nitrogen (Kjeldahl). Kandungan nutrisi NPK tanah di sawah yang baru dikembangkan dianalisis menggunakan pendekatan semivariogram Kriging. Analisis geostatistik dengan perangkat lunak ArcGIS 10.8 digunakan untuk menginterpolasi distribusi kandungan nutrisi NPK di sawah-sawah baru di lokasi penelitian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan unsur hara NPK tanah di sawah baru di Desa Booy, Kecamatan Balantak Selatan, tergolong rendah hingga sedang. Upaya terpadu untuk meningkatkan kesuburan tanah melalui pemupukan anorganik (seperti urea, SP-36, atau NPK) guna menyediakan pasokan unsur hara secara cepat, dikombinasikan dengan pemberian bahan organik untuk meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, aktivitas mikroba, dan kesuburan jangka panjang.

Kata kunci: desa booy, geostatistik, sawah baru, unsur hara, pupuk

PENDAHULUAN

Lahan sawah bukaan baru sering menghadapi kendala rendahnya tingkat kesuburan tanah, kurangnya lapisan tapak bajak, dan rendahnya aktivitas mikroba. Hal ini berdampak pada lambatnya pertumbuhan vegetatif padi (Nasrudin *et al*, 2021). Oleh karena itu, diperlukan rekomendasi

pemupukan NPK yang spesifik lokasi dan tepat dosis guna mengoptimalkan produksi tanaman pangan. Lahan sawah bukaan baru umumnya memiliki tingkat kesuburan fisik, kimia, dan biologi yang masih rendah (Annisa *et al*, 2026). Karakteristik tanah yang baru dikonversi sering kali bersifat porous, kekurangan bahan organik, serta miskin unsur hara makro seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) (Elly & Maitimu, 2025). Berdasarkan data statistik dari Kecamatan Balantak Selatan Dalam Angka, sektor pertanian menjadi salah satu roda penggerak ekonomi utama di Kecamatan Balantak Selatan, termasuk di Desa Booy. Namun, produktivitas padi di lahan bukaan baru Desa Booy belum mencapai potensi maksimalnya karena ketersediaan hara di dalam tanah belum berimbang. Menurut Ayu & Astiko (2025) salah satu upaya pembukaan lahan baru (ekstensifikasi) harus diiringi dengan pengelolaan tanah yang baik, salah satunya melalui aplikasi pupuk majemuk. Lebih lanjut Mustamin *et al* (2025) menambahkan, pupuk NPK memegang peranan krusial untuk merangsang pembentukan anakan produktif, pertumbuhan akar, dan pengisian bulir padi. Apabila pemupukan NPK tidak dilakukan berdasarkan rekomendasi yang tepat (dosis, waktu, dan cara aplikasi), efektivitas penyerapan hara oleh tanaman akan menurun yang pada akhirnya memicu penurunan hasil panen (Suwandi *et al*, 2015; Laksitarani *et al*. 2020).

Program ekstensifikasi lahan melalui pembukaan sawah baru merupakan langkah strategis nasional untuk menjaga ketahanan pangan dan mengimbangi alih fungsi lahan pertanian produktif (Ardani 2020; Ramadhan & Murti 2024). Namun, lahan sawah bukaan baru umumnya menghadapi kendala biofisik berupa tingkat kesuburan tanah yang sangat rendah (Mulyani *et al*, 2017; Mustapa *et al*. 2019). Tanah yang baru dikonversi sering kali memiliki lapisan olah (top soil) yang tipis, kandungan bahan organik rendah, serta struktur tanah yang belum mantap atau cenderung terlalu porous. Akibat proses pencetakan sawah, lapisan tapak bajak (plow sole) belum terbentuk dengan sempurna, sehingga kemampuan tanah dalam mengikat air dan menyediakan unsur hara esensial bagi tanaman padi menjadi sangat terbatas (Fahri *et al*. 2025).

Unsur hara makro Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) merupakan pembatas utama dalam pertumbuhan tanaman padi di lahan bukaan baru (Batubara *et al*, 2024). Menurut Widodo & Damanhuri (2021) pada fase awal, tanaman padi membutuhkan Nitrogen untuk merangsang pertumbuhan vegetatif dan pembentukan anakan. Selanjutnya menurut Maulidan & Putra (2024) unsur hara fosfor sangat diperlukan untuk memacu perkembangan sistem perakaran agar tanaman mampu beradaptasi di lingkungan baru, sedangkan Kalium berperan penting dalam mengatur tata air sel, meningkatkan ketahanan terhadap penyakit, serta mengoptimalkan pengisian bulir padi (Kurnia *et al*, 2021). Menurut Ridwan & Tinggogoy (2023) tanpa adanya suplai hara yang cukup dari luar, pertumbuhan vegetatif padi pada lahan bukaan baru akan terhambat, dicirikan oleh tanaman yang kerdil, daun menguning, dan jumlah anakan produktif yang minim (Sembiring *et al*. 2023).

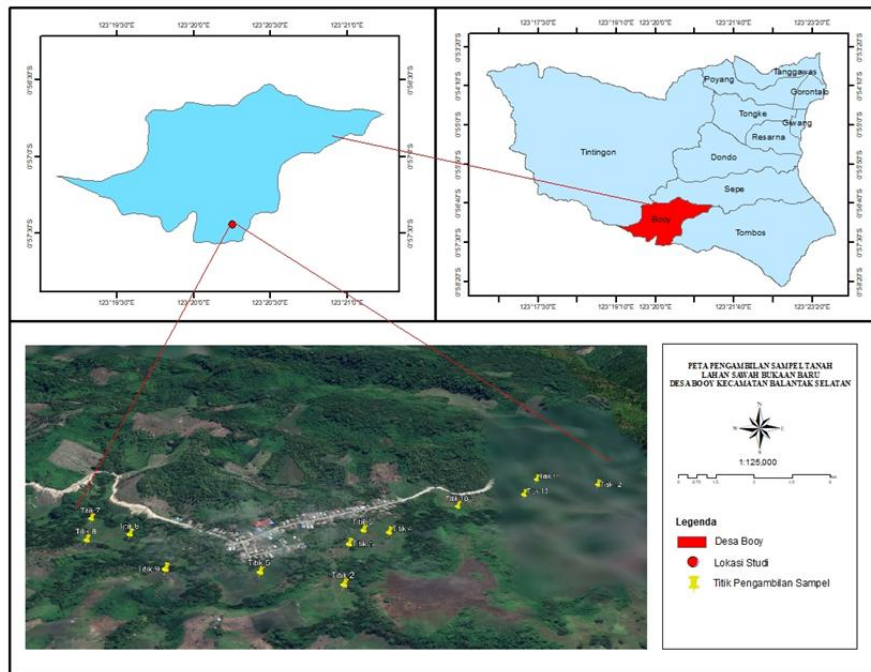
Tantangan terbesar di Desa Booy, Kecamatan Balantak Selatan, Kabupaten Banggai adalah belum adanya formulasi khusus atau rekomendasi pemupukan NPK yang adaptif terhadap karakteristik tanah setempat. Petani di daerah tersebut umumnya masih menerapkan dosis pemupukan secara konvensional atau mengikuti kebiasaan dari lahan sawah bukaan lama. Padahal, karakteristik kimia tanah sawah bukaan baru memerlukan pendekatan yang berbeda. Pemberian pupuk NPK dengan dosis yang tidak tepat, baik kekurangan maupun berlebihan, tidak hanya menyebabkan pemborosan biaya produksi, tetapi juga memicu degradasi kualitas lingkungan dan penurunan efisiensi serapan hara (*Agronomic Efficiency*) oleh tanaman padi. Berdasarkan data kewilayahan dari BPS Kabupaten Banggai, optimalisasi sektor pertanian di wilayah pesisir seperti Balantak Selatan memerlukan sentuhan teknologi budi daya yang presisi agar dapat bersaing secara produktivitas. Untuk mengatasi kesenjangan hara tersebut, diperlukan kajian ilmiah mengenai respon tanaman padi terhadap variasi dosis pupuk NPK di wilayah tersebut. Penentuan rekomendasi pemupukan yang tepat dosis, tepat waktu, dan tepat cara menjadi kunci utama dalam memulihkan serta meningkatkan produktivitas lahan sawah bukaan baru secara berkelanjutan. Melalui evaluasi status hara tanah NPK, maka efikasi dosis pupuk NPK lahan sawah yang akan digunakan lebih efektif bagi petani di Desa Booy. Dengan demikian, rekomendasi dosis pemupukan NPK spesifik lokasi yang efektif, efisien, dan berkelanjutan guna memulihkan kesuburan tanah serta meningkatkan produktivitas tanaman padi di lahan sawah bukaan baru Desa Booy, Kecamatan Balantak Selatan, Kabupaten Banggai.

