AGRICA: Journal of Sustainable Dryland Agriculture, 18 (2): 277-290 (2025)
URL: https://e-journal.uniflor.ac.i/index.php/Agr/article/view/6773
DOI: https://doi.org/ 10.37478/agr.v18i2.6773

EVALUASI STATUS KESUBURAN TANAH PADA TANAMAN PADI DI KECAMATAN SOA KABUPATEN NGADA

EVALUATION OF SOIL FERTILITY STATUS OF RICE CROPS IN SOA DISTRICT, NGADA REGENCY

Maria Ivandi Sombo Hurynt[1], Emilia Simplisiu Ake Wangge[1], Maria Tensiana Tima[2*]
[1]Program Studi Agroteknologi, Universitas Flores
Jln. Sam Ratulangi XX Paupire, Ende, Nusa Tenggara Timur-Indonesia
[2]Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Flores
*Email Coresponden: tencyello@gmail.com

Info Artikel Diterima: 23/09/2025 Direvisi: 09/10/2025 Disetujui: 26/11/2025

ABSTRAK

Kesuburan tanah merupakan faktor kunci dalam pertanian yang mempengaruhi tidak hanya produktivitas tetapi juga keberlanjutan usaha tani. Lahan sawah di Kecamatan Soa, Kabupaten Ngada, terdiri atas sawah irigasi dan tadah hujan yang dikelola dengan cara berbeda. Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan tanpa tambahan bahan organik dikhawatirkan menurunkan mutu tanah, sehingga perlu dilakukan kajian untuk mengetahui status kesuburan tanah pada kedua tipe lahan tersebut. Penelitian dilaksanakan melalui survei lapangan dengan pengambilan sampel tanah di enam lokasi, masing-masing tiga pada sawah irigasi dan tiga pada sawah tadah hujan. Setiap lokasi diambil lima titik sampel menggunakan metode diagonal pada kedalaman 0–20 cm. Sampel dianalisis di Laboratorium Kimia Tanah Universitas Nusa Cendana untuk mengetahui pH, C-Organik, N-Total, P-Tersedia, K-Tersedia, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan Kejenuhan Basa (KB). Data hasil analisis kemudian dievaluasi dengan metode matching dan uji t untuk melihat perbedaan antar jenis lahan. Hasil analisis memperlihatkan bahwa lahan irigasi tergolong subur hingga sangat subur dengan kandungan P dan K tinggi, nilai KTK serta KB sangat tinggi, serta C-Organik pada kategori sedang. Sebaliknya, lahan tadah hujan menunjukkan kesuburan bervariasi dari rendah hingga tinggi dengan kendala utama rendahnya C-Organik, P, dan K. Uji t menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan secara statistik, namun secara agronomis perbedaan tingkat kesuburan tanah antar lokasi cukup jelas. Penelitian ini menegaskan pentingnya penambahan bahan organik serta penerapan pemupukan berimbang terutama pada lahan tadah hujan, guna menjaga ketersediaan hara dan mendukung keberlanjutan produksi padi.

KATA KUNCI: Kesuburan tanah, Sawah irigasi, Sawah tadah hujan, Sifat kimia tanah

ABSTRACT

Rice productivity is influenced by soil fertility. Rice fields in the Soa District consist of irrigated and rain-fed rice fields managed differently. Excessive use of chemical fertilizers without the addition of organic matter is feared to reduce soil quality, so a study is needed to determine the status of soil fertility in both types of land. The study was conducted through a field survey with soil sampling at six locations, three each in irrigated rice fields and three in rain-fed rice fields. At each location, five sample points were taken using the diagonal method at a depth of 0–20 cm. Samples were analyzed at the Soil Chemistry Laboratory of Nusa Cendana University to determine pH, Organic Carbon, Total Nitrogen, Available Phosphate, Available Potassium, Cation Exchange Capacity (CEC), and Base Saturation (BCC). The analyzed data were then evaluated using the matching method and t-test to see differences between land types. The analysis results showed that the irrigated land is classified as fertile to very fertile, with high P and K content, very high CEC and BCC values, and medium Organic Carbon Content. In contrast, rainfed land showed varying fertility levels from low to high, with the main constraints being low organic carbon, phosphorus, and potassium. The t-test showed no statistically significant differences, but agronomically, the differences between locations were quite clear. This study highlights the importance of incorporating organic matter and implementing balanced fertilization, particularly in rainfed areas, to maintain nutrient availability and promote sustainable rice production.

KEYWORDS: *Irrigated rice fields, Rain-fed rice fields, Soil fertility, Soil chemical properties*

Cite this as: Ivandi S Hurynt, Emilia S.A Wangge, Maria T Tima (2025). Evaluasi status kesuburan tanah pada tanaman padi di kecamatan Soa kabupaten Ngada. Agrica: Journal of Sustainable Agriculture, 18(2), 277-290. doi: https://doi.org/ 10.37478/agr.v18i2.6773

Copyright (c) 2025 Ivandi S Hurynt, Emilia S.A Wangge, dan Maria T Tima. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan media pertumbuhan yang menyediakan unsur hara bagi tanaman. Unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan hasil tanaman ditentukan oleh kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman. Kesuburan tanah merupakan kemampuan untuk menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk menunjang pertumbuhan dan produksinya (Sa'adah & Chusnah, 2021).

Kesuburan tanah merupakan kesediaan tanah terhadap unsur hara dalam keadaan yang cukup dan seimbang untuk menjamin pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimum (Pinatih *et al*., 2015). Pengolahan tanah secara terus menerus berdampak pada tingkat kesuburan tanah. Tanah sawah merupakan tanah yang dimanfaatkan untuk menanam padi dengan metode pelumpuran dan penggenangan yang digunakan bercocok tanam padi. Perbedaan pola tanam dan lama penggenangan bedampak pada perbedaan sifat – sifat tanah sawah yang diolah (Limbong *et al*., 2017).

