



HUBUNGAN SILIKA TANAH DAN SILIKA JARINGAN TANAMAN PADA BERBAGAI PENGGUNAAN LAHAN DI KECAMATAN MADIUN

Primadi Hindun Labiba¹, Purnomo Edi Sasongko^{1*}, Siswanto¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur,
Jl. Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia

*Corresponding Author: purnomoedis@upnjatim.ac.id

ABSTRACT

[RELATIONSHIP BETWEEN SOIL SILICA AND PLANT TISSUE SILICA ACROSS DIFFERENT LAND USES IN MADIUN DISTRICT]. Agricultural land in Madiun District frequently experiences drought during the dry season, reducing plant tolerance to environmental stress. Although not an essential nutrient, silica can enhance plant resistance to drought stress and plays a role in nutrient binding. This study aimed to examine soil and plant tissue silica content across various land uses in Madiun District. The research was conducted on three land use units in Gunungsari, Banjarsari, and Sirapan Villages. Soil and plant samples were collected at 0–30 cm and 30–60 cm depths. Soil analyses included physical properties (texture and moisture content) and chemical properties (pH, organic C, total N, cation exchange capacity, and silica content). Data were analyzed using correlation and linear regression tests. Results showed that the highest silica content in plant tissue was found in paddy fields (40%) and the lowest in sugarcane fields (29%). Soil silica content in sugarcane fields was highest in Banjarsari Village (57.31%) and lowest in Sirapan Village (56.75%), while in paddy fields it was highest in Gunungsari Village (66.69%) and lowest in Sirapan Village (65.57%). The presence of silica influenced soil cation exchange capacity and nitrogen content, and it contributed to increasing plant tolerance to drought by reducing water loss through transpiration. The study recommends land management practices to enhance silica availability, such as returning crop residues to the soil.

Keyword: *cation exchange capacity, drought, land use, plant tolerance, silica content*

ABSTRAK

Lahan pertanian di Kecamatan Madiun pada musim kemarau sering mengalami kekeringan yang menurunkan toleransi tanaman terhadap kondisi lingkungan. Silika, meskipun bukan unsur hara esensial, dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan dan berperan dalam pengikatan unsur hara. Penelitian ini bertujuan mengkaji kandungan silika tanah dan silika jaringan tanaman pada berbagai penggunaan lahan di Kecamatan Madiun. Penelitian dilakukan pada tiga satuan penggunaan lahan (SPL) di Desa Gunungsari, Desa Banjarsari, dan Desa Sirapan. Pengambilan sampel tanah dan tanaman dilakukan pada kedalaman 0–30 cm dan 30–60 cm. Analisis tanah meliputi sifat fisika (tekstur, kadar air) dan sifat kimia (pH, C-organik, N-total, kapasitas tukar kation/KTK, serta kadar silika). Data dianalisis menggunakan uji korelasi dan regresi linier. Hasil menunjukkan kandungan silika tertinggi pada jaringan tanaman terdapat pada lahan sawah (40%) dan terendah pada lahan tebu (29%). Kandungan silika tanah pada lahan tebu tertinggi di Desa Banjarsari (57,31%) dan terendah di Desa Sirapan (56,75%), sedangkan pada lahan sawah tertinggi di Desa Gunungsari (66,69%) dan terendah di Desa Sirapan (65,57%). Keberadaan silika berpengaruh terhadap nilai KTK dan nitrogen tanah, serta membantu meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan dengan mengurangi kehilangan air melalui transpirasi. Penelitian ini merekomendasikan pengelolaan lahan melalui peningkatan ketersediaan silika, misalnya dengan pengembalian residu tanaman.

Kata kunci: *kandungan silika, kekeringan, KTK, pengelolaan lahan*

PENDAHULUAN

Penurunan hasil panen padi dan tebu di Kecamatan Madiun dipicu oleh sejumlah masalah agronomis dan lingkungan yang semakin nyata. Salah satu gejala utama adalah tanaman yang mudah roboh (rebah) dan kekeringan yang cukup parah selama musim kemarau. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanaman kurang mampu beradaptasi pada kondisi lingkungan ekstrem. Faktor lain yang memperburuk kondisi adalah struktur jaringan tanaman yang lemah, yang mengurangi kemampuan tanaman dalam mempertahankan air dan mendukung kestabilan mekaniknya.

Silika (Si) adalah unsur hara yang meskipun tergolong non-esensial, namun memiliki peranan penting dalam toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik dan biotik. Silika dapat membantu meningkatkan kekuatan dinding sel, memperkuat jaringan tanaman, serta meningkatkan kemampuan beradaptasi terhadap kekeringan dan serangan patogen. Beberapa studi menunjukkan bahwa aplikasi silika pada tanaman padi dapat meningkatkan ketahanan terhadap penyakit seperti hawar daun serta meningkatkan produktivitas melalui peningkatan jumlah malai dan bobot gabah (Siregar *et al.*, 2021).

Di Indonesia, sejumlah penelitian lokal telah mengeksplorasi ketersediaan silika di tanah dan respons tanaman terhadap penambahan silika: Penelitian di Musi Rawas, Sumatera Selatan menunjukkan bahwa ketersediaan silika di tanah sawah menurun secara signifikan di tanah intensif, terutama di lahan irigasi, dibandingkan dengan sawah tadah hujan. Penurunan ini berkontribusi terhadap menurunnya produktivitas padi. Studi di Banten, pada tanah jenis Inceptisols, menunjukkan bahwa pemupukan dengan pupuk mengandung silika secara nyata meningkatkan pertumbuhan padi (tinggi tanaman, jumlah anakan, dan biomassa) dibanding kontrol dan perlakuan NPK standar (Subiksa, 2018). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa sumber silika organik seperti abu sekam padi dan jerami padi dapat berfungsi sebagai amilioran tanah dan meningkatkan kandungan silika tanah dan tanaman serta hasil panen padi (Abu sekam padi sebagai biosilika) (Muniarti & Bimasri, 2020).

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, penelitian yang mengevaluasi kandungan silika tanah dan silika jaringan tanaman pada berbagai penggunaan lahan di Kecamatan Madiun menjadi sangat relevan. Penelitian ini diharapkan dapat: mengidentifikasi sebaran kandungan silika tanah dan silika jaringan tanaman dengan memperhatikan jenis penggunaan lahan (sawah irigasi, tebu, tanaman palawija, dll), menentukan satuan penggunaan lahan mana yang memiliki kandungan silika rendah sehingga perlu intervensi

(misalnya melalui pemberian pupuk silika atau amilioran organik), memberikan rekomendasi pengelolaan hara silika yang sesuai lokalitas, demi memperkuat jaringan tanaman, meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan, dan produktivitas jangka panjang tanaman padi dan tebu.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan waktu

Penelitian dilaksanakan di lahan tebu dan lahan sawah di Kecamatan Madiun, Kabupaten Madiun pada bulan Maret 2025 hingga April 2025. Analisis tanah di Laboratorium Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penentuan titik sampling

Kegiatan survei lapangan dilakukan untuk penentuan batas-batas area penelitian berdasarkan peta penggunaan lahan Kabupaten Madiun skala 1:25.000 Februari tahun 2025. Peta penggunaan lahan digunakan sebagai acuan pada saat survei lapangan dan penentuan lokasi lahan berdasarkan tipe penggunaan lahan. Berdasarkan peta penggunaan lahan didapatkan tipe penggunaan lahan di Kecamatan Madiun ialah Sawah dan Tebu. Lokasi yang sama yaitu Gunungsari, Banjarsari, dan Sirapan.