METODE PENELITIAN

Waktu, Tempat dan Alat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2025 hingga Februari 2026. Lokasi penelitian berada di area rencana lahan sawah bukaan baru di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan, Kabupaten Banggai (Gambar 1). Lokasi penelitian dipilih secara sengaja, dikarenakan lokasi tersebut masuk dalam rencana pembukaan lahan sawah baru dengan maksud untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah sehingga dapat memberikan rekomendasi pemupukan. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap kegiatan, yaitu kegiatan pra-survei, kegiatan survei berupa pengumpulan data di lapangan, analisis laboratorium, dan analisis data.

Penelitian ini menggunakan alat seperti bor tanah *type belgva* yang digunakan untuk pengambilan sampel tanah perwakilan. Selanjutnya GPS digunakan sebagai pengambilan posisi koordinat sampel tanah lokasi penelitian. Selain itu, kantong plastik yang digunakan sebagai wadah penyimpanan sampel tanah, label yang digunakan untuk menandai sampel tanah, serta spidol F untuk menulis kode sampel tanah, sedangkan bahan yang diteliti berupa tanah di lokasi penelitian untuk dianalisis di laboratorium (Katili et al. 2022). Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan bor tanah pada kedalaman 20–60 cm sebanyak sebanyak 13 sampel tanah perwakilan.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Survey Ekploratif Deskriptif*, dimana metode ini melakukan pengamatan dan pendeskripsian lapangan terhadap tiga belas sampel tanah sawah baru. Selanjutnya, setiap unsur dianalisis di laboratorium menggunakan berbagai metode, seperti fosfor (Olsen), kalium (HCl 25%), nitrogen (Kjeldahl). Prosedur analisis sampel tanah mengacu pada *Soil Survey Laboratory Methods Manual* (Soil Survey Laboratory Staff, 1996; Hikmatullah & Sukarman, 2007; Sabudu et al. 2021; Katili et al. 2025). Unsur hara NPK yang diteliti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan sifat kimia tanah

Sifat-sifat tanah	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
N (%)	< 0.10	0.10-0.20	0.21-0.50	0.51-0.75
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	< 4,5	4.5 – 16.5	16.6 – 22.8	> 22.8
K (me/100g)	< 0,2	0,2 – 0,3	0,4 – 0,5	0,6 – 1,0

Sumber: Pusat Penelitian Tanah Bogor (1995)

Analisis Data

Kandungan unsur hara tanah NPK pada sawah bukaan baru yang diperoleh melalui hasil laboratorium akan dianalisis dengan menggunakan pendekatan *Kriging Semivariogram*. Geostatistik pada perangkat lunak *ArcGIS 10.8* untuk menginterpolasi sebaran unsur hara NPK tanah sawah baru di lokasi penelitian. *Kriging* mengasumsikan bahwa jarak antar titik sampel mencerminkan korelasi spasial yang dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan sebaran unsur hara (Fu et al. 2020; Alcaras et al. 2022). Pendekatan kriging mengombinasikan fungsi matematik dari jumlah titik sampel dalam radius jangkauan tertentu dalam menentukan nilai *output* setiap wilayah penelitian (Yingchang Li et al. 2020; Kleijnen & Van Beers 2022). Menurut Abdulmanov et al. (2021), metode ini ialah teknik perhitungan yang dapat memperkirakan nilai variabel pada bidang spasial secara kontinu. Adapun Rumus umum untuk interpolasi kriging dibentuk sebagai jumlah terbobot dari data:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

Dimana: $Z(s_i)$ = nilai yang diukur di lokasi ke- i , λ_i = bobot yang tidak diketahui untuk nilai yang diukur di lokasi ke- i , S_0 = wilayah prediksi, N = jumlah nilai yang diukur. Pada kriging, bobot, λ_i , tergantung pada model dengan titik-titik yang diukur, jarak ke lokasi prediksi, dan hubungan spasial di antara nilai-nilai yang diukur di sekitar lokasi prediksi (Yingchang Li et al. 2020). selanjutnya, untuk memvalidasi prediksi peta sebaran unsur hara dilokasi penelitian, maka dilakukan validasi model dengan indikator *absolute mean error* (AME) dan *absolute variation error* (AVE). Model dapat diterima apabila memiliki nilai error kurang dari atau sama dengan 10% yang merujuk pada (Widiatmaka et al., 2015; Katili et al. 2025). Berikut ini merupakan persamaan untuk AME dan AVE.

$$\begin{aligned} \text{AME} &= \frac{S_i - A_i}{A_i} \\ \text{AVE} &= \frac{S_s - S_a}{S_a} \\ S_s &= (S_i - S_i)^2 \times N; \quad S_a = (S_a - S_a)^2 \times N \end{aligned}$$

dimana, S_i merupakan nilai sebaran analisis kriging pada N , A_i merupakan nilai aktual. Sementara S_s merupakan deviasi nilai simulasi dan S_a adalah deviasi nilai aktual. Peta distribusi yang diperoleh akan diselaraskan dengan kriteria penilaian NPK sawah baru. Menurut FAO (1976); Ritung et al. (2011), sifat kimia tanah secara umum diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Selanjutnya, hasil dari setiap unsur hara NPK akan ditumpang susun (*overlay*) dengan menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.8* untuk memvisualisasikan distribusi status NPK tanah sawah. Hasil akhir dari penelitian ini akan disajikan dalam bentuk Gambar untuk memberikan informasi mengenai sebaran kategori NPK tanah sawah baru. Menurut Akase & dan Katili (2022), hasil penilaian untuk kategori-kategori tersebut dapat dianalisis lebih lanjut untuk menentukan rekomendasi pemupukan. Sehingga dengan hasil analisis yang diperoleh tersebut akan menentukan rekomendasi pemupukan NPK pada lahan sawah baru di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran Unsur Hara NPK Tanah Sawah Baru Di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan

