

Respons Pemberian dan Penetapan Status Hara Si pada Tanaman Padi (Response of Si Application and Its Nutrient Status in Rice)

Mirawanty Amin*, Budi Nugroho, Suwarno, Dyah Tjahyandari Suryaningtyas

(Diterima Maret 2018/Disetujui Desember 2018)

ABSTRAK

Penggunaan pupuk silika telah mendapat perhatian dalam budi daya padi, namun kajian mengenai status hara tanah belum banyak dilaporkan di Indonesia. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan status hara dan pengaruh pupuk silika pada produksi padi. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari pengaruh trass pada perubahan sifat kimia tanah, mengetahui respons padi pada pupuk silika dan menentukan status hara Si dengan metode Cate-Nelson dan kurva kontinu. Hasil menunjukkan bahwa pemberian trass memberikan pengaruh nyata pada sifat kimia tanah, seperti pH H₂O dan Si tersedia. Status hara Si diukur dengan menggunakan beberapa ekstraktn berbeda, yaitu H₂O; CaCl₂; NH₄OAc pH 4,8; dan Na-Asetat pH 4 memberikan nilai batas kritis 13,17, 34, dan 37 ppm, setara dengan 28 ppm, 36 ppm, 73 ppm, dan 79 ppm SiO₂. Kelas ketersediaan hara kategori sedang berdasarkan metode kurva kontinu dengan ekstraktn H₂O, 0,01 M CaCl₂, NH₄OAc pH 4,8, dan Na-OAc pH 4 berturut-turut adalah 18–34, 33–41, 44–79, dan 42–81 mg SiO₂ kg⁻¹. Pemberian trass bakar dengan dosis 10 g kg⁻¹ memberikan produksi beras tertinggi sebesar 44,19 g pot⁻¹ setara dengan 7,07 ton ha⁻¹.

Kata kunci: padi, silika, status hara, trass

ABSTRACT

The use of silica fertilizer still has been included in cultivation technology: however, nutrient status for paddy soil is rarely reported in Indonesia. It is necessary to carry out a research on the determination of nutrient status and the influence of silica fertilizer on rice production. The aims of this research are to investigate the effect trass on soil chemical properties, discover of silica fertilizer on rice production and determine the nutrient status of Si by Cate Nelson and Continuous Curves. The results showed that the effect of trass has a significant on soil chemical properties such as pH H₂O and available Si. The nutrient status of Si was estimated by using several different extractants namely H₂O; CaCl₂; Ammonium Acetate pH 4.8; and Acetate Buffer pH 4 gives a critical limit value of 13, 17, 34, and 37 mg kg⁻¹, equivalent to 28 mg kg⁻¹, 36 mg kg⁻¹, 73 mg kg⁻¹, and 79 mg kg⁻¹ SiO₂, respectively. Meanwhile, the Si availability in the medium class based on Continuous Curves Method extracted by H₂O; 0.01 M CaCl₂; NH₄OAc pH 4.8; and Na-acetate pH 4 were 18–34, 33–41, 44–79, and 42–81 mg SiO₂ kg⁻¹, respectively. Burned trass with dose of 10 g kg⁻¹ gives the highest rice production of 44.19 g pot⁻¹ equivalent to 7.07 ton ha⁻¹.

Keywords: nutrient status, paddy, silica, trass

PENDAHULUAN

Padi merupakan tanaman akumulator Si. Nilai penting Si berkaitan dengan peningkatan hasil padi, peningkatan ketahanan terhadap penyakit, dan ketahanan terhadap rebah (Ma *et al.* 2001). Menurut Datnoff *et al.* (2007) Si dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres, mengurangi toksisitas logam, dan meningkatkan aktivitas enzim. Penambahan Si dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit (Zellner *et al.* 2011; Van Bockhaven *et al.* 2013; Liang *et al.* 2015; Sakr 2016).

Silika dikenal sebagai "*beneficial element*" bagi padi akan tetapi masih luput dari perhatian. Petani umumnya hanya memerhatikan pupuk hara makro saja sehingga tidak ada penambahan Si dalam praktik

Departemen Ilmu Tanah dan Sumbidaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

* Penulis Korespondensi: Email: mirawantyan@gmail.com

bercocok tanam. Pertanaman padi saat panen dapat mengangkut Si antara 100–300 kg ha⁻¹. Sebagai contoh, dengan perhitungan panen gabah 4,5 ton ha⁻¹ dan jerami 5 ton/ha dalam sekali panen dan sekam meliputi 30% bobot gabah maka dalam sekali panen di sawah Dusun Lembur Leutik (belakang kampus IPB Darmaga) akan terangkut 971 kg SiO₂ ha⁻¹. Kadar SiO₂ sekam dan jerami padi di daerah ini adalah 21,23 dan 16,01% (Nugroho 2009).

Silika diserap tanaman dalam bentuk asam monosilikat H₄SiO₄ (Jones & Handreck 1965). Silika bisa diberikan ke tanah dalam bentuk kalsium silikat sebelum dilakukan penanaman (Liang *et al.* 1994). Synder *et al.* (1986) menunjukkan bahwa penerapan atau penambahan pupuk silika dalam bentuk kalsium silikat dapat meningkatkan produksi padi di Histosols. Di negara Jepang, silika dikenal sebagai "*agronomically essential element*" dan pemberian pupuk silika sudah mulai dilakukan sejak tahun 1940-an (Ma *et al.* 2001).