Pengambilan sampel tanah dan tanaman

Pengambilan sampel tanah selanjutnya menggunakan metode *purposive random sampling* dengan setiap satuan penggunaan lahan (SPL) pada lokasi berbeda diambil 3 titik secara random, setiap titik diambil 3 kali ulangan yang kemudian dikomposit. Masing-masing titik diambil 2 kedalaman, sehingga total seluruh sampel dari 3 lokasi lahan yaitu 18 sampel. Sedangkan pada sampel tanaman, diambil 1 sampel pada setiap SPL, sehingga total sampel tanaman sebanyak 6 sampel.

Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium meliputi tekstur (pipet), kadar air (gravimetri), pH (H_2O), C-organik (*Walkley and Black*), N-total (Kjeldahl), KTK (NH_4OAc pH 7), Silika (Gravimetri). Analisis data statistik dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel*. Pengumpulan data berdasarkan hasil sampel tanah dari jenis satuan penggunaan lahan : SPL 1 lahan tebu dan SPL 2 lahan padi. Setiap sampel diidentifikasi berdasarkan fisika tanah seperti tekstur dan kadar air; kimia tanah pH, C-Organik, N-Total, KTK, Silika tanah. Data di uji korelasi *Pearson* dengan menghubungkan parameter

X (Tekstur, Kadar air, pH, C-Organik, N-Total, KTK) dengan Y (Silika). Selanjutnya, model linear parameter X dan Y didapatkan dengan melakukan analisis regresi linear sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisika tanah

Tekstur tanah merupakan salah satu sifat fisik utama yang mempengaruhi dinamika air di dalam tanah, termasuk laju infiltrasi, penetrasi, dan kapasitas retensi air. Sebagai media tumbuh tanaman, tekstur tanah juga menentukan kemampuan tanah dalam menyimpan bahan organik dan unsur hara.

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa pada lahan tebu maupun lahan sawah, hubungan antara fraksi pasir dan debu terhadap kadar silika tidak signifikan. Sebaliknya, fraksi liat menunjukkan korelasi yang signifikan terhadap kadar silika pada kedua jenis lahan tersebut. Rendahnya kadar silika di lahan sawah dan tebu berkorelasi dengan tingginya persentase fraksi liat.

Perbedaan tekstur tanah ini salah satunya dipengaruhi oleh kandungan bahan organik. Selama proses dekomposisi, bahan organik menghasilkan asam-asam organik yang dapat melarutkan batuan dan mineral primer seperti pasir dan debu, sehingga terdegradasi menjadi partikel berukuran lebih halus seperti liat (Nurdianto *et al.*, 2022).

Hasil analisis tekstur tanah di lokasi penelitian (Tabel 1) mengidentifikasi tiga kelas tekstur utama, yaitu debu, liat berdebu, dan lempung liat berdebu.

lahan sawah (9,18%) dibandingkan lahan tebu (8,61%). Sementara itu, di lokasi Sirapan, kadar air tanah paling tinggi ditemukan pada lahan tebu (11,45%) dibandingkan lahan sawah (9,75%).

Perbedaan kadar air ini diduga terkait dengan variasi tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan sistem pengelolaan lahan di masing-masing lokasi. Tekstur tanah yang lebih halus (misalnya liat berdebu) umumnya memiliki kapasitas menahan air lebih besar daripada tekstur lebih kasar (misalnya debu), sehingga dapat memengaruhi ketersediaan air bagi tanaman pada lahan yang berbeda (Hanafiah *et al.*, 2022). Selain itu, sistem pengolahan dan penggunaan lahan juga berkontribusi pada distribusi kelembaban tanah (Sutanto & Rahayu, 2023).

Hubungan tekstur terhadap silika

Fraksi liat tanah Desa Gunungsari memiliki hubungan yang sangat nyata terhadap kandungan silika pada lahan tebu maupun lahan sawah (Gambar 1). Pada lahan tebu, persamaan regresi $y=0,1353x+52,029$ ($R^2=0,812$) menunjukkan bahwa setiap peningkatan 1% fraksi liat akan meningkatkan kandungan silika sebesar 0,1353%. Nilai R^2 ini mengindikasikan bahwa fraksi liat mampu menjelaskan sekitar 81,2% variasi kandungan silika di lahan tebu. Sementara itu, pada lahan sawah diperoleh persamaan regresi $y=0,4511x+50,909$ ($R^2=0,9998$). Hal ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1% fraksi liat meningkatkan kandungan silika sebesar 0,4511% dan bahwa fraksi liat menjelaskan 99,98% variasi kandungan silika di lahan sawah.

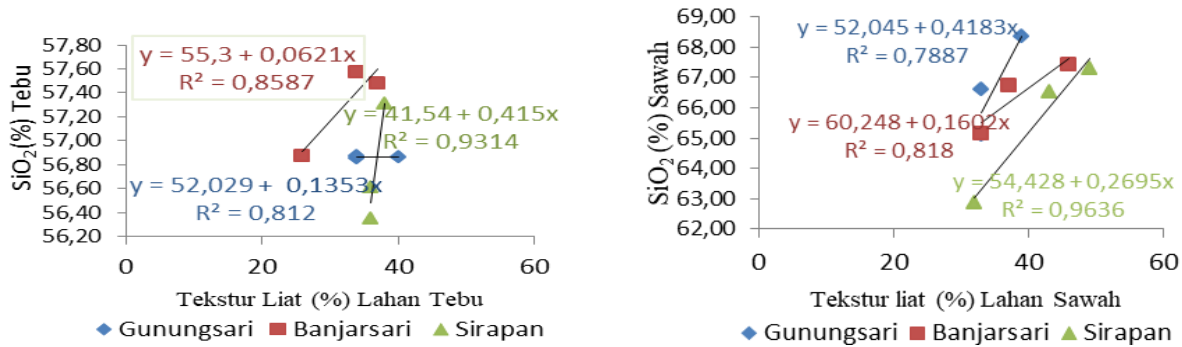
Tabel 1. Hasil analisa tekstur tanah di lokasi penelitian

Sifat fisik tanah	Lahan Tebu			Lahan Sawah		
	Tebu Gunungsari	Tebu Banjarsari	Tebu Sirapan	Sawah Gunungsari	Sawah Banjarsari	Sawah Sirapan
Pasir %	5	8	5	10	5	4
Debu %	59	60	58	55	57	54
Liat %	36	32	60	35	39	41
Kadar air (%)	9,15	8,62	11,45	8,77	9,18	9,75

Tekstur lempung liat berdebu merupakan jenis yang paling dominan dan ditemukan hampir pada seluruh titik pengamatan dan kedalaman yang diuji. Hal ini menunjukkan keseragaman relatif pada fraksi halus tanah yang berpotensi memengaruhi sifat fisik dan kimia tanah, termasuk kapasitas menahan air dan ketersediaan unsur hara.