Unsur hara makro NPK (Nitrogen, Fosfor, dan Kalium) memegang peranan esensial dalam mendukung fisiologi dan pertumbuhan tanaman. Secara spesifik, setiap elemen memberikan kontribusi terhadap tanaman, seperti unsur hara N berperan sentral dalam pembentukan klorofil dan pertumbuhan vegetatif. Sedangkan P berfungsi penting dalam pembelahan sel dan perkembangan sistem perakaran, serta unsur hara K berperan mengatur proses metabolisme hingga pembentukan buah guna meningkatkan kualitas hasil panen.

Hasil analisis tanah pada (13) titik sampel representatif di lokasi penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Nitrogen (N) berkisar antara 0,11% hingga 0,26%, yang diklasifikasikan ke dalam kategori rendah (R) hingga sedang (S). Selanjutnya, ketersediaan hara P berada pada rentang 8,16 ppm hingga 15,01 ppm. Berdasarkan kriteria klasifikasi status kimia tanah dari Pusat Penelitian Tanah

Bogor, nilai tersebut tergolong dalam kategori rendah (R) hingga sedang (S). Sementara itu, unsur Kalium (K) tercatat pada kisaran 0,13 me/100g sampai 0,41 me/100g, yang juga mengindikasikan status kesuburan rendah (R) hingga sedang (S). Secara keseluruhan hasil analisis NPK tanah pada lahan sawah baru di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan telah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai dan status unsur hara NPK lahan sawah baru di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan

Titik Sampel	N		P		K	
	Nilai	Status	Nilai	Status	Nilai	Status
1	0,11	R	10,42	R	0,21	R
2	0,16	R	9,37	R	0,16	SR
3	0,10	R	8,16	R	0,14	SR
4	0,10	R	9,32	R	0,13	SR
5	0,14	R	10,76	R	0,28	R
6	0,18	R	12,72	S	0,34	S
7	0,23	S	13,59	S	0,21	R
8	0,11	R	11,88	S	0,17	SR
9	0,13	R	12,69	S	0,34	S
10	0,11	R	12,61	S	0,28	R
11	0,25	S	12,03	S	0,41	S
12	0,21	S	15,01	S	0,39	S
13	0,26	S	14,96	S	0,41	S

Berdasarkan Tabel 2, secara keseluruhan unsur hara N pada titik sampel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 dan 10 tergolong rendah dengan nilai 0,10-0,18%, sedangkan titik sampel 7, 11, 12, dan 13 tergolong sedang dengan nilai 0,21-0,26% (PPT 1995; Ritung *et al* 2011; Saosang *et al* (2022)). Menurut Saputra & Munir (2024), rendahnya kandungan unsur hara N pada lahan bukaan sawah baru biasanya disebabkan oleh minimnya bahan organik tanah dan proses kehilangan unsur hara alami akibat sifat kimianya yang mudah menguap atau tercuci. Sedangkan Sari *et al* (2021) menyatakan unsur hara N tergolong sedang pada bukaan sawah baru biasanya terjadi karena transisi fungsi lahan. Hal ini disebabkan oleh dekomposisi bahan organik bawaan yang mulai stabil, minimnya sisa biomassa tanaman sebelumnya, dan pencucian hara akibat penggenangan (Nugroho *et al* 2023). Menurut Annisa *et al* (2026) kandungan Nitrogen (N) yang rendah hingga sedang pada tanah sawah bukaan baru umumnya diakibatkan oleh minimnya bahan organik, proses pencucian. Tanah sawah baru sering kali berasal dari konversi lahan (tegalan atau semak) yang memiliki cadangan C-organik dan humus lebih sedikit dibandingkan sawah lama (Sigar *et al*, 2025). Nitrogen sangat mudah terlarut dalam air. Karena sawah baru memerlukan penggenangan air secara terus-menerus, hara N sering tercuci atau terbawa aliran air sebelum sempat diserap oleh akar padi (Tando, 2019). Populasi dan aktivitas bakteri perombak bahan organik di lahan baru masih rendah. Akibatnya, proses mineralisasi (pengubahan sisa tanaman menjadi unsur hara N yang siap diserap) berjalan lambat. Menurut Katili *et al* (2022) lahan baru yang bertekstur kasar/pasiran memiliki pori-pori makro yang tinggi, sehingga unsur hara dan air mudah meresap ke lapisan tanah yang lebih dalam yang berdampak pada rendahnya unsur hara N pada tanah.

Selanjutnya, unsur hara P diperoleh pada titik sampel 1 hingga 5 tergolong rendah dengan nilai 8,16-10,76ppm, sedangkan pada titik sampel 6 hingga 13 tergolong sedang dengan nilai 12,03-15,01ppm. Menurut Nopriani *et al* (2021) Ketersediaan unsur hara fosfor (P) di dalam tanah umumnya sangat rendah akibat tingginya tingkat fiksasi dan penyerapan oleh koloid tanah. Meskipun kandungan total P di dalam tanah sering kali melimpah, unsur ini mudah terfiksasi oleh kation logam seperti Aluminium (Al) dan Besi (Fe) pada tanah masam, atau Kalsium (Ca) pada tanah alkalin, sehingga membatasi ketersediaannya bagi tanaman (Firnias 2018). Pada tanah dengan pH rendah, kelarutan ion Al dan Fe secara relatif meningkat, yang memicu fiksasi P lebih lanjut dan berdampak pada penurunan pertumbuhan tanaman. Di sisi lain, unsur P bersifat tidak mudah hilang melalui proses pencucian (leaching), kecuali pada tanah berpasir, karena ion P akan tetap terjerap dengan kuat pada permukaan koloid tanah. Kondisi ini sejalan dengan temuan Minarsih *et al* (2020) yang menyatakan bahwa kadar P tersedia yang rendah sering kali disebabkan oleh proses pengikatan oleh unsur lain, seperti Al dan

Fe pada tanah masam maupun Ca pada tanah alkalin. Lebih lanjut, menurut Asnandi *et al* (2023), meskipun unsur P tidak mudah tercuci dari profil tanah, ion tersebut tetap berikatan kuat dan terfiksasi pada koloid tanah, sehingga membatasi efektivitas penyerapannya oleh sistem perakaran tanaman.