Makanan pokok rakyat Indonesia adalah beras sehingga pertanaman padi dilakukan secara terus menerus dan intensif dalam rangka pemenuhan beras tersebut. Pertanaman padi intensif tersebut mendorong pengurusan Si dari tanah sehingga ketersediaan Si perlu diperhatikan. Pemberian pupuk silika, khususnya di Indonesia, perlu diperhatikan mengingat banyaknya manfaat unsur tersebut. Salah satu sumber pupuk Si yang dapat digunakan adalah trass.

Trass merupakan salah satu bahan alam yang banyak mengandung unsur Si sehingga dimanfaatkan sebagai pupuk Si. Trass terbentuk dari abu vulkanik yang memiliki kandungan unsur kalsium dan silika (Utomo 2011). Saat ini trass belum mendapat perhatian sebagai bahan yang berguna bagi pertanian. Bahan ini banyak digunakan sebagai bahan untuk pembuatan batako untuk keperluan pembangunan perumahan dan sebagainya.

Pemupukan merupakan praktik pertanian yang dikembangkan secara rasional dan ilmiah. Pemupukan secara rasional dan ilmiah didasari pada potensi atau status hara tanah dan kebutuhan tanaman (Liferdi 2010). Status hara dalam tanah dapat digunakan sebagai petunjuk kemampuan tanah menyediakan hara bagi tanaman yang diusahakan. Akan tetapi, status hara dalam tanah belum dapat digunakan sebagai penduga tanggapan suatu tanaman terhadap pemupukan maupun kebutuhan pupuk bagi tanaman yang bersangkutan sebelum dilakukan percobaan pemupukan (Voss 1998). Batas kritis Si untuk berbagai jenis tanah dapat berbeda-beda. Batas kritis Si pada tanah sawah, khususnya di Indonesia, belum ada sehingga ke depan perlu dilakukan penelitian penetapan batas kritis Si.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelarutan Si tersedia pada ketiga jenis tanah, yaitu Oxisol, Inceptisol, dan Vertisol. Mengetahui pengaruh pemberian trass pada produksi padi dan penentuan status hara Si dengan metode grafik Cate-Nelson (1965) dan kurva kontinu.

METODE PENELITIAN

Percobaan rumah kaca dilakukan di rumah kaca Kebun Percobaan Cikabayan, Institut Pertanian Bogor. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilakukan pada bulan Januari–September 2017.

Bahan tanah yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tiga tanah sawah yang tergolong Oxisol dari Gunung Sindur, Inceptisol dari Ciampea Bogor, dan

Vertisol dari Cihea Cianjur. Bahan Trass yang berasal dari Ciampea Bogor digunakan sebagai sumber pupuk silika. Trass yang digunakan merupakan 83,33% trass yang dikombinasikan dengan 16,67% CaCO₃ dan telah melalui proses pemanasan sebanyak dua kali di tanur pada suhu 700 dan 500°C. Pupuk dasar dalam percobaan ini meliputi Urea, SP36, dan KCl. Bahan lain yang digunakan adalah benih padi kultivar Ciherang dan bahan kimia yang digunakan untuk analisis di laboratorium. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kertas label, plastik, kamera, ember, saringan, dan beberapa alat untuk analisis di laboratorium.

Pembuatan Pupuk Si dari Trass

Pada percobaan sebelumnya dilakukan penentuan pupuk silika yang akan digunakan untuk percobaan laboratorium dan rumah kaca, dimana perlakuan tersebut terdiri dari trass yang dibakar dan tidak dibakar. Proses pembakaran diawali dengan penimbangan trass lolos saringan 100 mesh dan penambahan CaCO₃ teknis, dengan perbandingan 100% trass : 0% CaCO₃, 83,33% trass : 16,67% CaCO₃ dan 66,67% trass : 33,33% CaCO₃. Untuk pupuk Si yang dibakara, satu set campuran tersebut selanjutnya dipanaskan dalam tanur pada suhu 700°C selama 2 jam. Campuran trass yang dipanaskan selanjutnya didinginkan dan ditambahkan aquades sebanyak 330 mL. Setelah itu, dipanaskan kembali pada suhu 500°C selama satu jam. Satu set campuran lainnya tidak mendapatkan perlakuan pemanasan. Hasil menunjukkan bahwa, perlakuan 83,33% trass yang dikombinasikan dengan 16,67% CaCO₃ melalui proses pemanasan memberikan nilai Si tersedia tertinggi 156,12 mg SiO₂ kg⁻¹ HCl 0,5 M, sehingga untuk percobaan laboratorium dan rumah kaca menggunakan pupuk silika tersebut.

Percobaan Inkubasi Tanah di Laboratorium

Percobaan inkubasi laboratorium pada Oxisol (S₁), Inceptisol (S₂), dan Vertisol (S₃) dilakukan dengan perlakuan tujuh taraf perlakuan trass bakar, yaitu kontrol (D₀); 1,25 (D₁); 2,5 (D₂); 3,75 (D₃); 5 (D₄); 7,5 (D₅); 1 dan 0 (D₆) g kg⁻¹ diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 63 satuan percobaan.