Analisis kadar air tanah menunjukkan variasi antar lokasi dan jenis penggunaan lahan. Di lokasi Gunungsari, rata-rata kadar air tertinggi tercatat pada lahan tebu sebesar 9,15%, sedikit lebih tinggi dibandingkan lahan sawah (8,77%). Sebaliknya, di lokasi Banjarsari, rata-rata kadar air lebih tinggi pada

Secara umum, hasil ini menegaskan bahwa kandungan liat berperan penting dalam mempengaruhi ketersediaan dan distribusi silika di dalam tanah. Partikel liat memiliki luas permukaan dan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan fraksi kasar, sehingga mampu mengikat dan menyimpan silika dalam jumlah lebih besar (Hanafiah *et al.*, 2022; Ma & Takahashi, 2002). Dengan demikian, pengelolaan tekstur tanah, terutama peningkatan fraksi liat melalui praktik konservasi bahan organik atau amelioran, dapat menjadi strategi penting dalam menjaga ketersediaan silika bagi tanaman.



Gambar 1. Hubungan tekstur liat terhadap silika tebu dan silika sawah

Hasil fraksi liat tanah di Desa Gunungsari memiliki hubungan nyata terhadap silika (Gambar 1.) pada lahan tebu diperoleh persamaan regresi $y = 52,029 + 0,1353x$ ($R^2 = 0,812$). Kenaikan 1% fraksi liat meningkatkan kandungan silika sebesar 0,1353%, dan koefisien determinasi menunjukkan variasi perubahan silika dipengaruhi oleh fraksi liat sebesar 81,2%. Pada lahan sawah, persamaan regresi $y = 52,045 + 0,4183x$ ($R^2 = 0,7887$) menunjukkan setiap kenaikan 1% fraksi liat meningkatkan kandungan silika sebesar 0,4183% dan variasi silika dipengaruhi oleh fraksi liat sebesar 78,87%.

Fraksi liat tanah Desa Banjarsari memiliki hubungan nyata terhadap kandungan silika baik pada lahan tebu maupun sawah (Gambar 1). Pada lahan tebu, diperoleh persamaan regresi $y = 55,3 + 0,0621x$ ($R^2 = 0,8587$). Setiap kenaikan 1% fraksi liat meningkatkan kandungan silika sebesar 0,0621%, dan fraksi liat menjelaskan 85,87% kandungan silika pada lahan tebu. Pada lahan sawah, persamaan regresi $y = 60,248 + 0,1602x$ ($R^2 = 0,818$) menunjukkan setiap kenaikan 1% fraksi liat meningkatkan kandungan silika sebesar 0,1602%, dan fraksi liat menjelaskan variasi silika sebesar 81,8%.

Hasil serupa ditemukan di Desa Sirapan (Gambar 1). Pada lahan tebu, persamaan regresi $y = 41,54 + 0,415x$ ($R^2 = 0,9314$) setiap kenaikan 1% fraksi liat meningkatkan kandungan silika sebesar 0,415%, dengan kemampuan fraksi liat menjelaskan 93,14% kandungan silika. Namun, pada lahan sawah diperoleh persamaan regresi $y = 54,428 + 0,2695x$ ($R^2 = 0,9636$) (Gambar 1). Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat peningkatan silika 0,2695% setiap kenaikan 1% fraksi liat dan fraksi liat menjelaskan 96,36% kandungan silika pada lahan sawah.

Hasil ini mendukung temuan Zega (2024) yang menyatakan bahwa tekstur tanah liat berperan penting dalam menentukan ketersediaan silika di tanah. Tanah bertekstur lempung liat berdebu biasanya memiliki sifat licin, mudah dibentuk menjadi bulatan padat mengkilap, dan cenderung lengket. Karakteristik ini menunjukkan porositas yang lebih rendah dengan luas permukaan yang besar, sehingga mampu menahan air lebih lama, menyimpan unsur

hara dalam jumlah besar, serta meningkatkan intensitas reaksi kimia di dalam tanah. Dengan demikian, tanah dengan fraksi liat tinggi cenderung mengalami kehilangan silika yang lebih kecil akibat pencucian (Crusciol *et al.*, 2024).

Secara keseluruhan, data ini menegaskan pentingnya memperhatikan fraksi liat dalam pengelolaan lahan, khususnya untuk mempertahankan ketersediaan silika pada sistem pertanian tanaman padi dan tebu.

Hubungan kadar air terhadap silika

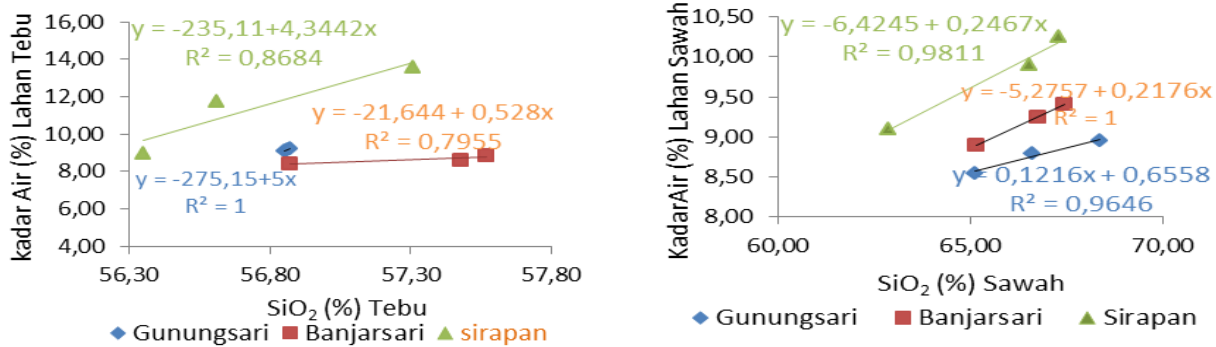
Analisis regresi yang dilakukan pada tiga lokasi menunjukkan bahwa kadar air nyata hubungannya terhadap kandungan silika lahan tebu maupun lahan sawah (Gambar 2).

