

EFEKTIVITAS KACANG HIJAU (*Vigna radiata* L.) SEBAGAI TANAMAN PENUTUP TANAH DALAM PENINGKATAN SIFAT KIMIA TANAH DI LAHAN PERTANIAN TERDEGRADASI

*EFFECTIVENESS OF MUNG BEAN (*Vigna radiata* L.) AS A COVER CROP IN IMPROVING SOIL CHEMICAL PROPERTIES ON DEGRADED AGRICULTURAL LAND*

Nabila Syahmita¹ Chaula Lutfia Saragih² Roida Ervina Sinaga³

¹⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Quality Berastagi

²⁾³⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi,

Email : nabilasyhm@gmail.com

ABSTRAK

Lahan terdegradasi merupakan permasalahan serius dalam pertanian, terutama akibat hilangnya topsoil yang mengakibatkan penurunan kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) sebagai tanaman penutup tanah dalam memperbaiki sifat kimia tanah pada lahan pertanian terdegradasi di Desa Rumah Kabanjahe, Kecamatan Kabanjahe, Kabupaten Karo pada bulan November 2024 sampai dengan Maret 2025. Penelitian dilakukan secara deskriptif dengan pengambilan sampel tanah sebelum dan setelah penanaman kacang hijau, kemudian dianalisis di laboratorium. Parameter yang diamati meliputi kadar C-organik, nitrogen total (N), fosfor (P), kalium (K), pH tanah, dan kapasitas tukar kation (KTK). Hasil menunjukkan peningkatan kadar C-organik dari 0,15% menjadi 1,36%, N total dari 0,10% menjadi 0,18%, K dari 0,49 me/100g menjadi 2,38 me/100g, dan KTK dari 10,89 me/100g menjadi 26,04 me/100g. Sebaliknya, nilai fosfor menurun dari 10,08 ppm menjadi 2,98 ppm, dan pH tanah mengalami penurunan dari 6,70 menjadi 6,34. Peningkatan beberapa unsur hara ini menunjukkan bahwa kacang hijau efektif memperbaiki kesuburan kimia tanah melalui penambahan bahan organik dan aktivitas biologis, khususnya fiksasi nitrogen. Namun, penurunan P dan pH menunjukkan perlunya perlakuan tambahan untuk mempertahankan kestabilan unsur tersebut. Dengan demikian, kacang hijau berpotensi sebagai tanaman penutup tanah yang mampu mendukung rehabilitasi lahan terdegradasi secara berkelanjutan.

Kata kunci: kacang hijau, tanah terdegradasi, tanaman penutup tanah, sifat kimia tanah

ABSTRACT

Degraded agricultural land is a serious issue, particularly due to the loss of topsoil, which significantly reduces soil fertility. This study aims to analyze the effectiveness of mung bean (*Vigna radiata* L.) as a cover crop in improving the chemical properties of soil on degraded farmland in Rumah Kabanjahe Village, Kabanjahe District, Karo Regency. The research was conducted from November 2024 to March 2025 using a descriptive method by collecting soil samples before and after mung bean planting, which were then analyzed in a laboratory. Observed parameters included organic carbon (C- organic), total nitrogen (N), available phosphorus (P), exchangeable potassium (K), soil pH, and cation exchange capacity (CEC). The results showed increases in C-organic from 0.15% to 1.36%, total N from 0.10% to 0.18%, K from 0.49 me/100g to 2.38 me/100g, and CEC from 10.89 to 26.04 me/100g. However, available P decreased from 10.08 ppm to 2.98 ppm, and pH declined from 6.70 to 6.34. These findings indicate that mung bean is effective in enhancing soil fertility through organic matter input and biological activity, particularly nitrogen fixation. Nevertheless, the decline in phosphorus and pH values suggests the need for supplementary treatments to maintain soil nutrient balance. Thus, mung bean has strong potential as a cover crop for sustainable rehabilitation of degraded agricultural lands.