Dua ratus gram bobot kering mutlak (BKM) tanah dari ketiga jenis tanah tersebut ditambahkan trass sesuai dengan perlakuan dan diinkubasi selama satu bulan. Setelah inkubasi berakhir dilakukan analisis sifat kimia, yaitu Si tersedia tanah dengan berbagai ekstraksi (Tabel 1).

Percobaan Rumah Kaca

Percobaan rumah kaca yang dilakukan merupakan percobaan *split plot* dengan petak utama adalah jenis

Tabel 1 Metode analisis Si tersedia tanah

Ekstraksi	Pengukuran	Referensi
H ₂ O		Khalid <i>et al.</i> (1978)
0,01 M CaCl ₂		Korndorfer <i>et al.</i> (1999)
0,5 M NH ₄ OAc pH 4,8	<i>Spectrophotometer-</i> <i>Yellow Silicomolybdous Acid</i>	Fox <i>et al.</i> (1967)
Na-asetat pH 4,0		Imaizumi & Yoshida (1958)

tanah terdiri atas tiga taraf Oxisol (S_1), Inceptisol (S_2), dan Vertisol (S_3). Anak petak terdiri atas tujuh taraf trass, yaitu 0 (D_0); 1,25 (D_1); 2,5 (D_2); 3,75 (D_3); 5 (D_4); 7,5 (D_5); dan 10 (D_6) $g\ kg^{-1}$ diulang sebanyak tiga kali sehingga jumlah pot percobaan adalah sebanyak 63 pot.

Persiapan Tanah

Bahan tanah dari lapang pertama-tama dikering-udarkan sambil dihaluskan hingga lolos saringan 5 mm. Selanjutnya, tanah ditimbang setara 5 kg BKM dan dimasukkan ke dalam ember, kemudian masing-masing perlakuan pupuk Si terpilih diaduk hingga rata dengan tanah. Selanjutnya, diinkubasi selama satu minggu pada kondisi tergenang ± 5 cm. Setelah masa inkubasi berakhir dilakukan penanaman bibit padi.

Penanaman dan Pemeliharaan

Bibit padi umur 20 hari ditanam 3 bibit setiap pot. Pupuk dasar, yaitu Urea, SP-36, dan KCl diberikan sesuai dengan dosis rekomendasi, yaitu 0,6 g Urea kg^{-1} , 0,2 g SP-36 kg^{-1} , dan 0,2 g KCl kg^{-1} atau setara 300 kg Urea ha^{-1} , 100 kg SP-36 ha^{-1} , dan 100 kg KCl ha^{-1} (Permentan 2007). Urea dan KCl diberikan sebanyak tiga kali, yaitu pada saat tanam, 2 MST, dan saat vegetatif maksimum (10 MST). SP-36 diberikan satu kali pada saat penanaman. Kondisi air tergenang ± 5 cm dipertahankan selama percobaan berlangsung. Penyiangan dilakukan secara manual apabila ditemukan gulma dengan cara dicabut. Pengendalian hama dilakukan seperlunya dengan insektisida bahan aktif *beta siflurin*.

Panen

Panen dilakukan pada saat padi mencapai kriteria masak kuning, yaitu 90% malai sudah menguning. Panen dilakukan dengan cara batang padi dipotong tepat di atas permukaan tanah, gabah dirontokkan,

ditimbang, dan dikeringkan untuk mendapatkan bobot gabah kering giling.

Penentuan Status Hara Si

Status hara Si ditentukan dengan Metode Cate-Nelson (1965) dan kurva kontinu. Metode Cate-Nelson membagi sebaran data kadar Si tanah dalam hubungan dengan produksi relatif dalam dua kelas, yaitu responsif dan tidak responsif terhadap pemupukan. Kurva kontinu ditentukan berdasarkan Cope & Rouse (1973) di mana membagi kadar Si yang sama dalam tiga kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Hasil relatif di bawah 75% produksi relatif masuk ke dalam kategori rendah, 75–95% produksi relatif masuk ke dalam kategori sedang, dan >95% masuk ke dalam kategori tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Trass pada Kadar Si Tersedia Tanah

Berdasarkan hasil analisis pengaruh trass berpengaruh nyata pada Si tersedia tanah dan hasil uji Duncan pengaruh trass pada Si tersedia tanah disajikan pada Tabel 2. Hasil uji Duncan menunjukkan adanya peningkatan dosis trass menyebabkan Si tersedia tanah juga meningkat yang diuji dengan berbagai ekstraksi. Si tersedia yang diekstrak oleh berbagai ekstrak diurutkan dari tinggi ke rendah, yaitu Na-asetat pH 4,0 > NH_4OAc pH 4,8 > $CaCl_2$ > H_2O D_6 memberikan nilai Si tersedia tertinggi yang diuji dengan ekstraktan yang berbeda.