Desa Gunungsari. Pada lahan tebu, persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = -275,15 + 5x$ ($R^2 = 1,00$). Hal ini berarti setiap kenaikan silika sebesar 1% meningkatkan kandungan kadar air sebesar 5%, dan variasi silika menjelaskan sebesar 100% kadar air lahan tebu. Pada lahan sawah, diperoleh persamaan $y = 0,6558 + 0,1216x$ ($R^2 = 0,9646$). Artinya, setiap kenaikan silika 1% diikuti peningkatan kadar air sebesar 0,1216%, dan variasi silika mempengaruhi 96,46% variasi kadar air lahan sawah.

Desa Banjarsari. Pada lahan tebu, persamaan regresi adalah $y = -21,644 + 0,528x$ ($R^2 = 0,7955$). Silika berkontribusi meningkatkan silika 0,528% per kenaikan 1%, dan 79,55% variabilitas kadar air lahan tebu. Pada lahan sawah, diperoleh persamaan $y = -5,2757 + 0,2176x$ ($R^2 = 1,00$), setiap kenaikan silika 1% diikuti peningkatan kadar air 0,2176% dan menjelaskan 100% variasi kadar air lahan sawah.

Desa Sirapan. Pada lahan tebu, persamaan regresi adalah $y = -235,11 + 4,3442x$ ($R^2 = 0,8684$). Kenaikan silika 1% meningkatkan kadar sebesar 4,3442%, dan silika menjelaskan 86,84% variasi kadar air lahan tebu. Pada lahan sawah, diperoleh persamaan $y = -6,4245 + 0,2467x$ ($R^2 = 0,9811$). Setiap peningkatan silika 1% meningkatkan kadar air sebesar 3,977% dan menjelaskan 98,11% variasi kadar air lahan sawah.

HUBUNGAN SILIKA TANAH DAN SILIKA JARINGAN



Gambar 2. Hubungan kadar air terhadap silika tebu dan silika sawah

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Syambudi *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa sumber silika dari berbagai jenis abu menunjukkan serapan silika tertinggi pada sampel dengan kadar air paling tinggi. Selain itu, Slameto (2023) menyatakan bahwa ketersediaan silika tanah dapat berkurang akibat pencucian (*leaching*), yang juga menjelaskan variasi kandungan silika pada lokasi penelitian.

Sifat kimia tanah

Berdasarkan analisis kimia tanah pada lokasi penelitian, terdapat perbedaan karakteristik antara lahan tebu (TG, TB, TS) dan lahan sawah (SG, SB, SS) (Tabel 2). Nilai pH H₂O pada lahan tebu berkisar antara 6,31–6,72 (kategori agak masam hingga netral), sedangkan pada lahan sawah lebih tinggi, yaitu 6,83–7,30 (kategori netral). Hal ini menunjukkan bahwa lahan sawah cenderung lebih netral dibandingkan lahan tebu, yang mungkin dipengaruhi oleh praktik pengelolaan seperti pemberian air irigasi dan residu organik yang berbeda (Setiawan *et al.*, 2021).

Kandungan C-organik pada kedua tipe lahan umumnya rendah (R), dengan kisaran 0,87–1,04% di lahan tebu dan 1,01–1,56% di lahan sawah. Nilai tertinggi ditemukan pada SG (1,56%), yang mengindikasikan akumulasi bahan organik lebih baik pada lahan sawah, kemungkinan karena sistem pengairan dan rotasi tanaman padi yang mendukung retensi karbon (Widianto *et al.*, 2020).

Kandungan N-total juga rendah hingga sangat rendah (SR), dengan nilai 0,07–0,10% di lahan tebu dan 0,10–0,14% di lahan sawah. Meskipun masih dalam kategori rendah, lahan sawah menunjukkan kecenderungan lebih tinggi, yang sejalan dengan akumulasi bahan organik dan aktivitas mikroba dalam kondisi anaerobik (Minasny & McBratney, 2018).

Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada semua lokasi termasuk tinggi (>40 cmol(+)/kg), dengan

kisaran 47,17–53,60 cmol(+)/kg di lahan tebu dan 41,17–52,64 cmol(+)/kg di lahan sawah. Nilai KTK yang tinggi menunjukkan kemampuan tanah dalam menyimpan hara kation cukup baik, meskipun tidak diikuti oleh ketersediaan N dan C-organik yang optimal (Hairiah *et al.*, 2011).

Kandungan silika tanah pada lahan sawah (65,57–66,69%) lebih tinggi dibandingkan lahan tebu (56,76–57,31%). Hal ini diduga terkait dengan akumulasi residu silika dari tanaman padi, yang dikenal sebagai tanaman akumulator silika (Ma & Yamaji, 2006). Tingginya silika pada lahan sawah juga dapat berkontribusi terhadap ketahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik.

Secara umum, lahan sawah menunjukkan kondisi kimia tanah yang sedikit lebih baik dibandingkan lahan tebu, terutama dalam hal pH, C-organik, N-total, dan kandungan silika. Namun, baik lahan tebu maupun sawah masih memerlukan perbaikan manajemen kesuburan tanah, terutama dalam peningkatan bahan organik dan nitrogen, untuk mendukung produktivitas berkelanjutan.

Tabel 2. Sifat kimia tanah di lokasi penelitian

Sifat kimia tanah	Lahan tebu			Lahan sawah		
	TG	TB	TS	SG	SB	SS
pH H ₂ O	6,57 AM	6,62 N	6,47 AM	6,86 N	6,94 N	7,19 N
C-Organik (%)	1,00 R	0,87 SR	1,04 R	1,56 R	1,16 R	1,01 R
N-Total (%)	0,07 SR	0,08 SR	0,10 R	0,14 R	0,11 R	0,10 R
KTK Cmol/kg	52,41 ST	47,17 ST	53,60 ST	41,17 ST	48,34 ST	52,64 ST
Silika tanah (%)	56,86 R	57,31 R	56,76 R	66,69 R	66,44 R	65,57 R

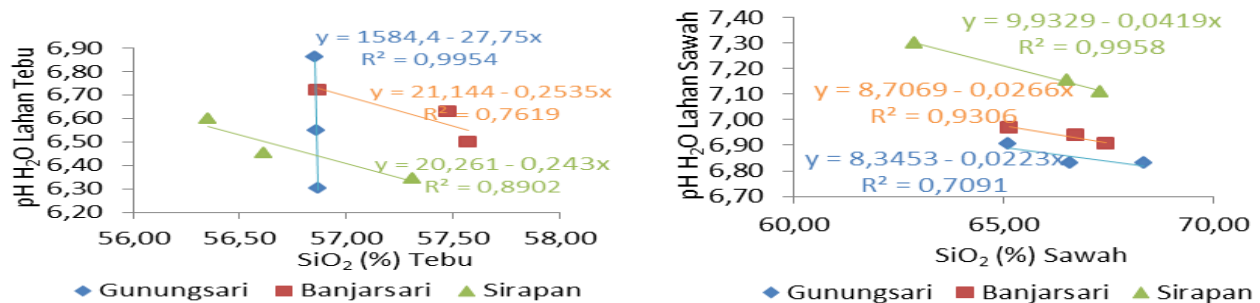
Keterangan: AM= agak masam, M= Masam, R= rendah, SR= sangat rendah

Hubungan pH terhadap silika

Hasil analisis kimia tanah (Tabel 2) menunjukkan bahwa lahan sawah memiliki kisaran pH H_2O netral (6,81–7,30), sedangkan lahan tebu berada pada kategori agak masam (6,31–6,72). Perbedaan ini mencerminkan pengaruh pengelolaan lahan: kondisi anaerobik yang dominan pada lahan sawah akibat genangan air menyebabkan peningkatan pH melalui proses reduksi besi dan mangan serta akumulasi basa-basa terlarut (Prayoga, 2024). Sebaliknya, lahan tebu yang dikelola secara aerobik cenderung mempertahankan kondisi pH yang lebih rendah.