Terdapat dua tipe sawah di Kecamatan Soa Kabupaten Ngada yaitu sawah tadah hujan dan sawah irigasi. Pada lahan sawah tadah hujan unsur hara yang didapat hanya mengandalkan pupuk yang diberikan oleh petani. Sedangkan lahan sawah irigasi selain menggunakan pupuk, juga mendapatkan unsur hara lewat air irigasi yang banyak mengandung lumpur dan adanya penggenangan yang dapat mengubah pH tanah menjadi lebih netral yang memungkinkan hara lebih tersedia (Virzelina *et al*., 2019)

Data Produktivitas padi di Kabupaten Ngada menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2018 produksi tanaman padi sebesar 53.215 ton, luas panen 10.572 ha, tahun 2019 55.563 ton, luas panen 12.163 ha, tahun 2020 51.771 ton, luas panen 10.061ha, tahun 2021 54.380 ton, luas panen 10.404 ha, tahun 2022 48.062 ton, luas panen 11.334 ha, tahun 2023 produksi tanaman padi sebesar 57.618,67 ton, luas panen 11.223,39 ha, tahun 2024 produksi padi sebesar 46.144,71 ton, luas panen 9.370,09 ha. Data ini menunjukkan produktivitas padi dari tahun 2018 mengalami fluktuasi dan pada tahun 2024 produktivitasnya semakin menurun.

Berdasarkan hasil wawancara dengan petani di Desa Libunio dan Waepana, untuk meningkatkan produktivitas padi, para petani selalu menggunakan pupuk anorganik seperti pupuk urea dan phonska. Pupuk anorganik digunakan untuk memenuhi kebutuhan hara dalam tanah dengan dosis yang lebih tinggi dari dosis anjuran. Dosis anjuran pemupukan padi sawah adalah Urea sebanyak 200–250 kg/ha, Phonska 300–350 kg/ha. Jika pemberian pupuk melebihi dosis tersebut, maka meskipun dalam jangka pendek dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, dalam jangka panjang justru dapat menurunkan kualitas kesuburan tanah akibat pengasaman tanah, penurunan C-organik, serta ketidakseimbangan hara (Murnita *et al*., 2021) . Pupuk yang digunakan pada lahan sawah irigasi, varietas padi IR adalah pupuk Urea 100 Kg, Ponska 100 Kg dengan lahan seluas ½ ha. Pupuk diberikan sebanyak dua kali yaitu 2 minggu setelah tanam dan 6 minggu setelah penyiraman pupuk pertama. Sedangkan dosis pupuk untuk sawah tadah hujan, pemupukan pertama Urea 50 kg, Phonska 150 kg untuk ½ ha dan pemupukan kedua biasanya hanya menggunakan pupuk Phonska 100 kg. Penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas kesuburan tanah secara biologis, fisik, maupun

kimia. Penggunaan pupuk kimia meninggalkan residu didalam tanah, air atau tanaman, juga menyebabkan kerusakan tanah dan pencemaran lingkungan (Ammurabi, 2020). Selain itu, petani di Desa Waepana dan Desa Libunio melakukan pengolahan lahan secara terus menerus tanpa adanya masa bera. Menurut Soepardi (1993) dalam (Bhakti *at al*, 2017) , pemanfaatan lahan secara intensif dapat menimbulkan beberapa masalah antara lain pemadatan tanah, berkurangnya ketersediaan air tanah, sistem perakaran tanaman menjadi kurang berkembang, kandungan bahan organik menurun, serta terjadi kerusakan struktur dan agregat tanah.

Permasalahan kesuburan tanah di Kecamatan Soa tersebut mengakibatkan penurunan produksi padi pada kedua jenis sawah. Tahun 2024 produksi padi sebesar 46.144,71 ton dengan luas panen luas panen 9.370,09 ha padahal pada tahun 2023 produksi tanaman padi sebesar 57.618,67 ton, luas panen 11.223,39 ha. Pupuk NPK yang diberikan bersifat volatil, sehingga mudah menguap jika terkena panas dan ketika musim penghujan terjadi pencucian unsur hara sehingga unsur hara yang ada didalam tanah kurang terpenuhi. Intensifnya penggunaan lahan sawah tanpa adanya pergiliran tanaman mengakibatkan unsur hara di dalam tanah terkuras. Hal ini diperkuat oleh peryataan (Junita *et al.*, 2022) bahwa pada lahan dengan pola tanam padi-padi terjadinya penurunan kesuburan tanah yang disebabkan pengangkutan bahan organik tanpa pengembalian lagi kedalam tanah.

Kebiasaan petani yang membakar jerami pada saat panen padi atau mengangkut jerami ke luar areal persawahan akan mendorong penurunan kandungan bahan organik dan juga rendahnya kandungan bahan organik dalam tanah. Pengembalian dalam bentuk abu dapat meningkatkan kadar kation basa, terutama K, sehingga terjadi efisiensi pemupukan K (Hartono, *at al*., 2022) meskipun pemberian dalam bentuk abu tidak meningkatkan C organik dan N-total tanah. Kondisi anaerob pada tanah menurunkan proses pelapukan dan mineralisasi bahan organik (Virzelina *et al*., 2019), dan ketersedian air yang tidak cukup (Mahbub *et al*., 2018) menyebabkan tanah retak bahkan pecah pada musim kemarau. Menurunnya fertilitas tanah menjadi faktor penting yang mempengaruhi produktivitasnya, sehingga proses pemupukan untuk meningkatkan kandungan unsur hara sangat penting dilakukan untuk peningkatan hasil pertanian.