Peningkatan dosis trass menyebabkan Si tersedia meningkat karena pemberian trass menyebabkan pelepasan H_4SiO_4 lebih cepat ke dalam tanah, yang menyebabkan konsentrasi Si tanah meningkat. Akan tetapi, ditemukan bahwa pada beberapa dosis me-

Tabel 2 Pengaruh trass dan jenis tanah pada SiO_2

Perlakuan	Si tersedia ($mg\ SiO_2\ kg^{-1}$)			
	H_2O	$CaCl_2$	NH_4OAc pH 4,8	Na-OAc pH 4,0
S_1D_0	17,29 a	30,92 a	42,22 a	39,76 a
S_1D_1	20,03 b	33,49 bc	46,50 b	43,06 b
S_1D_2	22,62 c	34,13 c	51,27 c	47,14 c
S_1D_3	25,44 d	35,99 d	55,97 d	52,67 d
S_1D_4	23,90 c	32,38 b	50,76 c	57,57 e
S_1D_5	28,59 e	34,71 c	61,87 e	64,03 f
S_1D_6	34,48 g	36,96 d	66,79 f	72,14 g
S_2D_0	28,55 e	40,01 e	74,66 g	80,89 h
S_2D_1	32,38 f	67,60 f	80,49 h	88,19 i
S_2D_2	33,81 fg	68,57 f	86,56 i	97,13 j
S_2D_3	34,78 g	71,07 g	90,05 j	102,25 k
S_2D_4	29,38 e	68,72 f	95,72 k	109,01 l
S_2D_5	29,48 e	71,45 g	98,95 l	116,20 m
S_2D_6	34,48 g	74,77 h	112,65 m	123,91 n
S_3D_0	55,58 h	120,10 i	116,80 n	133,58 o
S_3D_1	56,75 i	127,48 j	121,70 o	140,34 p
S_3D_2	65,57 j	129,49 k	128,94 p	144,11 q
S_3D_3	69,12 k	131,18 l	136,32 q	149,31 s
S_3D_4	70,40 k	126,28 j	128,94 p	147,23 r
S_3D_5	73,72 l	131,44 l	134,24 q	150,36 s
S_3D_6	79,61 m	136,60 m	141,48 r	152,50 t

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing variabel menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf alfa 5%. S_1 = Oxisol; S_2 = Inceptisol; S_3 = Vertisol; D_0 = control; D_1 = 1,25; D_2 = 2,5; D_3 = 3,75; D_4 = 5; D_5 = 7,5; dan D_6 = 10 $g\ kg^{-1}$.

ngalami penurunan Si tersedia, dan hal tersebut dikarenakan oleh adanya pembentukan asam polisilikat sehingga mengurangi ketersediaan asam monosilikat (Kato 1996).

Pengaruh pemberian trass pada Si tersedia memberikan nilai yang bervariasi dengan ekstraktan yang berbeda. Hasil H₂O dan CaCl₂ memberikan nilai Si tersedia terendah dibandingkan ekstraktan yang lainnya. CaCl₂ dan H₂O memiliki kekuatan ekstraksi yang rendah karena hanya mengekstrak yang ada di dalam larutan tanah sehingga menghasilkan nilai Si tersedia yang rendah (Narayanawamy & Prakash 2009). Ekstrak NH₄OAc pH 4,8 dan Na-asetat pH 4,0 merupakan ekstrak yang sering digunakan untuk mengetahui nilai Si tersedia. Ekstrak NH₄OAc pH 4,8 dan Na-asetat pH 4,0 memberikan nilai Si tertinggi karena dapat mengekstrak bentuk Si yang teradsorpsi sehingga penggunaan ekstrak tersebut dapat menyebabkan Si yang terekstrak menjadi lebih tinggi (Paye 2016).

Pengaruh Trass pada Produksi Padi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis tanah dan trass berpengaruh nyata (P<0,05) pada produksi gabah kering, sedangkan kombinasi kedua perlakuan tersebut tidak berpengaruh nyata (Tabel 3).

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa trass pada D6 memberikan nilai produksi tertinggi, yaitu 44,19 g pot⁻¹, sedangkan D₀ dan D₄ tidak berbeda nyata. Akan tetapi, produksi kembali meningkat dari D₅ ke D₆. Hal

tersebut membuktikan bahwa pemberian trass yang semakin tinggi dapat meningkatkan produksi padi.

Peningkatan dosis trass meningkatkan bobot gabah kering panen. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Marxen *et al.* (2016) bahwa jika ketersediaan Si di dalam tanah menjadi faktor pembatas dalam pertumbuhan tanaman, maka penambahan Si ke dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan Si dan produksi padi. Silika dapat diberikan dalam bentuk kalsium silikat pada padi sebelum penanaman. Pemupukan Si dapat meningkatkan jumlah anakan dan gabah (Liang *et al.* 1994). Datnoff *et al.* (1992) menyatakan bahwa pemberian Si dapat meningkatkan ketahanan tanaman pada penyakit sehingga produksi meningkat, selain itu adanya Si dapat meningkatkan ketahanan tanaman pada kekeringan (Rizwan *et al.* 2012), dan meningkatkan kekuatan jaringan pada batang dan akar (Bélanger *et al.* 2003; Datnoff *et al.* 2009).

Pengaruh Si pada hasil bobot gabah berbeda pada masing-masing jenis tanah yang berbeda. Pada Oxisol dan Vertisol peningkatan dosis pupuk Si dari D₀ ke D₆ meningkatkan hasil gabah sekitar 10 g pot⁻¹, sedangkan pada Inceptisol hasil gabah relatif tidak berubah, hal tersebut membuktikan bahwa pada Inceptisol yang menjadi faktor pembatas pada pertumbuhan adalah bukan Si.