Unsur hara K tanah pada sawah baru, secara keseluruhan tergolong rendah hingga sedang, yang bervariasi dari setiap titik sampel perwakilan. Pada titik sampel 2, 3, 4 dan 8 tergolong sangat rendah, selain itu, titik sampel 1, 5, 7, dan 10 tergolong rendah, sedangkan pada titik sampel 6, 9, 11, 12, dan 13 tergolong sedang. Distribusi jumlah titik ini menunjukkan bahwa sebagian besar lahan memiliki kandungan kalium yang cukup, namun masih terdapat area dengan kandungan rendah yang berpotensi menjadi pembatas ketersediaan hara. Menurut Jumakir *et al* (2019) kandungan kalium (K) yang rendah hingga sedang di sawah-sawah yang baru dikembangkan umumnya disebabkan oleh pencucian unsur hara. Selanjutnya Yuniarti *et al* (2020) menyatakan unsur hara K rendah dan sedang dikarenakan oleh penyerapan yang tinggi oleh tanaman sebelumnya, bahan induk tanah yang kekurangan K, serta pengelolaan pupuk yang kurang optimal. Menurut Reitemeier (1951); Sardans & Peñuelas (2021) ketersediaan K yang terbatas ini terutama disebabkan oleh ion K yang sangat mudah larut yang tercuci ke lapisan tanah yang lebih dalam dalam kondisi tergenang terus-menerus atau curah hujan tinggi, sehingga tidak dapat dijangkau oleh akar tanaman. Selain itu, tanah berpasir dengan kandungan lempung rendah memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah, sehingga melemahkan kemampuannya untuk menahan nutrisi K (Gurav *et al.* 2024; Ye *et al.* 2024; Kristanti *et al* 2025). Penurunan ketersediaan ini diperparah dalam kondisi asam ($\text{pH} < 5,5$), di mana kation kalium mudah tergeser. Karena sawah yang baru dibuka sering kali bergantung pada cadangan alami, bahan induk yang rendah mineral K secara inheren mengakibatkan status nutrisi yang kurang. Pada akhirnya, konversi lahan dataran tinggi menjadi sistem sawah memicu penurunan drastis ketersediaan K akibat perubahan ekstrem dalam kelembaban tanah dan siklus oksidasi-reduksi yang bergantian selama genangan air yang berkepanjangan (Setiawan *et al.* 2025).

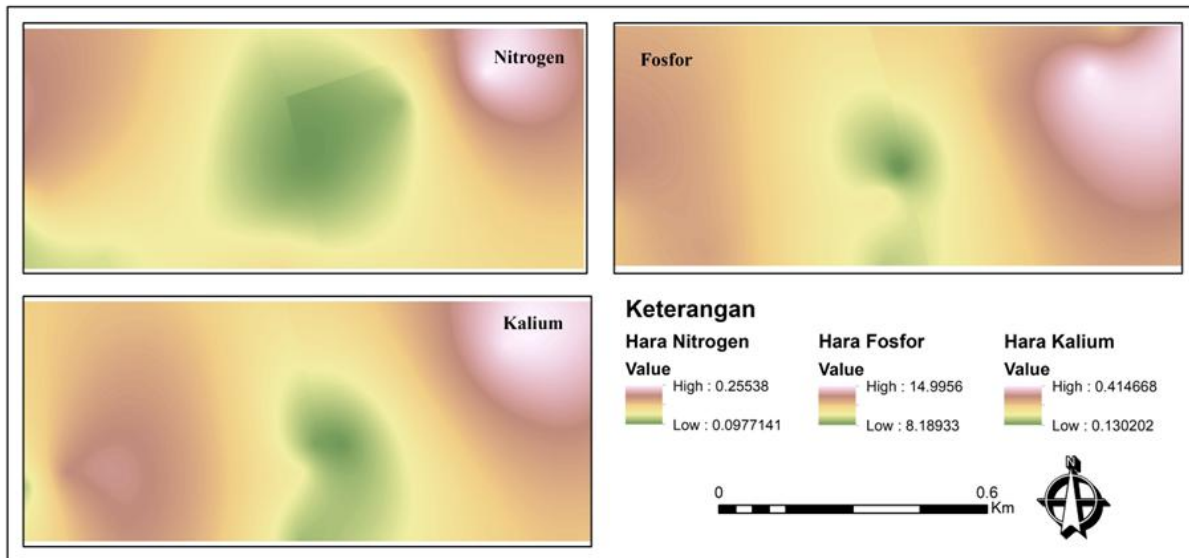
Tahap selanjutnya adalah melakukan kajian pola sebaran spasial unsur hara NPK pada lahan sawah bukaan baru di Desa Booy, Kecamatan Balantak Selatan. Untuk memetakan sebaran unsur hara dan sifat pendukungnya di seluruh area studi, digunakan metode interpolasi *Ordinary Kriging* (OK) guna memprediksi nilai pada titik-titik yang tidak tersampel (Katili *et al.* 2026). Nilai indeks statistik hasil interpolasi (meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi) untuk Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil nilai indeks statistik interpolasi kriging pada unsur hara NPK tanah pada lahan sawah bukaan baru di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan

Variabel	Min	Max	Rerata	Bentuk Model
N	0,10	0,26	0,16	Semivariogram (Exponential)
P	8,16	15,01	11,81	Semivariogram (Spherical)
K	0,13	0,41	0,27	Semivariogram (Spherical)

Analisis ini bertujuan untuk memetakan sebaran kondisi aktual di lapangan yang berguna dalam menentukan nilai atribut. Hasil analisis interpolasi spasial pada Tabel 3 menunjukkan bahwa unsur hara N di lahan sawah bukaan baru memiliki kisaran minimum 0,10 hingga maksimum 0,26 dengan rata-rata 0,16. Untuk unsur hara P, diperoleh nilai minimum 8,16 dan maksimum 15,01 dengan rata-rata 11,81. Sementara itu, unsur hara K pada lahan yang sama memiliki nilai minimum 0,13 hingga maksimum 0,41 dengan rata-rata 0,27. Adapun analisis interpolasi model spasial distribusi unsur hara NPK tanah secara keseluruhan telah disajikan pada Gambar 2. Menurut Tando (2019), unsur hara nitrogen (N) didalam tanah sangat mudah berubah karena penguapan, pencucian atau serapan tanaman. Dengan nilai data penelitian ini yang hanya sedikit (13 titik), sehingga dalam interpolasi ini menggunakan *Ordinary Kriging* dengan model *semivariogram Exponential* (Kurnia 2017; Herlina & Diyono 2020; Sofieyanti & Sirodj, 2024). Menurut Maliva (2016); Linnik *et al.* (2022) Model ini secara matematis memang cocok untuk fenomena yang mengalami perubahan sangat drastis/cepat pada jarak pendek dan mencapai nilai *sill* secara *asimtotik*, sehingga sangat tepat untuk unsur hara N. Sedangkan untuk unsur hara P dan K menggunakan model *semivariogram spherical*. *Spherical* sangat cocok dan merupakan salah satu metode terbaik untuk menginterpolasi unsur hara tanah seperti Fosfor (P) dan Kalium (K) (Katili *et al.* 2025). Hal ini karena unsur hara P cenderung terikat kuat di dalam tanah dan tidak mudah berpindah tempat kecuali terjadi erosi tanah yang besar. Begitu pula dengan kandungan K tanah lebih mobile dari pada unsur hara P tetapi agak lebih stabil

daripada unsur hara N (Afandi *et al*, 2015; Gobel *et al*, 2025). Distribusi K seringkali dipengaruhi oleh kemiringan lereng atau tekstur tanah lempung, karena lebih cenderung menahan K lebih dari pada tanah yang berpasir (Solekhah *et al*, 2024; Suleman *et al*, 2025). Sehingga sangat cocok untuk melakukan interpolasi dengan menggunakan *spherical*. Model *Spherical* sangat ideal karena menunjukkan sifat data tanah yang memiliki korelasi spasial tinggi pada jarak dekat namun konstan pada jarak tertentu (*efek sill*) (Amelia 2016; Katili *et al*, 2025).