Informasi tersebut dapat menjadi acuan untuk mengetahui kesuburan tanah sawah yang ada di Kecamatan Soa. Lahan sawah di Kecamatan tersebut cukup luas, namun pengembangan budidaya tanaman pangan masih belum optimal. Hal ini dapat terjadi karena kekeliruan pengelolaan tanah. Selain itu kurangnya data kesuburan tanah yang menyulitkan para petani dalam penentuan jenis dan dosis pupuk yang tepat untuk mendukung produksi yang optimal. Data kesuburan dapat diperoleh dengan melakukan evaluasi kesuburan tanah yang ditentukan oleh sifat kimia tanah yang meliputi N, P, dan K, pH, KB, dan KTK. Sifat kimia tanah ini sangat penting dalam mengevaluasi lahan untuk menilai status kesuburan tanahnya (Trinurani Sofyan *et al*., 2019). Kesuburan tanah memegang peranan penting dalam meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman. Kesuburan tanah juga dapat dilihat secara langsung

pada keadaan pertumbuhan tanaman yang menjadi salah satu indikator terjadinya defisiensi hara. Maka perlu dilakukan penelitian tentang evaluasi kesuburan tanah untuk mengetahui kriteria sifat kimia dan kesuburan tanah serta perbandingan sifat kimia tanah sawah tadah hujan, dan sawah irigasi di Kecamatan Soa.

METODE

Penelitian dilaksanakan di area sawah irigasi dan tadah hujan yang terdapat di Desa Waepana dan Desa Libunio, Kecamatan Soa, Kabupaten Ngada. Analisis kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Universitas Nusa Cendana Kupang. Penelitian dilakukan selama 3 bulan yaitu dari bulan Januari-Maret 2025.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah yang digunakan untuk analisis kimia tanah. Sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu, plastik es, parang, pH meter, spidol, kamera, bor tanah, ring sampel, ravia dan alat tulis.

Lokasi penelitian di Desa Waepana yang memiliki sawah irigasi dan Desa Libunio (Sawah tadah hujan) Kecamatan Soa Kabupaten Ngada. Pemilihan lokasi penelitian dengan metode purposive sampling dengan pertimbangan yaknijenis sawah irigasi dan sawah tadah hujan,menggunakan pupuk anorganik serta varietas padi IR dan Ciherang. Karena itu, terdapat 6 lokasi penelitian, yang terdiri dari 3 lokasi penelitian pada sawah irigasi dan 3 lokasi pada sawah tadah hujan.

Penentuan titik sampel dilakukan mengunakan sistem diagonal. Setiap Lokasi penelitian, dibuat titik sampel berbentuk diagonal sehingga menghasilkan 5 titik sampel. Jadi berdasarkan sistem diagonal ini, setiap Lokasi penelitian terdapat 5 titik sampel tanah. Pengambilan sampel tanah menggunakan teknik sampel tanah terganggu menggunakan bor lalu tanah disimpan dalam plastik. Setiap titik sampel, diambil sebanyak 500 gram yang di gali tanahnya dari kedalaman 0-20 cm. Selanjutnya sampel tanah pada setiap lokasi yang sama dicampur atau dikomposit.

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah C-Organik, N Total Tanah, P-Tersedia Tanah, K-Tersedia Tanah, Kapasitas Tukar Kation, Kejenuhan Basa, pH Tanah. Sampel tanah dianalisis berdasarkan masing-masing metode untuk setiap variabel kimia tanah. Data hasil analisis laboratorium, dianalisis lebih lanjut dengan metode *matching* untuk mengetahui karakteristik kimia dan status kesuburan tanahnya, dengan menggunakan kriteria penilaian status kimia tanah, sedangkan status kesuburan tanah dianalisis untuk mengetahui kriteria penilaian kesuburannya (PPT, 1995). Analisis lebih lanjut untuk mengetahui perbandingan sifat kimia tanah pada kedua lokasi menggunakan uji T.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat kimia tanah sawah irigasi dan tadah hujan yang terdapat di Desa Waepana dan Desa Libunio, Kecamatan Soa. Variabel yang dapat diamati yaitu pH Tanah, C –Organik, N –Total, P –Tersedia, K –Tersedia, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB). Hasil analisis sifat kimia tanah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Analisis Kimia Tanah

No	Variabel pengamatan	Hasil Analisis					
		I1	I2	I3	TH1	TH2	TH3
1	pH Tanah	6,2 AM	6,22 AM	6,1 AM	6,36 AM	6,3 AM	6,32 AM
2	C-Organik	2,28 S	2,69 S	2,22 S	0,84 SR	0,53 SR	2,28 S
3	P-Tersedia	46,82 ST	58,14 ST	45,38 ST	13,98 T	7,88 R	47,36 ST
4	K-Tersedia	61,15 ST	76,51 ST	57,8 T	36,61 S	44,07 T	66,19 ST
5	KTK	41,46 ST	45,02 ST	41,1 ST	32,92 T	32,3 T	41,86 ST
6	KB	82,81ST	81,85 ST	80,35 ST	79,92 T	75,60 T	86,64 ST
7	N-Total	0,18 R	0,23 S	0,18 R	0,10 R	0,11 R	0,19 R

Keterangan
I1 : kode sampel tanah irigasi lokasi 1
I2 : kode sampel tanah irigasi lokasi 2
I3 : kode sampel tanah irigasi lokasi 3
TH1: kode sampel tanah tadah hujan lokasi 1
TH2: kode sampel tanah tadah hujan lokasi 2
TH3: kode sampel tanah tadah hujan lokasi 3
ST: Sangat Tinggi, T: Tinggi, S: Sedang, R: Rendah, SR: Sangat Rendah, AM : Agak Masam

Kriteria Kimia Tanah

Hasil analisis kriteria Kimia tanah pada setiap lokasi penelitian menunjukan setiap lokasi penelitian memiliki kriteria kimia yang berbeda yaitu dari agak masam sampai rendah. Kriteria kimia tanah tersebut dapat diihat pada Tabel 1.

pH Tanah

Hasil analisis laboratorium kimia tanah menunjukkan bahwa pH tanah sawah irigasi dan tadah hujan pada lokasi I_1, I_2, I_3, TH_1, TH_2, TH_3 berturut – turut adalah 6,2, 6,22, 6,1, 6,36, 6,3, dan 6,32. Berdasarkan klasifikasi pH tanah, nilai ini menunjukan bahwa tanah berada dalam kategori agak masam. Nilai pH tanah dapat dipengaruhi oleh penggunaan pupuk anorganik dengan dosis diatas dosis anjuran untuk tanaman (Dharmayanti, 2013; Padmanabha *et al*., 2014).

Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan di Desa Waepana dan Desa Libunio, Kecamatan Soa, diketahui bahwa praktik pengolahan lahan dan teknik budidaya pada padi sawah tadah hujan maupun sawah irigasi menunjukkan bahwa pH tanah dipengaruhi oleh penggunaan pupuk kimia yang berpotensi meningkatkan keasaman tanah, sehingga dapat berdampak pada penurunan ketersediaan unsur hara dan produktivitas tanaman.

Menurut (Chen & Huang, 2024), sekitar 30–50% lahan pertanian di dunia tergolong dalam kategori tanah masam. Keasaman tanah tersebut umumnya disebabkan oleh proses pencucian basa oleh curah hujan tinggi, penggunaan pupuk kimia secara berlebihan, serta intensitas pengolahan tanah yang tinggi. Ketiga faktor ini menyebabkan hilangnya kation-kation basa seperti kalsium, magnesium, dan kalium, serta meningkatkan konsentrasi ion hidrogen di dalam tanah, yang pada akhirnya menurunkan pH tanah secara signifikan.

Pengasaman tanah berdampak langsung pada penurunan kemampuan akar tanaman dalam menyerap unsur hara esensial, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium (Wang et al., 2025).

Akibatnya, pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, baik pada fase vegetatif maupun generatif. Selain itu, pemupukan intensif menggunakan pupuk berbasis amonium juga dilaporkan dapat menurunkan pH tanah hingga 1,4unit dalam waktu singkat, sehingga mempercepat laju pengasaman dan memperburuk kualitas tanah secara keseluruhan.

C – Organik

Kandungan C – Organik pada lahan sawah irigasi maupun tadah hujan di Kecamatan Soa tergolong sedang sampai sangat rendah. Dengan nilai (I1, 2,23%), (I2, 2,68%), (I3, 2,22%), (TH1, 0,84%), (TH2, 0,53%), dan (TH3, 2,28%).

Nilai C – Organik pada tanah penelitian tergolong sedang disebabkan karena minimnya pemberian bahan organik ke dalam tanah, baik berupa pupuk organik maupun seresah-seresah. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan di Desa Waepana dan Desa Libunio, Kecamatan Soa, diketahui bahwa praktik pengolahan lahan dan teknik budidaya pada padi sawah tadah hujan maupun sawah irigasi berpengaruh terhadap kadar C-organik tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan C-organik berada pada kategori sedang, yang berarti ketersediaan bahan organik cukup untuk mendukung proses biologis tanah, namun belum optimal untuk mencapai produktivitas padi yang maksimal. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh kebiasaan petani yang lebih mengandalkan pupuk kimia dibandingkan pupuk organik, sehingga pasokan bahan organik ke tanah terbatas. Kadar C-organik yang hanya berada pada tingkat sedang dapat membatasi perbaikan struktur tanah, retensi air, dan ketersediaan unsur hara, yang pada akhirnya berpotensi menurunkan hasil panen padi. Hal ini didukung oleh (Widodo,et al., 2016), bahwa lahan yang dolah secara terus menerus dan diikuti dengan pemberian pupuk kimia dalam jangka Panjang tanpa ada pupuk organik akan menyebabkan penurunan kandungan bahan organik tanah, kualitas tanah, dan produksi tanaman.

Tanah dengan kadar C-organik sangat rendah menunjukkan risiko tinggi terhadap degradasi kesuburan, menurunnya stabilitas struktur tanah, kapasitas penahan air, dan aktivitas mikroba. Minimnya C-organik membuat tanah tidak mampu menyimpan dan melepaskan hara secara optimal, sehingga penggunaan pupuk ecer dan tidak efisien. Studi di Afrika Barat menunjukkan bahwa ambang minimal C-organik untuk respons pupuk nitrogen adalah antara 1,7–3,5 mg/kg (~ 0,17–0,35 %). Oleh karena itu, perlu strategi pemulihan terpadu seperti penerapan pupuk organik, rotasi pertanian, dan penggunaan biochar untuk meningkatkan fraksi stabil dan total C-organik secara berkelanjutan.

P – Tersedia

Kadar fosfor tanah dari enam titik pengambilan sampel menunjukkan nilai berkisar antara 7,88 ppm hingga 58,14 ppm. Berdasarkan klasifikasi menurut Balai Penelitian Tanah Bogor (1995), nilai fosfor > 15 ppm dikategorikan sebagai sangat tinggi, 11-15 ppm sebagai tinggi, 8-10 ppm sebagai sedang, 5-7 ppm sebagai rendah dan < 4 ppm sebagai rendah. Sebagian besar sampel, yaitu 4 dari 6, termasuk kategori sangat tinggi,

yang berarti tanah tersebut memiliki cadangan fosfor lebih dari cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah. Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan P dapat secara langsung melalui proses mineralisasi atau secara tidak langsung dengan membantu pelepasan P yang terfiksasi. Hasil dekomposisi bahan organik yang berupa asam-asam organik dapat membentuk ikatan khelasi dengan ion-ion Al dan Fe sehingga dapat menurunkan kelarutan ion Al dan Fe, maka dengan begitu ketersediaan P menjadi meningkat.

Tanah dengan kandungan fosfor yang sangat tinggi tidak memerlukan tambahan pupuk fosfor dalam jangka pendek. Penambahan pupuk secara berlebihan tidak hanya tidak meningkatkan hasil panen, tetapi juga dapat mengganggu penyerapan unsur hara mikro seperti seng (Zn) dan menyebabkan ketidakseimbangan hara di dalam tanah (Gong et al., 2025). Selain itu, satu sampel tergolong kadar rendah (7,88 ppm), yang berpotensi membatasi pertumbuhan awal tanaman, terutama dalam fase pembentukan akar dan pembentukan anakan. Tanah dengan kadar P rendah sering ditemukan pada tanah dengan pH rendah dan kandungan bahan organik yang sedikit (McDowell et al., 2024).