Keywords: mung bean, degraded land, cover crop, soil chemical properties

PENDAHULUAN

Degradasi adalah perubahan status kesehatan tanah yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas ekosistem untuk menyediakan barang dan jasa bagi penerima manfaatnya (FAO, 2015). Proses degradasi ini seringkali disebabkan oleh praktik pertanian yang tidak berkelanjutan, seperti penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara berlebihan, pengolahan tanah yang terlalu intensif, dan kurangnya perhatian dari rotasi tanaman (Kusmiati *et al.* 2023).

Tanah merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dalam waktu singkat dan memiliki fundamental dalam menopang kehidupan, baik secara ekologis, ekonomi maupun sosial. Di antara lapisan tanah, *topsoil* atau lapisan tanah atas memiliki signifikansi paling besar karena mengandung bahan organik, nutrisi hara makro dan mikro, serta komunitas mikroorganisme yang penting bagi proses-proses biogeokimia dan produktivitas tanaman (Li *et al.* 2024). Kerusakan *topsoil* merupakan bentuk degradasi tanah yang paling serius, karena kehilangan lapisan ini menghambat regenerasi vegetasi alami dan mengurangi kapasitas tanah untuk menyimpan air, unsur hara, serta mendukung kehidupan mikroba tanah (Nsiah *et al.* 2019). Salah satu penyebab utama kehilangan *topsoil* adalah aktivitas pertambangan terbuka di mana tanah dikeruk untuk mengambil material mineral dari bawah permukaan. Proses ini seringkali dilakukan tanpa konservasi *topsoil*, menyebabkan gangguan permanen pada struktur tanah, mikroflora, dan kesuburan tanah.

Dampaknya, tanah pasca-tambang menjadi padat, miskin hara, tidak stabil secara fisik dan kimiawi, serta tidak mendukung pertumbuhan vegetasi alami (Moreira-Grez *et al.* 2019).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kondisi tanah yang terdegradasi adalah dengan memanfaatkan tanaman penutup tanah (*cover crops*). Kacang hijau adalah salah satu tanaman leguminosa karena kemampuannya sebagai tanaman penutup tanah yang efektif. Tanaman kacang hijau memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas tanah, khususnya dalam memperbaiki sifat kimia tanah yang terdegradasi. Sebagai tanaman legum, kacang hijau mampu melakukan fiksasi nitrogen atmosfer melalui asosiasi simbiotik dengan bakteri *Rhizobium*, yang berdampak pada peningkatan kandungan nitrogen total dalam tanah (B. L. Meena *et al.* 2018). Selain itu, residu tanaman ini setelah masa panen berfungsi sebagai bahan organik yang dapat memperbaiki kapasitas tukar kation (Harahap *et al.* 2018).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif, yaitu dengan melakukan pengambilan sampel tanah di lahan pertanian sebelum dan setelah ditanami kacang hijau. Kemudian sampel tanah dibawa ke Laboratorium untuk dilakukan analisis sifat kimia tanah.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 sampai dengan Maret 2025, di lahan bekas penggalian tanah

yang sudah tidak ditemukan top soil, di Desa Rumah Kabanjahe Kecamatan Kabanjahe Kabupaten Karo. Lokasi ini terletak di titik koordinat 3°6'46.800" LU, 98°29'24.000" LS, dengan curah hujan rata-rata 1000-4000 mm per tahun. Lokasi ini dipilih karena memiliki karakteristik lahan yang mengalami degradasi akibat praktik penggalian tanah untuk tanah timbunan. Lahan penelitian memiliki kondisi tanah berwarna abu-abu. Kegiatan analisa tanah dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan, Sumatera Utara. Luas lahan penelitian yang digunakan adalah 5x10 m². Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga tahap yaitu: Observasi langsung di lapangan untuk melakukan pengolahan tanah dan penanaman kacang hijau sebagai tanaman penutup tanah, pengambilan sampel tanah sebelum penanaman kacang hijau dan setelah penanaman kacang hijau untuk dianalisis sifat kimia tanah antara lain: C-organik, unsur hara makro (N,P,K), pH, dan kapasitas tukar kation.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari laboratorium menunjukkan sifat kimia tanah memiliki antara lain: kadar unsur C:0,15%, N:0,10%, C/N:2, P:10,08, K:0,49 m.e/100g, KTK:10,89 m.e/100g, dan pH : 6,5. Berdasarkan analisis unsur-unsur kimia tanah, dapat disimpulkan bahwa tanah ini memiliki tingkat kesuburan yang rendah, terutama akibat rendahnya kandungan karbon organik, nitrogen, kalium dan kapasitas tukar kation. Meskipun kandungan fosfor dalam kategori sedang dan pH tanah berada dalam kondisi netral, rendahnya unsur

hara lain dapat membatasi pertumbuhan tanaman dan mengurangi produktivitas pertanian.