Gambar 2. Distribusi hara NPK tanah sawah bukaan baru di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan

Rekomendasi Pemupukan NPK Tanah Sawah Baru Di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan

Menurut Susanti *et al* (2020) pemupukan lahan sawah baru memerlukan pendekatan bertahap untuk membangun kesuburan. Dosis anjuran umumnya diberikan dalam 3 fase yakni 7-10 HST (Hari Setelah Tanam), 21-25 HST, dan 40-45 HST, guna mengoptimalkan pertumbuhan padi sawah. Sebelum tanam, sangat dianjurkan untuk menambahkan katalis pembenah tanah atau bahan organik (pupuk kandang) guna memperbaiki struktur dan pH tanah baru (Dariah *et al*, 2015). Adapun estimasi rekomendasi dosis pemupukan NPK tanah sawah bukaan baru di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan telah disajikan pada Tabel 4.

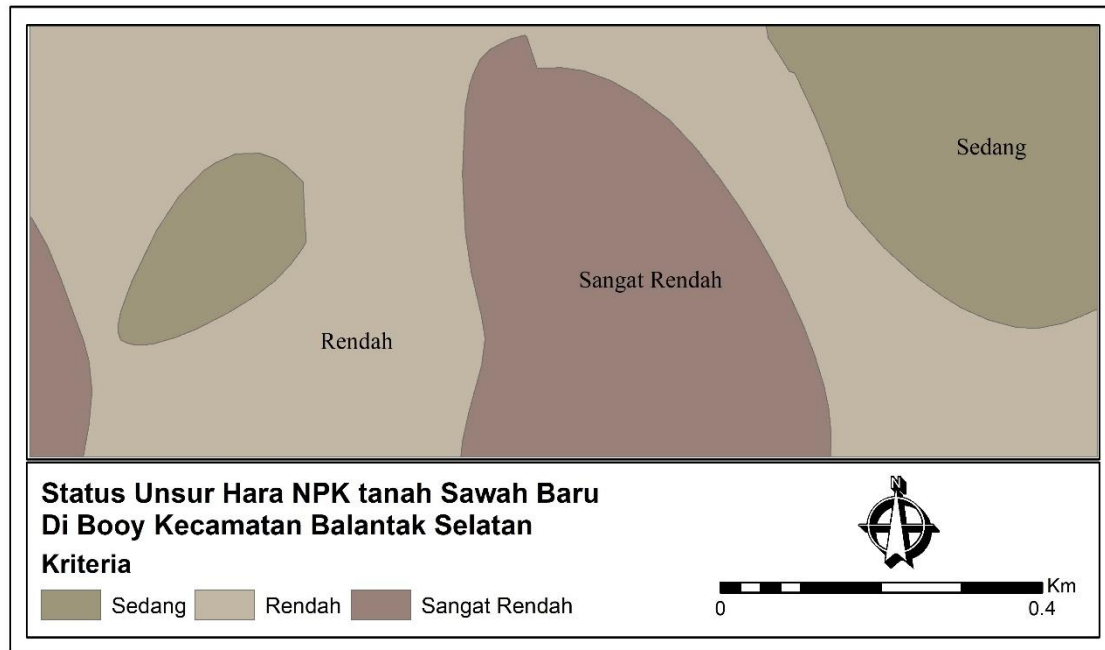
Tabel 4. Estimasi rekomendasi dosis pemupukan NPK tanah sawah di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan

Estimasi Takaran Rekomendasi						Total
Nitrogen	Urea	Fosfor	Sp-36	Kalium	KCl	
R	200 kg/ha	R	100 kg/ha	SR-R	100 kg/ha	400 kg/ha
S	200 kg/ha	S	75 kg/ha	S	50 kg/ha	325 kg/ha
Kombinasi NPK (3 Fase)						Total
Status	7-10 HST	21-25 HST		40-45 HST		
Rendah	160 kg/ha	160 kg/ha		80 kg/ha		400 kg/ha
Sedang	120 kg/ha	150 kg/ha		55 kg/ha		325 kg/ha

Keterangan: SR= sangat rendah; R= rendah; S= sedang; N= nitrogen; P= fosfor; K= kalium; kg= kilogram; ha= hektar; HST= hari setelah tanam.

Berdasarkan Tabel 4, pemupukan pertama (7–10 HST), sangat penting karena pada umur ini, akar tanaman masih beradaptasi dan membutuhkan nutrisi untuk merangsang anakan serta pertumbuhan awal yang kuat. Adapun dosis pemupukan yang perlu dilakukan pada unsur hara NPK tanah berstatus sangat rendah-rendah harus dilakukan pada estimasi 160 kg/ha, yang dicampurkan dengan takaran sekitar 80 kg Urea + 40 kg Sp-36 + 40 kg KCl, yang ditaburkan secara merata di seluruh petak sawah baru. Pemupukan kedua (21–25 HST), sebagaimana fase ini sangat penting untuk pembentukan anakan maksimal (fase vegetatif) dan pembentukan malai, sehingga penggunaan pupuk

yang dicampurkan diestimasi dengan takaran yang sama dengan fase sebelumnya yaitu 160 kg/ha, dengan campuran sekitar 80 kg Urea + 40 kg Sp-36 + 40 kg KCl, yang di tebarkan merata ke lahan pada kondisi air macak-macak (sedikit tergenang namun tidak mengalir). Sedangkan pada pemupukan yang ketiga (40–45 HST) atau biasa disebut dengan fase bunting, yakni tahap untuk mendukung pengisian gabah, memperkuat batang agar tidak mudah rebah, dan menjaga daun tetap hijau hingga masa panen. Adapun dosis yang digunakan yakni 40 kg Urea + 20 kg Sp-36 + 20 kg KCl, yang ditaburkan merata tepat sebelum padi mulai bunting atau memasuki masa generatif. Secara spasial sebaran unsur hara NPK tanah pada lahan sawah baru telah di sajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sebaran status unsur hara NPK tanah sawah baru di Desa Booy Kecamatan Balantak Selatan