Keberadaan fosfor dalam jumlah sangat tinggi juga dapat berdampak negatif terhadap lingkungan, terutama melalui limpasan air permukaan yang membawa fosfor ke badan air. Hal ini dapat memicu eutrofikasi, yaitu ledakan pertumbuhan alga yang menurunkan kualitas air dan mengganggu ekosistem akuatik (USDA-NRCS, 2024). Oleh karena itu, penggunaan pupuk fosfor sebaiknya dilakukan berdasarkan hasil uji tanah dan prinsip pemupukan berimbang untuk mencegah penumpukan dan pencemaran lingkungan.

K- Tersedia

Hasil analisis kandungan Kalium tersedia (K-tersedia) menggunakan metode Bray II menunjukkan bahwa nilai K-tersedia di lokasi penelitian tergolong tinggi hingga sangat tinggi. Nilai K-tersedia pada tiga lokasi sawah irigasi berkisar antara 57,80 – 76,51 me/100g, sedangkan pada tiga lokasi sawah tadah hujan berkisar antara 36,61 – 66,19 me/100g. Kandungan kalium yang lebih tinggi pada sawah irigasi kemungkinan besar disebabkan oleh aplikasi pupuk yang lebih rutin dan intensif, terutama pupuk KCl (yang meningkatkan akumulasi K-tersedia dalam tanah), sistem irigasi yang stabil mendukung kelarutan dan pergerakan kalium di dalam tanah (sehingga lebih mudah tersedia bagi tanaman) dan pengolahan tanah yang lebih intensif pada sawah irigasi dapat mempercepat pelapukan mineral dan pelepasan unsur hara, termasuk kalium.

Sementara itu, sawah tadah hujan umumnya menerima input pupuk yang lebih sedikit dan memiliki ketersediaan air yang terbatas, sehingga kadar K-tersedia cenderung lebih rendah. Namun, salah satu lokasi tadah hujan menunjukkan nilai yang cukup tinggi, yang dapat dipengaruhi oleh sifat fisik tanah seperti tekstur atau kandungan lempung yang tinggi.

Menurut Gong et al. (2025) dan McDowell et al. (2024), kalium tersedia dalam tanah berperan penting dalam

pembentukan hasil tanaman dan efisiensi pemupukan. Namun, kadar kalium yang sangat tinggi perlu dikelola dengan hati-hati karena dapat mengganggu keseimbangan penyerapan hara lainnya seperti magnesium (Mg^2) dan kalsium (Ca^2).

KTK

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai KTK pada sawah irigasi berkisar antara 41,10 – 45,02 me/100g, sedangkan pada sawah tadah hujan berkisar antara 32,30 – 41,86 me/100g. Secara umum, semua sampel termasuk dalam kategori tinggi hingga sangat tinggi berdasarkan kriteria Balai Penelitian Tanah Bogor (1995).

Perbedaan ini terjadi karena sawah irigasi mendapatkan air dan pupuk lebih teratur, sehingga kandungan bahan organik dan hara tanah lebih baik. Hal ini mendukung peningkatan nilai KTK. Selain itu juga karena sawah tadah hujan hanya mengandalkan air hujan dan biasanya menggunakan pupuk lebih sedikit. Akibatnya, nilai KTK-nya cenderung lebih rendah. Dan juga bisa dipengaruhi oleh jenis tanah dan kandungan lempung di lokasi tersebut. Nilai KTK yang tinggi menunjukkan tanah memiliki kemampuan menyimpan unsur hara lebih baik, yang penting untuk pertumbuhan tanaman.

Kejenuhan Basa

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kejenuhan basa (KB) tanah berkisar antara 75,60% hingga 86,64%, yang menurut klasifikasi Balai Penelitian Tanah Bogor (1995) termasuk dalam kategori sangat tinggi (>75%). Kejenuhan basa mengindikasikan persentase kation basa (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, dan Na^+) terhadap kapasitas tukar kation (KTK) total, dan berperan penting dalam menjaga kestabilan pH serta ketersediaan hara bagi tanaman. Jika dilihat berdasarkan jenis lahan, sawah irigasi umumnya memiliki nilai KB yang lebih tinggi dibanding sawah tadah hujan. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan air yang lebih stabil di lahan irigasi, yang mendukung pelarutan dan mobilisasi kation basa dalam tanah, pemupukan yang lebih rutin pada sawah irigasi, terutama pupuk berbasis kalsium dan magnesium serta pengaruh irigasi terhadap pelindian kation asam seperti Al^{3+} dan H^+ yang menyebabkan kejenuhan basa meningkat. Nilai Kejenuhan Basa berhubungan erat dengan pH dan tingkat kesuburan tanah. Kemasaman akan menurun dan kesuburan akan meningkat dengan meningkatnya KB (Sulakhudin *et al*., 2017).

Sebaliknya, sawah tadah hujan memiliki pasokan air yang tidak teratur, sehingga mobilitas unsur hara lebih terbatas dan proses pencucian basa ke lapisan bawah lebih mungkin terjadi, apalagi saat curah hujan tinggi. Menurut Zhang et al. (2025) dan USDA-NRCS (2024), kejenuhan basa > 70% mencerminkan kondisi tanah yang relatif subur dan responsif terhadap pemupukan, terutama jika diimbangi dengan kandungan C-organik yang cukup dan pH tanah dalam kisaran optimal.

Kejenuhan basa yang sangat tinggi di lahan penelitian menunjukkan bahwa tanah, khususnya pada sawah irigasi, memiliki potensi kesuburan yang baik. Namun, pengelolaan hara tetap perlu memperhatikan keseimbangan unsur dan peningkatan bahan organik untuk

mendukung produktivitas jangka panjang, terutama di sawah tadah hujan.

N – Total

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan nitrogen total (N total) tanah di lokasi penelitian berkisar antara 0,10% hingga 0,23%, yang tergolong dalam kategori rendah hingga sedang. Berdasarkan klasifikasi Balai Penelitian Tanah Bogor (1995). Nitrogen merupakan unsur hara makro yang sangat penting bagi pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama untuk pembentukan protein, enzim, dan klorofil. Namun, nitrogen dalam tanah mudah hilang melalui proses pencucian, denitrifikasi, dan penguapan, terutama pada sistem pertanian intensif atau lahan dengan kandungan bahan organik yang rendah.