Berikut adalah hasil analisis sifat kimia tanah sebelum dan sesudah penanaman kacang hijau:

Tabel 1: Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah

Parameter	Sebelum Tanam	Status Kesuburan	Sesudah Tanam	Status Kesuburan
C-Organik (%)	0,15	Sangat Rendah	1,36	Rendah
N Total (%)	0,10	Sangat Rendah	0,18	Rendah
P (ppm)	10,08	Sedang	2,98	Rendah
K (me/100g)	0,49	Sangat Rendah	2,38	Tinggi
pH	6,70	Netral	6,34	Agak Masam
KTK (me/100g)	10,89	Rendah	26,04	Tinggi

Sumber : Kriteria penilaian kesuburan tanah 2024

Kandungan C-organik meningkat dari 0,15% menjadi 1,36 %. Peningkatan ini menunjukkan peran penting dari residu organik tanaman kacang hijau yang terdekomposisi di dalam tanah, baik berupa akar, batang, maupun daun. Tanaman legum seperti kacang hijau dikenal sebagai penghasil biomassa organik yang tinggi dan mudah terurai. Hal ini sejalan dengan pendapat Lal R (2015) yang menyatakan bahwa bahan organik dari tanaman legum berperan dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kandungan C-organik. Penelitian oleh Saha et al.,(2022) menunjukkan bahwa penggunaan tanaman leguminosa sebagai pupuk hijau, termasuk kacang hijau, mampu meningkatkan kandungan karbon organik tanah. Hal ini

disebabkan oleh kemampuan tanaman leguminosa dalam menghasilkan biomassa yang mudah terdekomposisi serta aktivitas biologis di zona perakaran yang tinggi. Tanaman seperti kacang hijau tidak hanya memperkaya tanah dengan sisa-sisa organik dari akar dan daun, tetapi juga memperbaiki struktur tanah melalui peningkatan agregasi tanah. Perbaikan struktur dan penambahan bahan organik ini secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan kadar C-organik di tanah, menjadikan penanaman leguminosa sebagai strategi penting dalam rehabilitasi tanah-tanah pertanian yang terdegradasi.

Kadar nitrogen total meningkat dari 0,10% menjadi 0,18% meningkat dari kategori rendah ke sedang. Peningkatan ini menunjukkan aktivitas biologis yang intensif, khususnya dari bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan akar tanaman kacang hijau. Bakteri ini mampu mengikat nitrogen bebas dari atmosfer dan mengubahnya menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Menurut Meena et al., (2015), tanaman legum secara signifikan dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah melalui fiksasi biologis. Tanaman leguminosa seperti kacang hijau memiliki kemampuan bersimbiosis dengan bakteri penambat nitrogen, terutama dari genus *Bradyrhizobium*, yang membentuk bintil akar dan mengikat nitrogen dari atmosfer ke dalam bentuk amonia yang tersedia bagi tanaman (Saha, 2020). Selain melalui fiksasi biologis, kacang hijau juga meningkatkan

kandungan nitrogen melalui penambahan bahan organik. Biomassa tanaman, termasuk akar, batang, dan daun yang terdekomposisi, menjadi sumber nitrogen yang mudah terurai dan tersedia bagi tanaman lain. Penggunaan kacang hijau sebagai tanaman penutup tanah atau pupuk hijau telah terbukti mampu memperbaiki kondisi kimia tanah serta menekan kehilangan nitrogen. Dalam rotasi tanaman, kacang hijau juga memberi manfaat tambahan berupa peningkatan produktivitas tanaman utama berkat perbaikan ketersediaan nitrogen (Li et al. 2024).