Rekomendasi pemupukan NPK tanah sawah bukaan baru berdasarkan sebaran unsur hara NPK sesuai dengan peta pada Gambar 3. Untuk mengatasi kondisi N,P,K rendah hingga sedang, diperlukan upaya perbaikan kesuburan tanah secara terpadu. Penanganan yang dapat dilakukan meliputi pemberian pupuk anorganik seperti SP-36, TSP, atau N,P, K (Bangun & Suryanto 2020; Zaini *et al*, 2022). Selain itu, Yuniarti *et al* (2020) menambahkan, sebaiknya tanah dengan kandungan N,P,K yang tergolong rendah hingga sedang sebaiknya dilakukan penambahan amandemen tanah berupa bahan organik (kompos atau pupuk kandang) untuk meningkatkan ketersediaan dan efisiensi serapan unsur hara N,P,K tanah (Murnita & Taher, 2021). Menurut Wihardjaka (2021) Pengelolaan air yang baik pada lahan sawah juga berdampak terhadap ketersediaan N,P,K dalam tanah. Implikasi pengelolaan lahan berdasarkan data analisis adalah perlunya pendekatan pemupukan spesifik lokasi. Rekomendasi pada lahan dengan status rendah, diperlukan dosis pupuk yang lebih tinggi dibandingkan lahan berstatus sedang. Sedangkan pada lahan berstatus sedang, pemupukan bertujuan untuk mempertahankan dan sedikit meningkatkan kadar hara N,P,K tanah agar tetap berada pada tingkat optimal (Asfianti *et al*, 2025). Tanpa pengelolaan yang tepat, lahan berstatus rendah akan terus mengalami defisiensi, sedangkan lahan berstatus sedang dapat menurun menjadi rendah akibat eksploitasi unsur hara secara terus-menerus (Shihab *et al*, 2025)

Menurut Putra *et al* (2024), rendahnya kandungan unsur hara N,P,K pada lahan sawah baru (bukaan baru) umumnya disebabkan oleh minimnya bahan organik di dalam tanah, tingginya proses pencucian unsur hara (leaching) akibat kondisi lahan yang tergenang, serta tanah yang berasal dari batuan induk yang memang miskin nutrisi. Lahan baru biasanya belum mengalami dekomposisi sisa-sisa tanaman. Menurut Wamnebo *et al* (2023), kandungan C-Organik juga sangat mempengaruhi rendahnya kandungan unsur hara N,P,K tanah yang menyebabkan populasi mikroba pengurai tanah tidak aktif, sehingga unsur hara makro seperti nitrogen tidak dapat tersedia secara alami. Selain itu juga, unsur hara seperti Kalium (K) sangat mudah tercuci atau terbawa oleh air genangan pada petakan

sawah. Selain itu, nitrogen (N) yang masih dalam bentuk ion, juga akan mudah hilang melalui penguapan dan denitrifikasi. Lahan baru yang tergenang sering kali memiliki pH yang tidak seimbang (bisa terlalu masam atau alkalin). Pada kondisi pH masam, unsur hara Fosfor (P) sering kali terfiksasi (terikat kuat) oleh unsur Aluminium (Al) atau Besi (Fe), sehingga tidak dapat diserap oleh akar padi (Suryanti *et al.*, 2024). Sawah yang sudah lama ditanami memiliki simpanan hara dari sisa jerami dan pupuk organik dari musim-musim tanam sebelumnya, sedangkan lahan baru belum memiliki akumulasi residu tersebut (Benauli, 2021). Untuk mengatasi kendala ini dan meningkatkan produktivitas, petani biasanya melakukan Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL). Langkah ini ditempuh melalui penambahan pupuk anorganik NPK sesuai takaran serta aplikasi pupuk organik untuk memperbaiki sifat kimia dan biologi tanah (Putra *et al.*, 2024).

Pupuk organik mengandung unsur hara yang mampu meningkatkan produktivitas tanaman (Hartatik *et al.*, 2015). Salah satu bahan organik yang dapat ditambahkan untuk meningkatkan kandungan fosfor adalah tepung tulang. Tepung tulang merupakan pupuk lepas lambat (slow-release) alami yang terbuat dari sisa tulang hewan atau ikan, serta kaya akan unsur fosfor (P) dan kalsium (Ca). Di dalam tanah, unsur hara tersebut akan dilepaskan secara perlahan melalui proses dekomposisi oleh mikroorganisme. Hal ini membuat ketersediaan unsur hara menjadi lebih stabil dan dapat diserap oleh tanaman dalam waktu yang lebih lama (Hendarto *et al.*, 2024). Penggunaan pupuk organik tersebut juga memberikan manfaat tambahan terhadap tanah, yaitu meningkatkan kandungan bahan organik, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Kondisi tersebut dapat membantu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman (Hartatik *et al.*, 2015; Gulo *et al.*, 2024). Pupuk ini juga dapat dijadikan pilihan alternatif atau tambahan bagi pupuk anorganik guna meningkatkan ketersediaan hara di dalam tanah. Di lahan dengan unsur hara rendah, penggunaan pupuk anorganik seperti SP-36, urea, dan NPK masih tetap diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tanaman secara cepat. Sementara pupuk organik berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah sebagai pupuk tambahan untuk meningkatkan pertumbuhan, efisiensi penggunaan nutrisi, serta memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan unsur hara NPK tanah pada lahan sawah bukaan baru di Desa Booy, Kecamatan Balantak Selatan, tergolong rendah hingga sedang, dengan rincian unsur N (0,10-0,26), P (8,16-15,01), dan K (0,13-0,41). Untuk mengatasi kondisi tersebut, diperlukan perbaikan kesuburan tanah secara terpadu melalui pemupukan anorganik (seperti urea, SP-36, atau NPK) guna pemenuhan nutrisi cepat, yang dikombinasikan dengan amandemen organik (kompos, pupuk kandang, atau tepung tulang) untuk meningkatkan efisiensi serapan, aktivitas mikroba, serta kesuburan jangka panjang sesuai dengan peta sebaran hara.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, F. N., Siswanto, B., & Nuraini, Y. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *JTSL (Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan)*, 2(2): 237-244.
- Amelia, R. 2016. Analisis Spasial Data Tahanan Konus Menggunakan Metode Ordinary Kriging (OK). In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*. 4(1): 65-73.
- Annisa, B., Alvisyahrin, T., & Sufardi, S. 2026. Sifat Fisiko-Kimia Tanah Inceptisols pada Lahan Sawah Bukaan Baru di Kecamatan Jantho Kabupaten Aceh Besar, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 11(1): 1-14.
- Ardani, M. N. 2020. Alih Fungsi Lahan Pertanian Ditinjau Dari Penyelenggaraan Pangan (Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 Tentang Pangan). *Law, Development and Justice Review*, 3(2): 257-274.
- Asfianti, A., Fajarfika, R., & Sativa, N. 2025. Rekomendasi Pengelolaan Hara Terpadu Berdasarkan Interpretasi Hasil Analisis Tanah Pertanian Di Kabupaten Garut. *JAGROS: Jurnal Agroteknologi dan Sains (Journal of Agrotechnology Science)*, 10(1):22-31.