Ketersediaan silika (Si) di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH dan mekanisme adsorpsi permukaan. Pada kondisi pH masam ($pH < 6,5$), silika umumnya lebih larut karena penurunan afinitas permukaan mineral terhadap asam silikat (H_4SiO_4), sehingga meningkatkan ketersediaan Si dalam larutan tanah (Meena *et al.*, 2019). Namun, pada pH sangat basa (>10), silika juga dapat meningkatkan kelarutannya akibat pembentukan anion silikat (SiO_3^{2-} atau $H_3SiO_4^-$), meskipun kondisi ini jarang ditemukan di lahan pertanian tropis (Yuvaraj & Gangothri, 2023).

Analisis regresi linear sederhana (Gambar 3) menunjukkan hubungan signifikan antara pH dan kandungan silika pada lahan tebu lokasi Gunung-sari dengan nilai koefisien determinasi 99,54%. Pada lahan sawah menunjukkan hubungan signifikan antara pH dan kandungan silika sebesar 70,91%. Pada Lokasi Banjarsari lahan tebu memiliki nilai koefisiensi sebesar 76,19% dan lahan sawah memiliki koefisiensi sebesar 93,06. Pada lokasi Sirapan lahan tebu memiliki nilai koefisiensi 89,02% dan lahan sawah sebesar 99,58%. Hal ini menunjukkan nilai negatif karena silika dapat menurunkan pH pada lahan tebu dan sawah. Nilai konsisten dengan mekanisme kimia tanah: pada pH netral hingga sedikit basa, silika cenderung teradsorpsi kuat pada permukaan oksida besi dan alumina, sehingga menurunkan ketersediaannya dalam bentuk larut (Cornelis *et al.*, 2010). Dengan demikian, meskipun lahan sawah memiliki pH optimal bagi banyak tanaman, kondisi ini justru dapat membatasi ketersediaan silika dibandingkan lahan dengan pH lebih masam.



Gambar 3. Hubungan pH terhadap silika tebu dan silika sawah

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman semi toleran terhadap kemasaman tanah, dengan rentang adaptasi pH 4,0–8,2 dan pertumbuhan optimal pada pH 5,5–7,0 (Ardiyansyah, 2021). Rentang toleransi yang luas ini memungkinkan tebu tumbuh baik pada lahan dengan pH agak masam seperti pada lokasi penelitian, tanpa memerlukan koreksi kapur yang intensif. Namun, untuk optimalisasi produktivitas jangka panjang, perlu dipertimbangkan peningkatan bahan organik dan pemantauan dinamika pH serta silika, terutama jika lahan akan dialihfungsikan atau ditanami varietas yang lebih sensitif.

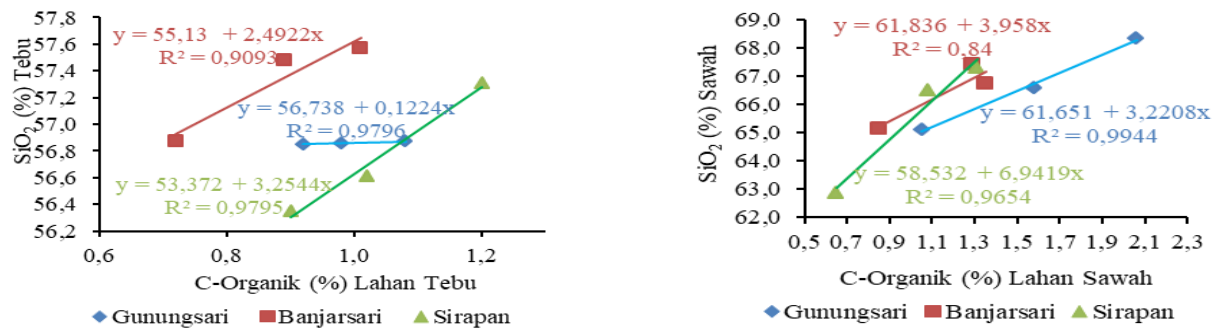
Hubungan C-organik terhadap silika

Keterkaitan antara C-organik tanah dengan kandungan silika tanah dan jaringan tanaman pada lahan sawah dan tebu menunjukkan hubungan yang positif dan signifikan. Penambahan C-organik pada tanah secara konsisten meningkatkan kandungan silika tanah, yang berpotensi berdampak pada ketersediaan silika bagi tanaman.

Kandungan C-organik yang tinggi meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan proses pelarutan/ekstraksi silika dari bahan induk tanah dan sisa tanaman. Silika yang tersedia di tanah kemudian diserap oleh jaringan tanaman, mendukung kekuatan dan kesehatan tanaman, khususnya pada tanaman tebu dan padi di sawah. Penelitian Siswanto (2020) menunjukkan bahwa penambahan bahan organik, seperti arang tebu, dapat meningkatkan kandungan silika di tanah tebu. AlSaeedi (2023) menambahkan bahwa bahan organik dari residu tanaman berperan sebagai agen pengestak silika, meningkatkan pembentukan silika yang dapat dimanfaatkan tanaman.

Nilai koefisien determinasi yang tinggi (70,91% sampai 99,58%) menunjukkan pengaruh kuat C-organik terhadap kandungan silika tanah (Gambar 4). Kenaikan kandungan silika untuk setiap 1% peningkatan C-organik lebih tinggi pada lahan sawah dibandingkan lahan tebu, khususnya di lokasi Sirapan. Penambahan bahan organik dari tanaman (misalnya arang tebu) efektif untuk meningkatkan kandungan silika tanah, mendukung kesehatan tanaman melalui peningkatan silika yang diserap jaringan tanaman.