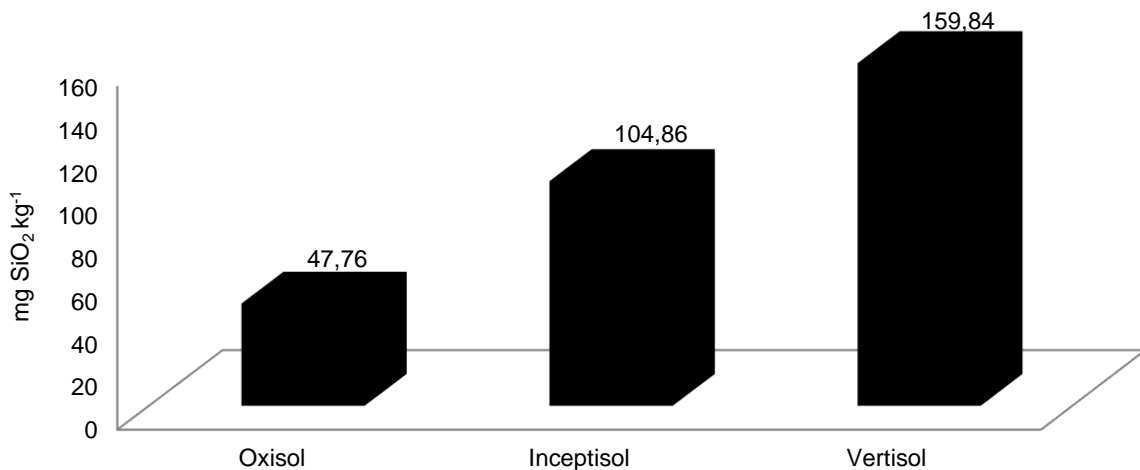
Status Hara Si pada Padi

Kadar SiO₂ dari ketiga jenis tanah, yaitu Oxisol (S₁), Inceptisol (S₂), dan Vertisol (S₃) disajikan pada Gambar

Tabel 3 Pengaruh trass dan tiga jenis tanah pada produksi gabah kering giling

Perlakuan	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	Rata-rata	
	(g pot ⁻¹)								
S ₁	27,90	23,14	30,03	31,64	24,05	36,19	37,35	30,04	a
S ₂	35,18	28,28	27,83	28,23	24,83	26,05	33,12	29,08	a
S ₃	52,01	42,26	40,17	54,41	53,07	60,06	62,10	52,01	b
Rata-rata	38,36 d	31,23 a	32,68 b	38,09 d	33,98 c	40,77 e	44,19 f		

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan lajur yang sama tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5% Uji Wilayah Duncan (DMRT). S₁ = Oxisol; S₂ = Inceptisol; S₃ = Vertisol; D₀ = Kontrol; D₁ = 1,25; D₂ = 2,5; D₃ = 3,75; D₄ = 5; D₅ = 7,5; dan D₆ = 10 g kg⁻¹.



Gambar 1 Kandungan SiO₂ pada Oxisol, Inceptisol, dan Vertisol.

1. Ketiga jenis tanah ini mempunyai Si tersedia bervariasi yang berkisar antara 47,76–159,85 mg SiO₂ kg⁻¹, yang memenuhi syarat untuk menentukan status hara menurut Dahnke & Olson (1990). Nilai batas kritis yang didapatkan oleh Imaizumi & Yoshida (1958), yaitu 105 mg SiO₂ kg⁻¹ sehingga Oxisol (S₁) yang tergolong tanah dengan kandungan Si rendah dapat diharapkan responsif pada pemupukan Si, sedangkan Inceptisol (S₂) dan Vertisol (S₃) masuk pada kategori tanah dengan kandungan Si tersedia mencukupi.

Metode Cate-Nelson (1965)

Evaluasi status hara dengan metode Cate-Nelson diawali dengan perhitungan produksi relatif terhadap produksi tertinggi dari percobaan ini yang digunakan sebagai acuan dan dianggap bernilai 100%. Selanjutnya, sebaran data produksi relatif digambarkan dalam grafik sebagai sumbu Y dengan sumbu X Si tersedia tanah dari empat ekstraktan yang berbeda. Kemudian dibuat salib sumbu di lembar plastik transparan dan ditumpang tindihkan di atas grafik sebaran produksi relatif dan Si tersedia yang dikemukakan di atas. Penetapan batas kritis Si tersedia dilakukan dengan menggeser-geserkan salib sumbu hingga membagi sebaran data produksi relatif ke dalam empat kuadran. Batas kritis didapatkan pada perpotongan garis tegak (sumbu Y) dengan sumbu X dengan ketentuan produksi relatif 75–80% dan sebaran titik produksi relatif pada kuadran 1 dan 3 salib sumbu maksimum, sedangkan kuadran 2 dan 4 minimum.

Batas kritis Si tersedia tanah dengan ekstraktan H₂O; 0,01 M CaCl₂; NH₄OAc pH 4,8; Na-OAc pH 4 berturut-turut adalah 28, 36, 73, dan 79 mg SiO₂ kg⁻¹. Batas kritis paling tinggi didapatkan dengan ekstraktan Na-OAc pH 4 dan terendah dengan ekstraktan H₂O (Tabel 4). Batas kritis dengan empat ekstraktan disajikan pada Gambar 2 dan 3.