- Ayu, C., & Astiko, W. 2025. Strategi Pengelolaan Lahan Berkelanjutan Dalam Upaya Mengurangi Degradasi Lahan Tanaman Pangan Di Indonesia: Pendekatan Dan Inovasi. *Agroteksos*, 35(2): 639-652.
- Bangun, K. O., & Suryanto, A. 2020. Kombinasi Pemberian Pupuk Urea dan Pupuk SP-36 Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Nanas (*Ananas comosus* L.) cv. Queen. *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(11): 1059-1067.
- Batubara, S. F., Ulina, E. S., Chairuman, N., Tobing, J. M. L., Aryati, V., Manurung, E. D., Purba, H.F & Parhusip, D. 2024. Evaluasi status hara makro nitrogen, fosfor dan kalium di lahan sawah irigasi Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Agrikultura*, 35(1): 59-70.
- Benauli, A. 2021. Kajian status hara N, P, K tanah pada sawah tadah hujan (studi kasus tiga desa di Kecamatan Beringin). *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 23(1): 55-59.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N. L., Hartatik, W., & Pratiwi, E. 2015. Pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal sumberdaya lahan*, 9(2): 67-84.
- Elly, S., & Maitimu, C. V. 2025. Karakteristik Tanah Berdasarkan Kandungan Unsur Hara Makro, C-Organik, dan pH pada Budidaya Salak Merah (*Salacca edulis* Reinw.) di Rumahsoal, Taniwel, Kabupaten Seram Bagian Barat. *JUSTE (Journal of Science and Technology)*, 5(2): 151-161.
- Fahri, R., Wardani, T., & Yanti, S. F. 2025. Rekomendasi Teknis Budidaya Tanaman Padi Terhadap Petani di Desa Sambirejo Timur, Deli Serdang. *PATRIOTIK: Jurnal Inovasi dan Pemberdayaan Masyarakat*, 1(2): 45-55.
- Firnia, D. 2018. Dinamika Unsur Fosfor Pada Tiap Horison Profil Tanah Masam. *Jurnal Agroekoteknologi*, 10(1).
- Gobel, S. S., Nurmi, N., & Ilahude, Z. 2025. Analisis Kadar Hara Makro (N, P, K), C-Organik Pada Lahan Sawah dan Tegalan di Desa Dutohe Kecamatan Kabila. *Jurnal Lahan Pertanian Tropis (JLPT)*, 4(1).
- Gulo, N. O., Lase, S. W. A., Laoli, D. S. T., Gulo, M., & Lase, N. K. 2024. Pemanfaatan lahan dengan sistem pengolahan yang baik dan penggunaan pupuk organik untuk menerapkan sistem pertanian berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(2): 30-39.
- Gurav, P. P., Ray, S. K., Datta, S. C., Choudhari, P. L., & Hartmann, C. 2024. Role of clay cation exchange capacity, location of charge, and clay mineralogy on potassium availability in Indian Vertisols. *Clays and Clay Minerals*, 72, e3.
- Hartatik, W., Husnain, H., & Widowati, L. R. 2015. Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2):140352.
- Hendarto, B., Novpriansyah, H., Septiana, L. M., Hidayat, K. F., & Yusnaini, S. 2024. Aplikasi bahan pembenah tanah dan pemupukan npk terhadap ketersediaan dan serapan hara fosfor pada tanaman jagung (*zea mays* l.) di tanah ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(2): 461-468.
- Herlina, H., & Diyono, D. 2020. Analisis Geostatistik untuk Pemetaan Perubahan Kualitas Air Tanah Kawasan Karst Kabupaten Gunungkidul. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 3(01): 1-12.
- Jumakir, J., Adri, A., & Rustam, R. 2019. Keragaan dan Produktivitas Beberapa Varietas Unggul Baru Padi di Lahan Sawah Bukaas Baru Provinsi Jambi. *In Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (1): 478-486.
- Katili, H. A., Sariani, S., & Ongky, O. 2025. Spatial distribution of nutrients to determine soil fertility in mixed farming based on geostatistical Kriging. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(3): 7723-7738.
- Katili, H. A., Sotomani, E., Sapae, B., & Puspaprawati, D. 2022. Penilaian Lahan untuk Pengembangan Padi Sawah di Kecamatan Bualemo dan Kecamatan Pagimana Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah. *Agrikultura*, 33(3): 410-419.
- Katili, H. A., Makotos, N., Djamaluddin, I., & Rahman, R. 2026. Sebaran Unsur Hara Dalam Menentukan Kesuburan Tanah Untuk Tanaman Jagung Di Kecamatan Simpang Raya Kabupaten Banggai. *JTSL (Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan)*, 13(2): 388-403.

- Kristanti, N. A., Sasongko, P. E., & Wijayanti, F. 2025. Potensi Pemanfaatan Pembenh Tanah untuk Perbaikan KTK dan Daya Pegang Air pada Tanah Berpasir. *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 13(1): 35-41.
- Kurnia, D. I. 2017. *Interpolasi Sequential Kriging dan Simple Kriging terhadap Data Ketebalan Batubara*. Departemen Statistika, Universitas Brawijaya, Malang.
- Kurnia, N. H., Sasli, I., & Wasian, W. 2021. Pengaruh pemupukan fosfat dan kalium terhadap pertumbuhan dan hasil gabah padi hitam di sawah tadah hujan. *Jurnal Teknologi Pangan dan Industri Perkebunan (LIPIDA)*, 1(1): 31-39.
- Laksitarani, S. D., Dewanto, E., & Rokhminarsi, E. 2020. Efektivitas Pupuk Kandang Berbasis Kompos Azolla microphylla dan Pemakaian Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan serta Hasil Tomat Cherry. *Jurnal Agro Wiralodra*, 3(1).
- Linnik, V. G., Bauer, T. V., Minkina, T. M., Mandzhieva, S. S., & Mazarji, M. 2022. Spatial distribution of heavy metals in soils of the flood plain of the Seversky Donets River (Russia) based on geostatistical methods. *Environmental Geochemistry and Health*, 44(2): 319-333.
- Maliva, R. G. 2016. *Geostatistical methods and applications. In Aquifer Characterization Techniques: Schlumberger Methods in Water Resources Evaluation Series*. No. 4. 595-617. Cham: Springer International Publishing.
- Maulidan, K., & Putra, B. K. 2024. Pentingnya unsur hara fosfor untuk pertumbuhan tanaman padi. *Journal of Biopesticides and Agriculture Technology*, 1(2): 47-54.
- Mulyani, A., Nursyamsi, D., & Syakir, M. 2017. Strategi pemanfaatan sumberdaya lahan untuk pencapaian swasembada beras berkelanjutan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(1):11-22.
- Murnita, M., & Taher, Y. A. 2021. Dampak pupuk organik dan anorganik terhadap perubahan sifat kimia tanah dan produksi tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah*, 15(2).
- Mustamin, M., Samudin, S., Mustakim, M., & Ainun, N. 2025. Pengaruh Berbagai Dosis Pupuk Npk Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Padi Gogo Lokal Kultivar Pae Bohe. *Journal of Agricultural Science, Animal Husbandry and Agrotechnology Research*, 1(2): 68-91.
- Mustapa, L. A., Purnamadewi, Y. L., & Dharmawan, A. H. 2019. Dampak dan keberlanjutan program cetak sawah di Kabupaten Katingan, Provinsi Kalimantan Tengah. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 17(2): 123-137.
- Nasrudin, N., Isnaeni, S., & Hamdah, H. 2021. Respon pertumbuhan vegetatif padi (*Oryza sativa* L.) tercekam salinitas menggunakan dua jenis amelioran organik dengan umur bibit berbeda. *Agroteknika*, 4(2): 75-85.
- Nopriani, L. S., Hadiwijoyo, E., Hanuf, A. A., & Sholikah, D. H. 2021. *Pengelolaan P Tanah Dan Pemupukan Fosfat*. Universitas Brawijaya Press.
- Nugroho, G. A., Lutfi, M. W., & Hanuf, A. A. 2023. *Pengelolaan N-tanah dan Pemupukan N*. Universitas Brawijaya Press.
- Putra, R. E., Rayes, M. L., Kurniawan, S., & Ustiatik, R. 2024. Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Dan Anorganik Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Serta Produksi Padi Pada Lahan Kering Yang Disawahkan. *Agrikultura*, 35(1): 136-150.
- Ramadhan, S., & Murti, R. P. W. 2024. Dinamika Alih Fungsi Lahan Sawah dan Upaya Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan di Wilayah Metropolitan Sarbagita. *Tunas Agraria*, 7(3): 303-325.
- Reitemeier, R. F. 1951. Soil potassium. *Advances in agronomy*, 3, 113-164.
- Ridwan, R., & Tinggogoy, D. D. 2023. Kajian Penggunaan Pupuk Kandang Kambing pada Lahan Sawah Bukaas Baru terhadap Produksi Padi Sawah (*Oryza Sativa* L.) di Desa Lape Kecamatan Poso Pesisir Kabupaten Poso. *Agropet*, 16(2): 70-77.
- Saputra, M. F. W., & Munir, M. 2024. Estimasi kandungan bahan organik tanah di lahan tanaman jeruk, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang menggunakan indeks vegetasi dan sistem informasi geografis. *JTSL (Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan)*, 11(1): 183-192.