Nilai P tersedia justru mengalami penurunan dari 10,89 ppm menjadi 2,98 ppm. Penurunan ini diakibatkan karena pemanfaatan fosfor oleh tanaman kacang hijau selama pertumbuhan vegetatif dan generatif, di mana unsur P sangat dibutuhkan dalam proses pembentukan akar, bunga, dan biji. Tanaman legum umumnya memiliki efisiensi tinggi dalam menyerap fosfor dari tanah. Menurut Sitompul dan Guritno (2017), penyerapan P oleh tanaman akan meningkatkan seiring dengan pertumbuhan tanaman, terutama pada fase pembungaan hingga pembentukan biji. Kacang hijau sebagai tanaman leguminosa memiliki sistem perakaran yang aktif dalam mengeksudasi senyawa organik, seperti asam organik, yang melarutkan bentuk fosfat yang tidak larut menjadi tersedia bagi tanaman. Namun, saat tanaman menyerap fosfor dengan intensif selama pertumbuhan, cadangan fosfor dalam tanah dapat menurun drastis jika tidak ada suplai tambahan dari luar, seperti pupuk atau dekomposisi bahan organik kaya fosfor.

Selain itu, dalam kondisi tertentu, fosfor dapat hilang melalui aliran permukaan (*runoff*), terutama pada tanah dengan kemampuan adsorpsi rendah atau saat terjadi curah hujan tinggi (Zhang et al., 2016). Kandungan kalium (K) menunjukkan peningkatan dari 0,49 me/100g menjadi 2,38 me/100g, berpindah dari kategori rendah ke tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas dekomposisi residu tanaman juga melepaskan unsur K ke dalam tanah. Penelitian oleh Lal R (2015) membuktikan bahwa bahan organik dari tanaman legum meningkatkan ketersediaan kalium (K) melalui proses mineralisasi. Tanaman leguminosa seperti kacang hijau diketahui mampu meningkatkan efisiensi serapan hara dan berperan dalam memperbaiki struktur tanah, yang secara tidak langsung mempengaruhi ketersediaan unsur hara lain seperti K (Sharma et al. 2024). Aktivitas mikroba tanah yang meningkat akibat penanaman tanaman penutup juga dapat mempercepat siklus hara, termasuk pelapukan mineral kalium yang terkandung dalam tanah (Hasanuzzaman et al. 2018).

Nilai pH tanah menurun dari 6,5 menjadi 6,34. Penurunan ini menunjukkan dinamika penggunaan hara tanah oleh tanaman kacang hijau dalam memperbaiki kesuburan tanah secara langsung. Penurunan pH terjadi karena aktivitas mikroba dalam tanah dalam proses dekomposisi bahan organik menghasilkan asam-asam organik seperti asetat, sitrat, dan laktat. Menurut Marschner (2012), perubahan pH tanah dapat disebabkan oleh eksudat akar dan proses

mikrobiologis selama penguraian bahan organik, aktivitas mikroorganisme tanah yang menghasilkan asam organik, serta pelapukan mineral yang melepaskan ion hidrogen (H^+) ke dalam larutan tanah. Selain itu, pencucian basa-basa seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan kalium (K^+) oleh air hujan atau irigasi juga dapat mempercepat proses pengasaman tanah, terutama pada tanah yang bertekstur ringan atau memiliki bahan organik rendah (Meena et al., 2021). Untuk menjaga kestabilan pH tanah, salah satu tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan pemberian bahan amelioran seperti kapur pertanian (kalsit atau dolomit) untuk menetralkan keasaman. Selain itu, pemupukan yang seimbang dan penggunaan bahan organik juga dapat membantu menahan perubahan pH secara ekstrem dan menjaga ketersediaan unsur hara esensial bagi tanaman (Balai Penelitian Tanah, 2013).

Peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) dari 10,89 menjadi 26,04 cmol(+)/kg merupakan indikator penting dari peningkatan kualitas kimia tanah, terutama dalam hal kesuburan dan kemampuan tanah menyimpan serta menyediakan unsur hara bagi tanaman. Menurut Brady & Weil (2016) dan FAO (2006), setiap 1 % bahan organik tanah dapat menyumbang sekitar 1,7-2,0 me/100g terhadap KTK. KTK menggambarkan banyaknya muatan negatif pada permukaan partikel tanah (terutama liat dan bahan organik) yang mampu mengikat kation-kation hara seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan NH_4^+ . Tanah dengan nilai KTK yang tinggi biasanya memiliki daya tampung hara yang

lebih besar dan risiko kehilangan hara karena pencucian menjadi lebih rendah (Brady & Weil, 2016). Salah satu penyebab utama meningkatnya KTK adalah peningkatan kandungan bahan organik tanah. Tanaman penutup tanah seperti kacang hijau berperan besar dalam memperbaiki KTK melalui dua mekanisme utama: akumulasi bahan organik dari sisa tanaman dan peningkatan aktivitas mikroba tanah. Bahan organik mengandung gugus fungsi karboksilat dan fenolat yang bermuatan negatif, yang sangat efektif dalam meningkatkan KTK, terutama pada tanah bertekstur kasar seperti pasir atau tanah marginal (Lal 2015).

KESIMPULAN

1. Sifat kimia tanah sebelum penanaman tanaman kacang hijau (*vigna radiata L.*) adalah C-organik 0,15%, N total 0,10 %, P 10,08 ppm, K 0,49 me/100g, pH 6,70, KTK 10,89 me/100g.
2. Setelah penanaman tanaman kacang hijau (*Vigna radiata L.*), terjadi perubahan pada sifat kimia tanah. Sifat kimia tanah yang mengalami peningkatan adalah C-organik menjadi 1,36% dari status kesuburan sebelum penanaman sangat rendah menjadi rendah, N total menjadi 1,18% dari sangat rendah menjadi rendah, K menjadi 2,38 me/100g dari sangat rendah menjadi rendah dan KTK 26,04 me/100g dari rendah menjadi tinggi. Dan beberapa sifat kimia tanah menjadi turun yaitu P menjadi 2,98 ppm dari kategori sedang menjadi rendah dan pH 6,34 dari kategori netral menjadi agak asam.

SARAN

Dapat melakukan penelitian lanjutan untuk

mengetahui sifat fisika dan biologi tanah pada lahan terdegradasi, dan dapat melakukan upaya pemulihan lahan dalam meningkatkan kesuburan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Syaiful, and Untung Sudadi. 2013. "Kimia Tanah." *Institut Pertanian Bogor*, 1–212.
- Azmada, Y. I. (2019). *Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Hijau (Vigna radiata L.) serta Gulma di Lahan Pasir Pantai*. Skripsi, Universitas Gadjah Mada.
- Balai Penelitian Tanah. 2013. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Budiyani, N., Sudiana, I.M., & Suastika, I.N. (2018). Pengaruh Legum terhadap Ketersediaan Nitrogen dalam Tanah. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 6(1), 45–53.
- Brady, Nyle C., and Ray R. Weil. *The Nature and Properties of Soils*. 15th ed., Pearson Education, 2016.
- Chen, W., et al. (2020). Effects of biochar amendment on soil carbon mineralization and microbial activity: A meta-analysis. *GCB Bioenergy*, 12(2), 272–284.
- Anwar, Syaiful, and Untung Sudadi. 2013. "Kimia Tanah." *Institut Pertanian*