Dari perbandingan jenis lahan, sawah irigasi cenderung memiliki kadar N total yang sedikit lebih tinggi dibandingkan sawah tadah hujan. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan air yang lebih stabil di sawah irigasi, sehingga mendukung dekomposisi bahan organik dan pemupukan yang lebih optimal. Sementara itu, sawah tadah hujan memiliki kadar N total lebih rendah akibat pengelolaan air yang tidak teratur, frekuensi tanam yang terbatas, dan input bahan organik yang minim. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kandungan nitrogen tanah, disarankan penerapan strategi pemupukan berimbang yang berbasis uji tanah serta integrasi bahan organik seperti pupuk kandang, kompos, atau penanaman tanaman legum (Wang et al., 2025; Chen & Huang, 2024).

Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah sangat penting dalam menjaga produktivitas tanaman agar tetap optimal. Data kesuburan tanah pada lahan sawah di Kecamatan Soa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Status kesuburan Tanah

Sampel	KTK (Me/100g)	KB %	C-Organik %	P_20 (Me/100g)	K_20 (Me/100g)	Status Kesuburan Tanah
I1	41,46 T	82,81 T	2,28 S	46,82 T	61,15 T	Tinggi
I2	45,02 T	81,85 T	2,69 S	58,14 T	76,51 T	Tinggi
I3	41,1 ST	80,35 T	2,22 S	45,38 T	57,8 T	Tinggi
TH1	32,92 T	79,92 T	0,84 R	13,98 T	36,61 S	Sedang
TH2	32,3 T	75,6 T	0,53 R	7,88 R	44,07 T	Rendah
TH3	41,86 T	86,64 T	2,28 S	47,36 S	66,19 T	Tinggi

Keterangan
T : Tinggi, S : Sedang, R : Rendah

Status kesuburan tanah menggambarkan kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara penting bagi tanaman secara cukup, seimbang, dan dalam bentuk yang tersedia. Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kesuburan tanah meliputi Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB), kandungan C-Organik, serta ketersediaan hara makro seperti fosfor (P_2O_5) dan kalium (K_2O). Kelima parameter ini mencerminkan kondisi kimia tanah yang berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman.

Menurut Hardjowigeno (2010), tanah dengan nilai KTK dan KB yang tinggi mampu menyimpan serta menyediakan unsur hara secara lebih optimal. C-Organik berfungsi memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, sedangkan unsur P dan K sangat penting bagi pembentukan akar, batang, serta proses fisiologis lainnya. Berdasarkan klasifikasi Balai Penelitian Tanah (2021), kombinasi nilai C-Organik > 2%, P_2O_5 > 40 ppm, dan K_2O > 60 ppm mencerminkan status kesuburan sangat tinggi.

Berdasarkan hasil analisis tanah di Kecamatan Soa, lahan sawah irigasi (I1, I2, I3) umumnya menunjukkan status kesuburan tinggi karena memiliki nilai KTK dan KB tinggi serta kandungan P dan K yang tinggi. C-Organik tergolong sedang, mendukung keberlangsungan kesuburan tanah. Sebaliknya, dua dari tiga lokasi sawah tadah hujan (TH1 dan TH2) menunjukkan status kesuburan rendah hingga sedang, dengan kandungan C-Organik sangat rendah dan nilai P yang tergolong rendah. Hanya satu lokasi (TH3) pada sawah tadah hujan yang menunjukkan status kesuburan setara dengan sawah irigasi.

Hasil ini sejalan dengan temuan Sanchez (2019), bahwa tanah dengan bahan organik rendah dan nilai P serta K di bawah ambang optimal umumnya menunjukkan produktivitas rendah. Selain itu, menurut Sudaryono *et al*. (2022), pemupukan fosfor dan kalium secara tepat berdasarkan hasil uji tanah terbukti efektif dalam meningkatkan kesuburan lahan tadah hujan. Oleh karena itu, untuk lahan tadah hujan di Kecamatan Soa, sangat disarankan penambahan bahan organik dan pemupukan P dan K yang berimbang untuk meningkatkan kesuburannya.

Perbandingan Sifat Kimia Sawah Tadah Hujan Dan Sawah Irigasi

Berdasarkan hasil uji statistik uji t dua sampel tidak berpasangan terhadap sifat kimia tanah pada lahan sawah irigasi (I1–I3) dan tadah hujan (TH1–TH3), diperoleh nilai signifikansi (p-value) yang semuanya lebih besar dari 0,05 (Tabel 3)**.** Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara sifat kimia tanah di kedua jenis lahan. Namun, beberapa variabel tetap menunjukkan perbedaan secara numerik yang penting untuk dianalisis lebih lanjut secara agronomis.

Tabel 3 Hasil Uji T

No	Variabel pengamatan	Hasil Analisis						Hasil Uji T
		I1	I2	I3	TH1	TH2	TH3	
1	pH Tanah	6,2	6,22	6,1	6,36	6,3	6,32	0,3354
2	C-Organik	2,28	2,69	2,22	0,84	0,53	2,28	0,1692
3	P-Tersedia	46,82	58,14	45,38	13,98	7,88	47,36	0,1713
4	K-Tersedia	61,15	76,51	57,8	36,61	44,07	66,19	0,2235
5	KTK	41,46	45,02	41,1	32,92	32,3	41,86	0,1326
6	KB	82,81	81,85	80,35	79,92	75,6	86,64	0,7999
7	N-Total	0,18	0,23	0,18	0,1	0,11	0,19	0,1507

Berdasarkan hasil uji statistik uji t dua sampel tidak berpasangan terhadap sifat kimia tanah pada lahan sawah irigasi (I1–I3) dan tadah hujan (TH1–TH3), diperoleh nilai signifikansi (p-value) yang semuanya lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara sifat kimia tanah di kedua jenis lahan. Namun, beberapa variabel tetap menunjukkan perbedaan secara numerik yang penting untuk dianalisis lebih lanjut secara agronomis.