HUBUNGAN SILIKA TANAH DAN SILIKA JARINGAN



Gambar 4. Hubungan C-organik terhadap silika tebu dan silika sawah

Hubungan nitrogen terhadap silika

Hasil analisis menunjukkan hubungan yang sangat signifikan antara kadar total nitrogen (N-Total) dengan kandungan silika pada lahan tebu dan sawah di tiga lokasi pengamatan: Gunungsari, Banjarsari, dan Sirapan. Koefisien determinasi untuk lahan tebu berada pada rentang tinggi, yaitu antara 0,9847 hingga 0,9953, yang mengindikasikan bahwa lebih dari 98% variasi silika pada lahan tebu dapat dijelaskan oleh perubahan kadar N-Total. Kenaikan sebesar 1% N-Total pada lahan tebu berhubungan dengan peningkatan silika sekitar 16,214% hingga 18,154% di masing-masing lokasi (Gambar 5).

Untuk lahan sawah, koefisien determinasi bervariasi mulai dari 0,8166 sampai 0,9646, menunjukkan pengaruh nyata N-Total terhadap kandungan silika pada sawah dengan kemampuan penjelasan antara 81,66% hingga 96,46%. Peningkatan 1% kadar N-Total pada lahan sawah berkorelasi dengan peningkatan silika yang lebih besar dibandingkan lahan tebu, yaitu antara 39,00% hingga 60,905%.

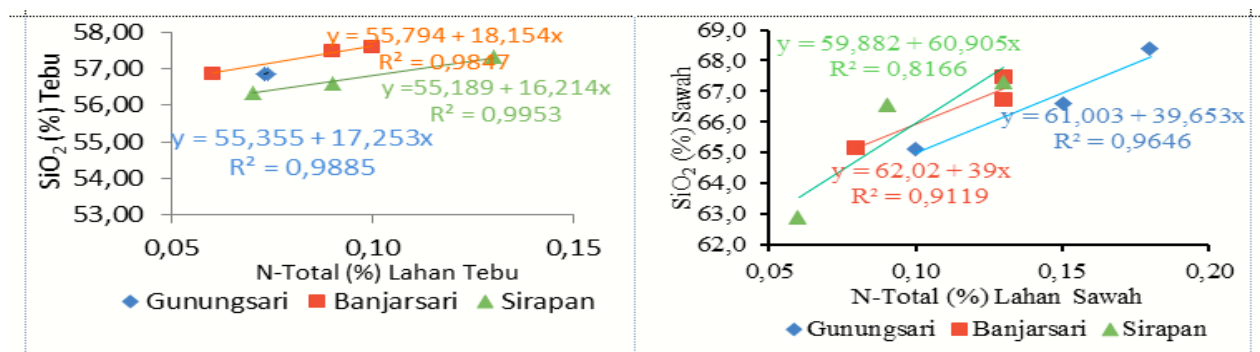
Perbedaan pengaruh N-Total terhadap penambahan silika ini menunjukkan bahwa lahan sawah memiliki respons yang lebih tinggi dibandingkan lahan tebu terhadap peningkatan silika, yang dapat dijelaskan oleh peranan unsur nitrogen dalam bentuk NH_4^+ dan NO_3^- yang mendukung optimalisasi fungsi silika sebagai pengikat unsur hara lain yang rentan hilang melalui pencucian dan

penguapan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Paliaga *et al.* (2025), yang melaporkan bahwa penyerapan silika dipengaruhi oleh unsur nitrogen, serta dengan penjelasan Rahayu (2022) mengenai peran nitrogen dalam meningkatkan efektivitas silika dalam tanah.

Hubungan KTK terhadap silika

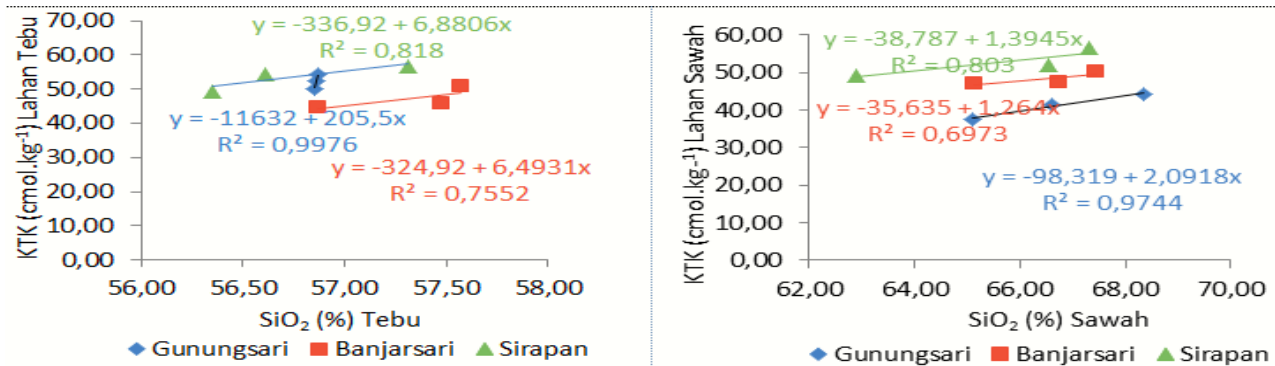
Analisis di tiga lokasi penelitian Gunungsari, Banjarsari, dan Sirapan menunjukkan bahwa silika memiliki pengaruh signifikan positif terhadap kapasitas tukar kation (KTK) di lahan tebu maupun sawah. Koefisien determinasi pada lahan tebu menunjukkan nilai yang tinggi, mencapai hingga 0,9976 pada Gunungsari, mengindikasikan hubungan yang sangat kuat antara peningkatan silika dengan kenaikan 1% KTK pada lahan tebu berkisar antara 6,4931% hingga 205,5%, sedangkan pada lahan sawah memiliki hubungan peningkatan silika dengan kenaikan 1% KTK signifikan pada lahan sawah, berkisar 1,264% hingga 2,0918%. (Gambar 6).

Perbedaan respon kenaikan KTK antara lahan sawah dan tebu diduga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti tekstur tanah, pH tanah, serta kandungan bahan organik. Tanah yang mengandung fraksi liat tinggi cenderung memiliki KTK lebih besar sehingga mampu mengadsorpsi silika lebih kuat, yang mengakibatkan penurunan silika larut yang tersedia bagi tanaman (Harefa & Zebua, 2024; Kristanti, 2025). Penambahan bahan organik juga berperan ganda dalam memodifikasi KTK dan ketersediaan sili-



Gambar 5. Hubungan N-total terhadap silika tebu dan silika sawah

HUBUNGAN SILIKA TANAH DAN SILIKA JARINGAN



Gambar 6. Hubungan KTK terhadap silika tebu dan silika sawah

ka. Di satu sisi, bahan organik meningkatkan muatan negatif tanah dan KTK, berpotensi memperkuat retensi silika. Di sisi lain, asam organik yang dihasilkan dari bahan organik dapat mempercepat pelapukan mineral silikat, sehingga meningkatkan pelepasan silika ke dalam tanah (Afotey *et al.*, 2025; Khan *et al.*, 2025). Namun, pada tanah dengan KTK sangat tinggi, silika yang dilepaskan kemungkinan cepat teradsorpsi oleh partikel halus sehingga mengurangi ketersediaannya.