Menurut Korndorfer *et al.* (2001) variabilitas nilai batas kritis Si tersedia tanah ditentukan oleh jenis ekstraktan dan variasi ini mungkin dikaitkan dengan daya ekstraksi, pH, dan rasio tanah terhadap ekstraktan. Batas kritis tertinggi dihasilkan oleh ekstraktan Na-OAc pH 4. Menurut Haynes *et al.* (2013) ekstraksi asam dapat mengekstrak lebih banyak Si dari tanah yang diaplikasikan dengan pupuk Si, akan tetapi dalam menggunakan ekstrak asam harus berhati-hati karena beberapa Si yang terekstrak mungkin berasal dari pelarutan Si bahan penyusun tanah. Penggunaan ekstraktan yang bersifat asam dan lamanya pengocokan menyebabkan penghancuran mineral sehingga Si yang dihasilkan akan tinggi (Hurney 1973). Salah satu faktor penentu hasil ekstraksi Si tersedia adalah lama pengocokan. Ekstraktan Na-OAc pH 4 dan NH₄OAc pH 4,8 dilakukan dengan lama pengocokan 5

Tabel 4 Batas kritis Si tersedia dengan berbagai ekstraktan

Ekstraktan	SiO ₂ mg kg ⁻¹
H ₂ O	28
0,01 M CaCl ₂	36
0,5 M NH ₄ OAc pH 4,8	73
1 N Na-OAc pH 4	79

jam, sementara ekstraktan H₂O dikocok selama 4 jam dan ekstraktan CaCl₂ dikocok selama 1 jam. Hurney (1973) mengemukakan bahwa semakin lama pengocokan atau kontak tanah dengan larutan ekstraktan, semakin tinggi pula Si yang terekstrak.

Kalsium klorida dan H₂O memiliki kekuatan ekstraksi yang lebih rendah dan sebagian besar mengekstrak Si yang dapat ditukar dalam larutan tanah. Oleh karena itu, nilai Si tersedia yang dihasilkan kedua ekstraktan tersebut memberikan nilai yang lebih rendah (Paye 2016). Hasil penelitian Narayanaswamy & Prakash (2009) menunjukkan bahwa ekstrak H₂O memberikan korelasi yang rendah dengan serapan hara oleh tanaman padi dengan Si tersedia tanah. Fox *et al.* (1967) menyatakan bahwa ekstrak H₂O dan CaCl₂ kurang baik dalam mengekstrak silika.

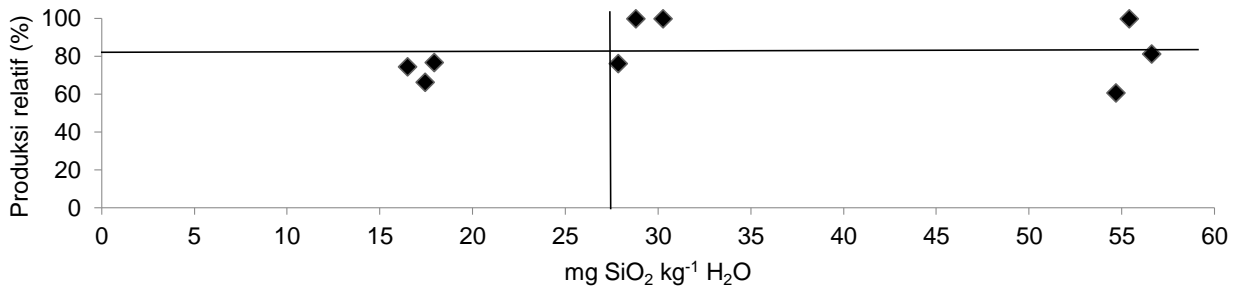
Hasil batas kritis yang diperoleh pada penelitian ini bernilai yang lebih kecil dibandingkan nilai batas kritis yang ada. Sebagai contoh Imaizumi & Yoshida (1958) menghasilkan batas kritis 50 mg kg⁻¹ Si tersedia dengan ekstraktan Na-asetat pH 4, sedangkan pada hasil penelitian ini batas kritis adalah 37 mg kg⁻¹ Si. Narayanaswamy & Prakash (2009) menghasilkan nilai kritis 30 mg kg⁻¹ Si untuk ekstraktan H₂O, sedangkan pada penelitian ini batas kritis adalah 13 mg kg⁻¹ Si.

Metode Kurva Kontinu

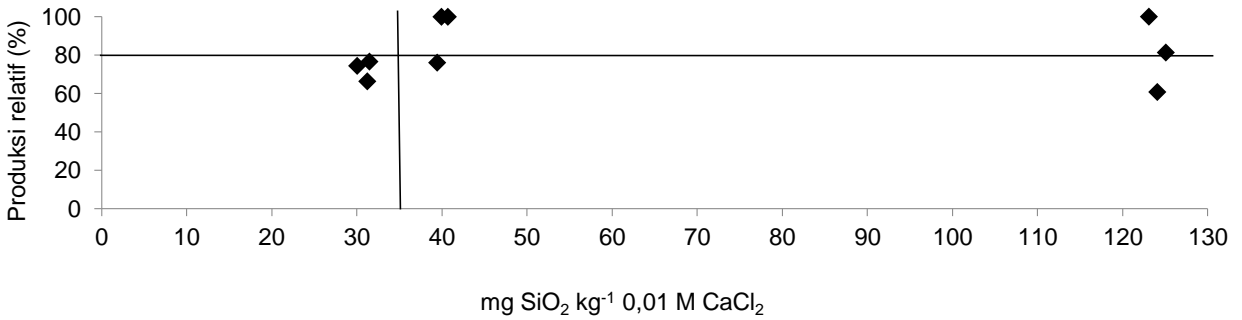
Evaluasi status hara dengan metode kurva kontinu diawali dengan perhitungan produksi relatif dengan produksi tertinggi digunakan sebagai acuan dan dianggap bernilai 100% sehingga didapatkan sembilan titik produksi relatif. Selanjutnya, sebaran data produksi relatif digambarkan dalam grafik sebagai sumbu Y dengan sumbu X sebagai Si tersedia tanah dari empat ekstraktan yang berbeda. Kurva regresi dibuat dari titik-titik yang telah didapat. Kemudian kurva tersebut dibagi menjadi tiga kategori yaitu rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan metode Cope & Rouse (1973).