Nilai pH tanah di kedua lahan relatif netral, dan tidak berbeda signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa kedua jenis lahan memiliki kondisi keasaman yang serupa, meskipun pH sawah tadah hujan sedikit lebih tinggi. Studi oleh Putri *et al*. (2023) menyebutkan bahwa pH tanah netral hingga sedikit masam masih sesuai bagi sebagian besar tanaman pangan di lahan sawah di Indonesia.

Kandungan bahan organik tanah sawah irigasi lebih tinggi dibanding tadah hujan, tetapi tidak signifikan secara statistik. Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan tingkat kelembaban dan input residu organik yang lebih tinggi pada lahan irigasi**.** Hal ini sejalan dengan temuan Nasution & Siregar (2021) yang menjelaskan bahwa intensitas pengairan berperan dalam pelapukan bahan organik di tanah sawah.

Fosfor tersedia lebih tinggi pada lahan irigasi, namun tidak berbeda signifikan. Kandungan P pada lahan tadah hujan cenderung rendah karena kemungkinan terjerap oleh mineral Fe dan Al, sebagaimana disebutkan oleh Wahyuni *et al*. (2022) dalam penelitiannya di lahan sawah Ultisol. Kalium tersedia juga tidak berbeda signifikan. Kalium termasuk unsur yang mudah larut dan dapat tercuci terutama pada lahan tadah hujan dengan drainase baik, sebagaimana dijelaskan oleh Haryono *et al*. (2021)**.**

Kapasitas tukar kation (KTK) pada lahan irigasi lebih tinggi secara rata-rata. Hal ini mengindikasikan bahwa tanah tersebut memiliki kemampuan menahan hara yang lebih baik, meskipun tidak berbeda signifikan secara statistik. Sesuai dengan Penelitian Prasetyo (2020)**,** peningkatan KTK sering berkorelasi dengan kandungan bahan organik.

Tidak terdapat perbedaan signifikan pada tingkat kejenuhan basa, yang menunjukkan bahwa status kesuburan tanah dari aspek kation basa relatif serupa di kedua jenis lahan. Menurut Lestari & Widodo (2023)**,** KB >50% sudah mendukung pertumbuhan tanaman pangan di lahan sawah. Kandungan nitrogen total lebih tinggi di sawah irigasi. Meskipun tidak signifikan, hal ini mendukung hasil sebelumnya bahwa irigasi dapat membantu mempertahankan N dalam tanah melalui kelembaban yang lebih stabil (Amiruddin *et al*., 2024).

Meskipun hasil uji t menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan, perbedaan nilai rata-rata yang cukup mencolok untuk beberapa variabel (misalnya C-Organik, P-tersedia, dan N-total) tetap penting untuk diperhatikan dalam manajemen tanah. Dengan demikian, aspek non-statistik (seperti manajemen air, input organik, dan rotasi tanaman) juga perlu dipertimbangkan dalam peningkatan kesuburan tanah di kedua jenis lahan.

SIMPULAN

Lahan sawah irigasi (I1, I2, I3) umumnya memiliki status kesuburan tanah tinggi hingga sangat tinggi, yang ditandai dengan nilai KTK dan KB sangat tinggi serta kandungan P_2O_5 dan K_2O yang berada pada kategori tinggi sampai sangat tinggi. Lahan sawah tadah hujan (TH1 dan TH2) memiliki status kesuburan yang tinggi, sedang dan rendah dengan faktor pembatas C-organik dan phospor. Tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara sifat kimia tanah sawah irigasi dan tadah hujan berdasarkan uji t. Namun, secara agronomis terdapat perbedaan nyata dalam hal C-organik, P-tersedia, dan N-total**,** yang berdampak terhadap pengelolaan dan produktivitas lahan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua tim peneliti dan semua pihak yang telah berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Y. (2010). *Kajian tingkat kesuburan tanah pada hutan lindung Gunung Sebatung di Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan*. Universitas Lambung Mangkurat.

Amelia, J. R., Ma'arif, S., & Arkeman, Y. (2014). Yoghurt susu jagung manis kacang hijau sebagai strategi inovasi produk alternatif pangan fungsional. *Jurnal Teknik Industri*, *4*(3).

Ammurabi, S. D., Anas, I., & Nugroho, B. (2020). Substitusi Sebagian Pupuk Kimia Dengan Pupuk Organik Hayati Pada Jagung (Zea Mays). *J. Il. Tan. Lingk*, *22*(1).

Ayu, I. W., Prijono, S., & Soemarno, S. (2013). Evaluasi ketersediaan air tanah lahan kering di kecamatan Unter Iwes, Sumbawa Besar. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, *4*(1).

Chen, Z. C., & Huang, C. F. (2024). Sustainable utilization of acid soils. *Plant and Soil*, *504*(1), 1–3. https://doi.org/10.1007/s11104-024-07051-5

Dharmayanti, N. K. S. (2013). Pengaruh Pemberian Biourine dan Dosis Pupuk Anorganik (N,P,K) Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Pegok dan Hasil Tanaman Bayam (Amaranthus sp.) NI. *E- Jurnal Agroteknologi Tropika*, *2*(6196), 165–174. https://doi.org/10.1126/science.345.6196.499

Eko Ari Widodo, Ainin Niswati, S. Y. & H. B. (2016). Jurnal Agrotek Tropika. *Pertumbuhan Dan Produksi Padi Varietas Mapan 05 (Oryza Sativa L.) Pada Beberapa Taraf Kadar Air Yang Dikontrol Oleh Mikro- Kontroler Arduino Uno*, *4*(1), 29–34. https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JA/article/view/8685/5266

Fahmi, A., Utami, S. N. H., & Radjagukguk, B. (2010). Pengaruh interaksi hara nitrogen dan fosfor terhadap pertumbuhan tanaman jagung (Zea mays L) pada tanah regosol dan latosol. *Berita Biologi*, *10*(3), 297–304.