Fenomena ini sejalan dengan laporan Ma *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa fraksi partikel halus dan pH tanah merupakan faktor utama yang menentukan konsentrasi silika terlarut. Tanah dengan pH tinggi dan kandungan fraksi halus yang dominan cenderung menyimpan silika dalam bentuk teradsorpsi sehingga tidak selalu tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan bahan organik dan pengaturan pH tanah menjadi aspek krusial untuk memaksimalkan ketersediaan silika pada sistem produksi padi dan tebu.

Hubungan kadar air tanaman terhadap silika jaringan tanaman

Tabel 3 menyajikan hasil analisa kadar silika pada jaringan tanaman serta kadar air tanaman dari dua jenis lahan, yakni tebu dan padi. Pada tanaman tebu, kadar silika dalam jaringan berkisar antara 29,37% hingga 30,34%, dengan nilai tertinggi pada sampel TB sebesar 30,34%. Sedangkan kadar air tanaman tebu berada di kisaran 10,85% hingga 13,56%, sampel TB juga menunjukkan kadar air tertinggi sebesar 13,56%.

Sementara itu, pada tanaman padi, kadar silika dalam jaringan lebih tinggi dibandingkan tebu, yaitu antara 39,58% hingga 40,57%. Sampel SB memiliki kadar silika jaringan tertinggi sebesar 40,57%. Kadar air pada tanaman padi relatif seragam, berkisar antara 11,54% sampai 12,15%, dengan sampel SB juga memiliki kadar air tertinggi sebesar 12,15%.

Silika pada jaringan tanaman padi tertinggi, dikarenakan tanaman padi termasuk tanaman go-

longan tanaman gramineae yang bersifat akumulator silika. Tanaman padi mampu menyerap dan mengakumulasi silika dalam jumlah tinggi pada bagian tanaman seperti daun, batang hingga gabah padi.

Sebagai perbandingan kuantitatif, tanaman tebu dilaporkan menyerap silika dalam kisaran 300–700 kg Si/ha, sedangkan tanaman padi menyerap sekitar 150–300 kg Si/ha. Proses penyerapan silika pada kedua tanaman ini sebagian besar bersifat pasif, melalui mekanisme difusi dan aliran massa (mass flow) di akar (Ma & Takahashi, 2002; Syambudi *et al.*, 2024; A Case for Silicon Fertilization..., 2013; Camargo *et al.*, 2013). Penyerapan silika dalam jumlah banyak oleh tanaman, menyebabkan ketersediaan silika dalam tanah menurun. Silika pada jaringan tanaman dapat meningkatkan daya serap dan ketersediaan hara P, merangsang pembentukan pigmen, memperbaiki ketersediaan klorofil, melindungi komponen fotosintesis sehingga mengurangi dampak yang diakibatkan oleh cekaman air.

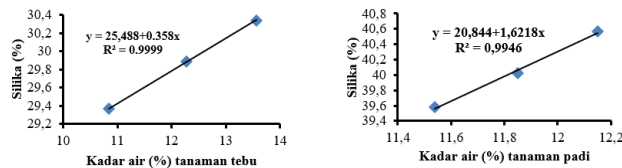
Tabel 3. Analisa silika pada jaringan tanaman dan kadar air tanaman

Lahan	Kode Sampel	Si Jaringan (%)	Kadar air tanaman (%)
Tebu	TG	29,37	10,85
	TB	30,34	13,56
	TS	29,89	12,28
Padi	SG	39,58	11,54
	SB	40,57	12,15
	SS	40,02	11,85

Hasil analisis regresi menunjukkan adanya hubungan yang konsisten dan sangat signifikan antara kadar air tanaman dengan kandungan silika jaringan pada tanaman tebu dan padi (Gambar 7). Hubungan positif ini terkonfirmasi di tiga lokasi penelitian, yaitu Gunungsari, Banjarsari, dan Sirapan, dengan lahan Banjarsari menunjukkan

respons peningkatan silika jaringan paling tinggi seiring kenaikan kadar air tanaman, menandakan pengaruh yang paling kuat di lokasi tersebut.

Secara umum, hubungan antara kadar air tanaman dan kadar silika jaringan pada kedua komoditas ini sangat kuat, dengan tingkat signifikansi yang tinggi. Hasil ini konsisten dengan temuan Syambudi *et al.* (2024), yang menunjukkan bahwa pemanfaatan sumber silika dari berbagai abu tanaman meningkatkan penyerapan silika secara signifikan pada sampel dengan kadar air lebih tinggi. Oleh karena itu, status kadar air tanaman merupakan faktor penting yang memengaruhi serapan dan akumulasi silika dalam jaringan tanaman tebu dan padi.



Gambar 7. Hubungan kadar air tanaman tebu dan silika serta kadar air tanaman padi dan silika sawah

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan silika tertinggi pada jaringan tanaman terdapat pada lahan sawah (40%) dan terendah pada lahan tebu (29%). Kandungan silika tanah tertinggi pada lahan tebu ditemukan di Desa Banjarsari (57,31%) dan terendah di Desa Sirapan (56,75%), sedangkan pada lahan sawah tertinggi di Desa Gunungsari (66,69%) dan terendah di Desa Sirapan (65,57%). Keberadaan silika terbukti berpengaruh negatif terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) dan pengaruh positif terhadap kadar nitrogen tanah, serta meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan dengan mengurangi kehilangan air melalui transpirasi. Oleh karena itu, pengolahan lahan yang dapat meningkatkan ketersediaan silika, seperti pengembalian residu tanaman, sangat direkomendasikan untuk mendukung produktivitas dan ketahanan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

Afotey, B., Kwakye-Awuah, B. & Anang, D. A. (2025). Synthesis of silica and silicon from rice husk feedstock: A review. *Heliyon*, 11(4), e42491. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42491>

Afotey, D. O., Mensah, M. & Asare, K. (2025). Organic amendments and their effects on soil cation exchange capacity and silica retention.

Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 25(2), 315–328.

Afotey, R., Mensah, E. & Agyeman, K. (2025). Organic matter impact on cation exchange capacity and silica availability in tropical soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 71(1), 105–113. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2024.9876543>.

AlSaeedi, A. H. (2023). Enhancement of soil water characteristics curve (SWCC) and water use efficiency of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in sandy soils by using silica nanoparticles. *Journal of King Saud University - Science*, 34(4), 101926. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101926>.

Ardiyansyah, B. (2021). Mempelajari pertumbuhan dan produktivitas tebu (*Saccharum officinarum* L.) dengan masa tanam sama pada tipologi lahan berbeda. *Buletin Agrohorti*, 3(3), 357–365. DOI: <https://doi.org/10.29244/agrob.v3i3.15815>.

Ardiyansyah, B. (2021). Pengaruh pH tanah terhadap pertumbuhan dan hasil tebu (*Saccharum officinarum* L.) di lahan kering masam. *Jurnal Tanah Tropika*, 26(2), 145–154. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jt.2021.026.02.06>.