Ekstraktan yang berbeda memberikan nilai kelas yang berbeda. Pada kategori rendah ekstraktan H₂O memberikan nilai <17 mg kg⁻¹ SiO₂, CaCl₂<32 mg kg⁻¹ SiO₂, NH₄OAc pH 4,8<43 mg kg⁻¹ SiO₂, dan Na-OAc pH 4<41 mg kg⁻¹ SiO₂. Pada kategori sedang, ekstraktan H₂O berkisar 18–34 mg kg⁻¹ SiO₂, CaCl₂ berkisar 33–41 mg kg⁻¹ SiO₂, NH₄OAc pH 4,8 berkisar 44–79 mg kg⁻¹ SiO₂, dan Na-OAc pH 4 berkisar 42–81 mg kg⁻¹ SiO₂. Pada kategori tinggi, ekstraktan H₂O, adalah >34 mg kg⁻¹, CaCl₂>41 mg kg⁻¹; NH₄OAc pH 4,8>79; dan Na-OAc pH 4>81 mg kg⁻¹ SiO₂ (Tabel 5). Gambar 4 dan 5 menyajikan kategori kelas kecukupan SiO₂ tanah untuk padi sawah dengan berbagai ekstraktan dengan metode kurva kontinu.

Produksi relatif yang didapatkan bervariasi. Variasi ini dapat dikaitkan dengan kandungan Si yang tersedia pada tanah dan respons pada pemberian pupuk. Secara umum, produksi relatif yang tinggi untuk tanah yang kandungan Si yang tinggi dan produksi relatif yang rendah untuk tanah yang memiliki kandungan Si rendah (Korndorfer *et al.* 2001).

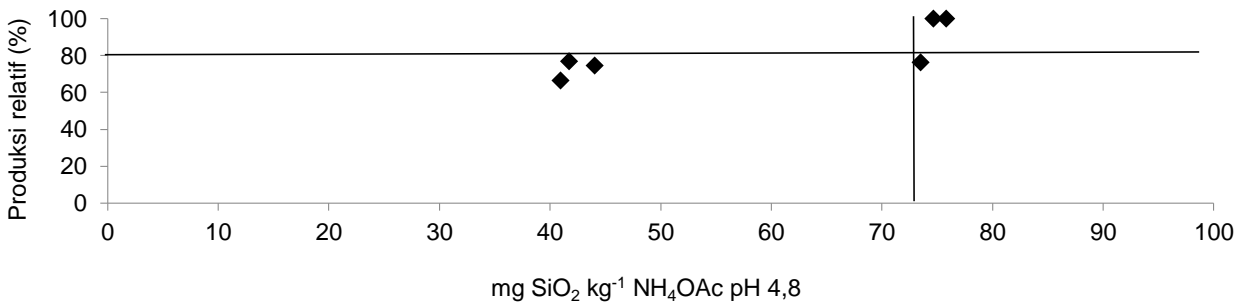


(a)

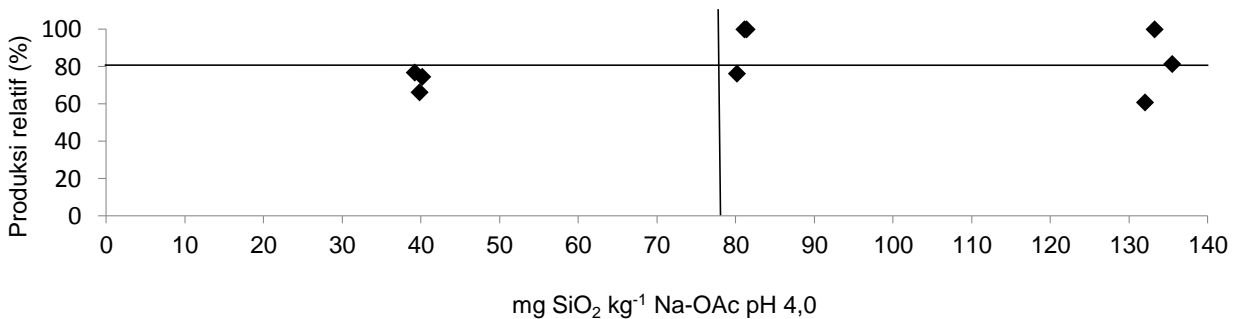


(b)

Gambar 2 Batas kritis kadar Si tersedia tanah untuk padi sawah dengan ekstraktan (a) H₂O dan (b) 0,01 M CaCl₂.