Hardjowigeno, S., & Rayes, M. L. (2013). *Tanah Sawah Karakteristik, Kondisi dan Permasalahan Tanah Sawah di Indonesia*. Bayumedia Publishing.

Jovita, D. (2018). *Analisis Unsur Makro (K, Ca, Mg) Mikro (Fe, Zn, Cu) Pada*

Lahan Pertanian Dengan Metode Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrofotometry (ICP-OES). Universitas Lampung.

Junita N Palembang, Jamilah, S. (2022). Kajian Sifat Kimia Tanah Sawah Dengan Pola Pertanaman Padi Semangka Di Desa Air Hitam Kecamatan Lima Puluh Kabupaten Batubara Studying. *Tjyybjb.Ac.Cn*, *27*(2), 58–66. http://117.74.115.107/index.php/jemasi/article/view/537

Limbong, W. M. M., Sabrina, T., dan Lubis, A. (2017). Perbaikan Beberapa Sifat Fisika Tanah Sawah Ditanami Semangka Melalui Pemberian Bahan Organik. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, *5*(1), 152–158.

Mahbub, I. A., Tampubolon, G., & Mukhsin. (2018). Optimalisasi produktivitas padi sawah melalui evaluasi status kesuburan tanah (studi kasus di desa Rawa Medang kecamatan Batang Asam kabupaten Tanjung Jabung Barat). *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Jambi*, 202–211.

Manan, L. I. (2016). *Identifikasi Beberapa Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Lahan Pertanaman Ubi Kayu (Manihot esculenta) Monokultur dan Karet Alam (Hevea brasiliensis) di Kalibalangan, Lampung Utara*. Universitas Lampung.

Padmanabha, I. G., Arthagama, I. D. M., & Dibia, I. N. (2014). Pengaruh Dosis Pupuk Organik dan Arorganik Terhadap Hasil Padi (Oriza sativa L.) dan Sifat Kimia Tanah pada Inceptisol Kerambitan Tabanan. *E- Jurnal Agroteknologi Tropika*, *3*(1), 41–50. http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT41

Peku Jawang, U. (2021). Penilaian Status Kesuburan dan Pengelolaan Tanah Sawah Tadah Hujan di Desa Umbu Pabal Selatan, Kecamatan Umbu Ratu Nggay Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *26*(3), 421–427. https://doi.org/10.18343/jipi.26.3.421

Pinatih, I. D. A. S. P., Kusmiyarti, T. B., & Susila, K. D. (2015). Evaluasi Status Kesuburan Tanah Pada Lahan Pertaniandi Kecamatan Denpasar Selatan. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, *4*(4), 282–292. http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT

Pradipta, N. (2016). *Studi Kandungan Nitrogen (N) dan Fosfor (P) pada Sedimen Mangrove di Wilayah Ekowisata Wonorejo Surabaya dan Pesisir Jenu Kabupaten Tuban*. Universitas Airlangga.

Rukmana Putra, C., Wahyudi, I., & Hasanah, U. (2015). Serapan N (Nitrogen) dan Produksi Bawang Merah (Allium ascallonicum L) Varietas Lembah Palu Akibat Pemberian Bokashi Titonia (Titonia diversifolia) Pada Entisol Guntarano. *Jurnal Agrotekbis*, *3*(4), 448–454.

Sembiring, S. (2008). Sifat kimia dan fisik tanah pada areal bekas tambang bauksit di Pulau Bintan, Riau. *Info Hutan*, *5*(2), 123–134.

Soewandita, H. (2008). Studi Kesuburan Tanah dan Analisis Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Tanaman Perkebunan di Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, *10*(2), 129812.

Solihin, L. D. (2013). *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pendapatan SSSUsahatani Padi (Studi Kasus: Pertanian Sehat Indonesia, Desa Siketug, Kecamatan Ciomas, Kabupaten Serang, Banten)*.

Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

Suastawan, G., Satrawidana, I. D. K., & Wiratini, N. M. (2015). Analisis Logam Pb dan Cd pada Tanah Perkebunan Sayur di Desa Pancasari. *Wahana Matematika Dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, *9*(2), 44–51.

Trinurani Sofyan, E., Machfud, Y., Yeni, H., Ganjar Herdiansyah, dan, Pengajar Fakultas Pertanian, S., Padjadjaran, U., Fakultas Pertanian, M., & Padjadjaran Jl Raya Bandung-Sumedang Km, U. (2019). Penyerapan Unsur Hara N, P Dan K Tanaman Jagung Manis (Zea Mays Saccharata Sturt) Akibat Aplikasi Pupuk Urea, Sp-36, Kcl Dan Pupuk Hayati Pada Fluventic Eutrudepts Asal Jatinangor. *Jurnal Agrotek Indonesia*, *4*(1), 1–7.

Umaternate, G. R., Abidjulu, J., & Wuntu, A. D. (2014). Uji metode Olsen dan Bray dalam menganalisis kandungan fosfat tersedia pada tanah sawah di Desa Konarom Barat Kecamatan Dumoga Utara. *Jurnal MIPA*, *3*(1), 6–10.

Virzelina, S., Tampubolon, G., & Nasution, H. (2019). Kajian Status Unsur Hara Cu Dan Zn Pada Lahan Padi Sawah Irigasi Semi Teknis : Studi Kasus di Desa Sri Agung Kecamatan Batang Asam Kabupaten Tanjung Jabung Barat. *Agroecotenia*, *2*(1), 11–26.

Wang, T., Yu, L., Wang, Z., Yang, C., Dong, F., Yang, D., Xi, H., Sun, Z., Bol, R., Awais, M., Yang, L., & Fu, H. (2025). Effect of simulated acidification on soil properties and plant nutrient uptake of eggplant in greenhouse. *Frontiers in Plant Science*, *16*(March), 1–11. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1558458

Wilson , Supriadi*, H. G. (2015). Evaluasi Sifat Kimia Tanah pada Lahan Kopi di Kabupaten Mandailing Natal Evaluation of Soil Chemistry Characteristic on Coffee Land in Mandailing Natal Regency. *Jurnal Online Agroekoteaknologi*, *3*(2), 642–648.