- Sardans, J., & Peñuelas, J. 2021. Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. *Plants*, 10(2): 419.
- Sari, S. M., Kumolontang, W. J., & Warouw, V. C. 2021. Analisis kadar hara nitrogen total pada tanah sawah di Tapadaka kecamatan Dumoga Tenggara kabupaten Bolaang Mongondow. *Soil Environmental*, 21(3): 29-33.
- Sembiring, J., Ofre, O., Mendes, J., & Rante, N. 2023. Respon Pertumbuhan dan Tingkat Serangan Hama Pengerek Batang pada Berbagai Varietas Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) yang Ditanam di Lahan Buka Baru Kabupaten Merauke, Provinsi Papua. *Agrikultura*, 34(1): 144-153.
- Setiawan, E., Astid, R., & Faisal, R. A. 2025. *Kebutuhan Mineral Pada Lahan Kering*. Penerbit KBM Indonesia.
- Shihab, A. Baharuddin, & Suwardji. 2025. Penilaian Status Unsur Hara Fe (Besi) Pada Tanah Inceptisol Di Lahan Sawah Intensif Di Kecamatan Narmada. *Journal of Soil Quality and Management (JSQM)*.
- Sigar, A. D., Susetyo, Y. A., Mustikasari, R., Simanjuntak, B. H., Setiawan, A. W., & Banjarnahor, D. 2025. Simpanan Karbon Tanah pada Lahan Sawah Irigasi, Sawah Tadah Hujan, dan Tegalan di Kecamatan SUB-DAS Tuntang Hulu. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 13(2): 255-270.
- Sofieyanti, N., & Sirodj, D. A. N. 2024. Estimasi Laju Penurunan Muka Tanah DKI Jakarta Tahun 2022 Menggunakan Metode Ordinary Kriging. *In Bandung Conference Series: Statistics* (4), 2.725-735.
- Solekhah, B. A., Priyadarshini, R., & Maroeto, M. 2024. Kajian pola distribusi tekstur terhadap bahan organik pada berbagai penggunaan lahan. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 7(1): 256-265.
- Suleman, D., Alam, S., & Yusuf, D. N. 2025. Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Kualitas Tanah Pada Pertanaman Nilam Di Kecamatan Wolasi, Kabupaten Konawe Selatan. *Agrica*, 18(1): 76-86.
- Suryanti, T. A., Suswati, D., & Hazriani, R. 2024. Kajian status kesuburan tanah sawah untuk tanaman padi di Desa Tempurukan Kecamatan Muara Pawan. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 13(1): 327-336.
- Susanti, Z., Rumanti, I. A., Mulyani, A., Setyorini, D., Syahbuddin, H., Sasmita, P., Widowari, L.R., Anggara, A.W., Wijanarko, A., Nugroho, Y. and Hasmi, I. & Norvyani, M. 2020. *Rekomendasi Budidaya Padi pada Berbagai Agroekosistem*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.
- Suwandi, S., Sopha, G. A., & Yufdy, M. P. 2015. Efektivitas Pengelolaan Pupuk Organik, NPK, Dan Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bawang Merah. *Jurnal Hortikultura*, 25(3): 208-221.
- 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): 171-180.
- Wamnebo, S. I., Kaya, E., & Siregar, A. 2023. Status Hara Nitrogen, Fosfor, dan Kalium pada Lahan Sawah di Desa Savana Jaya Kecamatan Waeapo Kabupaten Buru. *Jurnal Agrosilvopasture-Tech*, 2(2): 531-538.
- Widodo, T. W., & Damanhuri, F. N. U. 2021. Pengaruh dosis nitrogen terhadap pembentukan tunas dan pertumbuhan padi ratun (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 21(1): 50-53.
- Wihardjaka, A. 2021. Dukungan Pupuk Organik Untuk Memperbaiki Kualitas Tanah Pada Pengelolaan Padi Sawah Ramah Lingkungan. *Jurnal Pangan*, 30(1): 53-64.
- Ye, C., Zheng, G., Tao, Y., Xu, Y., Chu, G., Xu, C. & Wang, D. 2024. Effect of soil texture on soil nutrient status and rice nutrient absorption in paddy soils. *Agronomy*, 14(6): 1339.
- Yuniarti, A., Solihin, E., & Arief Putri, A. T. 2020. Aplikasi Pupuk Organik Dan N, P, K Terhadap Ph Tanah, P-Tersedia, Serapan P, Dan Hasil Padi Hitam (*Oryza sativa* L.) pada inceptisol. *Jurnal Kultivasi*, 19(1), 4.
- Zaini H., Sami, M., Fachraniah., Nahar, & Ariefin 2022. Pelatihan Pembuatan Pupuk Npk Majemuk Dari Pupuk Tunggal Urea: 46%, Sp 36: 36% Dan Kcl: 60% Bagi Petani Padi Di Desa Alue Lim Kec. Blang Mangat Kota Lhokseumawe. *Jurnal Vokasi*, 6(3).