Camargo, M. S., Rocha, G. & Korndörfer, G. H. (2013). Silicate fertilization of tropical soils: Silicon availability and recovery index of sugarcane. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(5), 1267–1275. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000500016>.

Cornelis, J.-T., Delvaux, B., Georg, R. B., Ranger, J. & Lucas, Y. (2010). Tracing the origin of dissolved silicon transferred from various soil-plant systems towards rivers: A review. *Biogeosciences*, 7(12), 3949–3972. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-7-3949-2010>.

Crusciol, C. A. C., De Arruda, D. P., Fernandes, A. M., Antonangelo, J. A., Alleoni, L. R. F., Nascimento, C. A. C. D., Rossato, O. B. & McCray, J. M. (2024). Methods and extractants to evaluate silicon availability for sugarcane. *Scientific Reports*, 8(1), 916. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19240-1>.

Hairiah, K., Utami, S. R. & van Noordwijk, M. (2011). *Soil fertility and biodiversity in Indonesian smallholder farming systems*. World Agroforestry Centre (ICRAF).

Harefa, D. F. C. & Zebua, M. (2024). Peran kapasitas tukar kation dalam mempertahankan kesuburan tanah pada berbagai jenis tekstur tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(1), 165–170. DOI: <https://doi.org/10.70134/penarik.v2i3.88>.

- Harefa, D. & Zebua, G. (2024). Influence of soil texture and cation exchange capacity on silica adsorption in agricultural fields. *Journal of Environmental Agricultural Sciences*, 19(2), 75–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/jeas.2024.03.004>.
- Harefa, M. & Zebua, P. (2024). Peran kapasitas tukar kation dan pH tanah terhadap ketersediaan silika. *Jurnal Tanah Tropika*, 29 (1), 55–67.
- Khan, M. R., Zhang, L. & Li, Y. (2025). Mechanisms of organic acid-mediated silicate mineral weathering: Implications for soil silica cycling. *Geoderma*, 389, 115134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.115134>.
- Kristanti, W. (2025). Hubungan fraksi liat dan kapasitas tukar kation terhadap serapan unsur hara. *Jurnal Agroekologi Indonesia*, 17(3), 221–230.
- Ma, J. F. & Takahashi, E. (2002). *Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan*. Elsevier.
- Ma, J. F. & Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, 11(8), 392–397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007>.
- Ma, J., Wang, X. & Chen, F. (2020). Effects of soil particle size fractions and pH on dissolved silica availability in paddy soils. *Soil Science Society of America Journal*, 84(5), 1500–1508. DOI: <https://doi.org/10.1002/saj2.20182>.
- Meena, V. S., Dotaniya, M. L. & Rajput, M. (2019). Silicon: A beneficial element for soil health and plant growth under abiotic stress. In *Soil health and land use management* (pp. 125–142). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14438-1_7.
- Minasny, B. & McBratney, A. B. (2018). Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 39–47. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12475>.
- Murniati, N. & Bimasri, J. (2020). Peran biosilika abu sekam padi terhadap produksi tanaman padi sawah. *Jurnal Ilmu Pertanian Kelingi*.
- Nurdianto, F., Cyio, M. B. & Toana, M. R. C. (2022). Analisis sifat fisika tanah pada pengembangan lahan kelapa sawit (*Elaeis Quineensis* Jacq.) di Desa Laemanta Utara Kecamatan Kasimbar Kabupaten Parigi Moutong. *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian (e-journal)*, 10(5), 601–609.
- Paliaga, A., Santoso, W. & Hermawan, T. (2025). Effect of nitrogen fertilization on silica uptake and nutrient retention in paddy soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 25(3), 415–426. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-025-00678-9>.
- Prayoga, F., Mahbub, M., & Hayati, A. (2024). Fluktuasi genangan air dan pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi: Pengaruhnya terhadap pH dan Fe larut pada tanah sulfat masam. *Acta Solum*, 2(1), 7–12. DOI: <https://doi.org/10.20527/actasolum.v2i1.2274>.
- Prayoga, I. W. (2024). Dinamika pH tanah sawah akibat genangan dan pengaruhnya terhadap ketersediaan hara mikro. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 26(1), 33–42. DOI: <https://doi.org/10.29244/jitl.26.1.33-42>.
- Rahayu, D. A. (2022). The interaction of nitrogen and silica in optimizing soil nutrient availability. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 23(2), 110–117. DOI: <https://doi.org/10.21082/ijas.v23n2.2022.p110-117>.
- Setiawan, B. I., Suryatmana, P. & Sudarmadji. (2021). Soil chemical properties under sugar-cane and paddy field in dryland ecosystem. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 729(1), 012012. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/729/1/012012>.
- Siregar, A., Husnain, H., Sato, K. & Wakatsuki, T. (2021). Empirical study on effect of silicon application on rice blast disease and plant morphology in Indonesia. *Journal of Agricultural Science*, 13(2), 58295. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v13n2p58295>.
- Siswanto, P. D., Kastono, D. & Yuwono, N. W. (2019). Pengaruh aplikasi tiga jenis arang dan klon terhadap pertumbuhan vegetatif dan serapan unsur silika (Si) tebu (*Saccharum officinarum* L.) PT. Perkebunan Nusantara X Jengkol Kediri. *Vegetalika*, 8(3), 192–201. DOI: <https://doi.org/10.22146/veg.37162>.
- Slameto. (2023). Pengaruh berbagai konsentrasi pupuk formula sulfur silicate terhadap pertumbuhan, hasil dan mutu beras Ciherang. *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 21(1), 34–47. DOI: <https://doi.org/10.32528/agritrop.v21i1.8791>.
- Subiksa, I. G. M. (2018). Pengaruh pupuk silika terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi sawah pada Inceptisols di Serang, Banten, Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 42(2), 153–160.
- Sutanto, A. D. & Rahayu, Y. S. (2023). Pengaruh cekaman air dan konsentrasi silika pada POC terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 12(2), 229–238. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v12n2.p229-238>

- Syambudi, P., Meidinariasty, A. & Wasiran, Y. (2024). Pemanfaatan abu tongkol jagung dan abu tempurung kelapa dalam pembuatan pupuk kalium silika dengan metode sol-gel. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(4).
- Widianto, W., Nugroho, K. & Prasetyo, B. H. (2020). Organic matter dynamics and carbon sequestration in paddy soils under different land use systems. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 7(3), 1975–1984. DOI: <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2020.073.1975>.
- Yuvaraj, S. & Gangothri, B. (2023). Solubility behavior of soil silica under extreme pH conditions and its implications for silicon fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 186(4), 489–497. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.202200451>.
- Zega, N. D. (2024). Pengaruh tekstur dan struktur tanah terhadap distribusi air dan udara di profil tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(2), 1–6. DOI: <https://doi.org/10.70134/penarik.v1i2.52>.