- Bogor, 1– 212.
- fao. 2015. “AGROECOLOGY TO REVERSE SOIL DEGRADATION AND ACHIEVE FOOD SECURITY The Design of Diverse Agroecological Systems Rooted in Local Ecological Knowledge and Based on System Diversity and Ecological Synergies Can Significantly Improve Soil Quality and Reverse S.” www.fao.org.
- Harahap, Ferida Dewi Sari, Husna Yetti, and Adiwirman. 2018. “Alternatif Budidaya Tanaman Kacang Hijau (*Phaseolus Radiatus* L.) Secara Organik.” *Jurnal Online Mahasiswa* 5 (1): 1–12.
- Hasanuzzaman, Mirza, M.H.M.B. Bhuyan, Kamrun Nahar, and others. 2018. “Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses.” *Agronomy* 8 (3): 31. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2011. “Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 Tentang Pedoman Umum Pengelolaan Tanah Pertanian Berkelanjutan.”
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 1 Tahun 2020 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, Dan Pembenah Tanah.”
- Kusmiati, Ati, Indah Ibanah, Lenny Widjyanthi, Agung Sih Kurnianto, Distiana Wulanjari, Sigit Prastowo, and Yagus Wijayanto. 2023. “Pendampingan Petani Untuk Mendorong Perubahan Menuju Praktek Pertanian Berkelanjutan.” *INTEGRITAS : Jurnal Pengabdian* 7 (2): 501. <https://doi.org/10.36841/integritas.v7i2.3629>.
- Lal, Rattan. 2015. “Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation.” *Sustainability (Switzerland)* 7 (5): 5875–95. <https://doi.org/10.3390/su7055875>.
- Li, Jingsong, Weiliu Li, Xiaohui Feng, Xiaojing Liu, Kai Guo, Fengcui Fan, Shengyao Liu, and Songnan Jia. 2024. “Soil Organic Matter Input Promotes Coastal Topsoil Desalinization by Altering the Salt Distribution in the Soil Profile.” *Agronomy* 14 (5). <https://doi.org/10.3390/agronomy14050942>.
- Meena, B L, Ram Kishor Fagodiya, M J Kaledhonkar, and Parbodh C Sharma. 2018. “Legumes for Soil Health and Sustainable Management.” *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*, no. July. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4>.
- Meena, Rakesh Singh, Rajesh Yadav, Bhaskar Narjary, Ramavtar Meena, G S Yadav, and D S Jat. 2021.

- “Nitrogen Fixation and Legume Crops: Advances and Perspectives.” *Legume Research: An International Journal* 44 (3): 233–40. <https://doi.org/10.18805/LR-4427>.
- Moreira-Grez, Benjamin, Miriam Muñoz-Rojas, Khalil Kariman, Paul Storer, Anthony G. O'Donnell, Deepak Kumaresan, and Andrew S. Whiteley. 2019. “Reconditioning Degraded Mine Site Soils with Exogenous Soil Microbes: Plant Fitness and Soil Microbiome Outcomes.” *Frontiers in Microbiology* 10 (JULY): 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01617>.
- Nsiah, Paul Kofi, and W Schaaf. 2019. “EFFECT OF TOPSOIL STOCKPILING ON SOIL PROPERTIES AND ORGANIC AMENDMENTS ON TREE GROWTH DURING GOLD MINE” 8 (1): 45–68.
- Rietra, René P J J, Marius Heinen, Christian Dimkpa, and Prem S Bindraban. 2017. “Effects of Potassium Fertilization on Crop Production and Nutrient Use Efficiency.” *Frontiers in Plant Science* 8:1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00519>.
- Saha, M, and others. 2020. “Bradyrhizobium as the Only Rhizobial Inhabitant of Mung Bean.” *Frontiers in Plant Science* 11:602645. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.602645>.
- Sitompul, S.M. & Guritno, B. (1995). *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sharma, Neetu, Rakesh Kumar, A.P. Singh, Rohit Sharma, Peeyush Sharma, Joy Samuel McCarty, and Faraaz Farooq. 2024. “Legumes in Cropping System for Soil Ecosystem Improvement: A Review.” *Legume Research - an International Journal*, no. Of, 1–9. <https://doi.org/10.18805/lr-5289>.
- Tuas, Maria Angelina, Eduardus Yosef Neonbeni, and Wilda Lumban Tobing. 2024. “Analisis Sifat Kimia Tanah Yang Ditanami Tanaman Kacang Hijau (*Vigna Radiata* L.) Di Desa Naiola Kecamatan Bikomi Selatan.” *Savana Cendana* 9 (2): 47–49. <https://doi.org/10.32938/sc.v9i2.2361>.
- Zhang, Tian, Yuezhong Wen, and others. 2016. “Phosphorus Losses through Surface Runoff and Leaching in Intensively Managed Vegetable Fields.” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 231:87–97. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.006>.