(a)

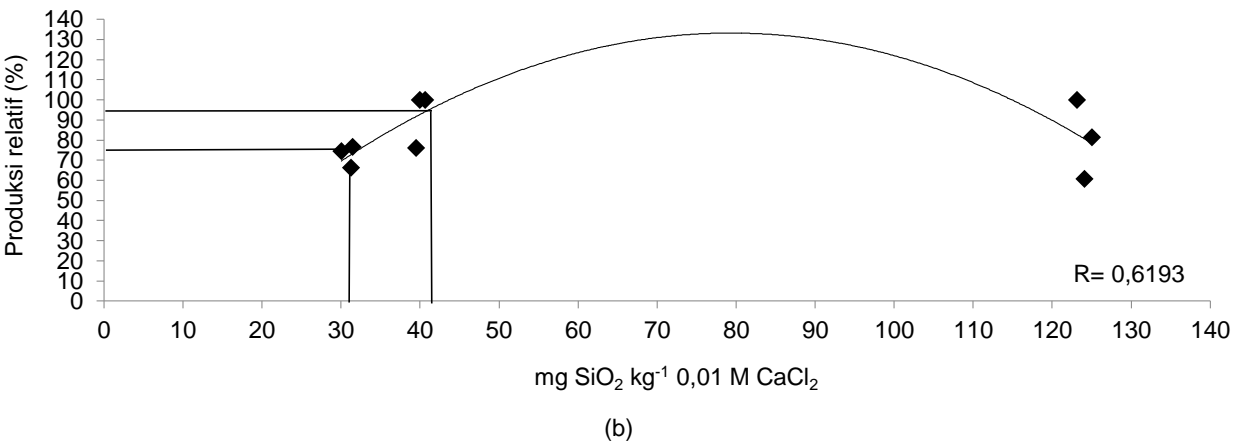
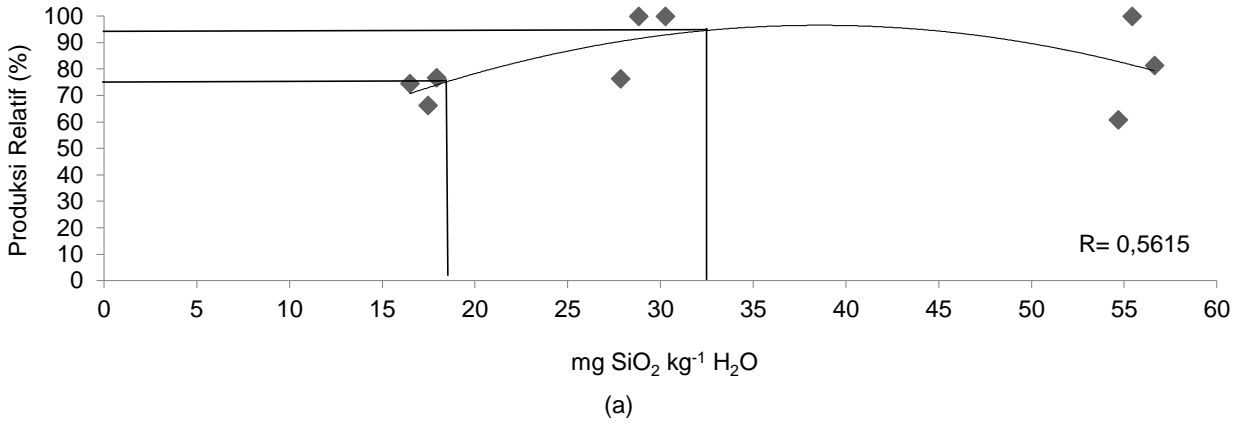


(b)

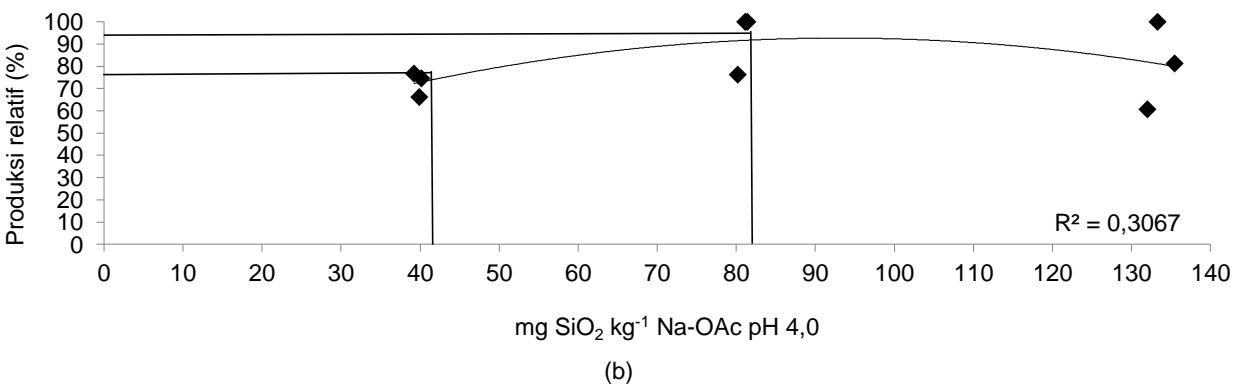
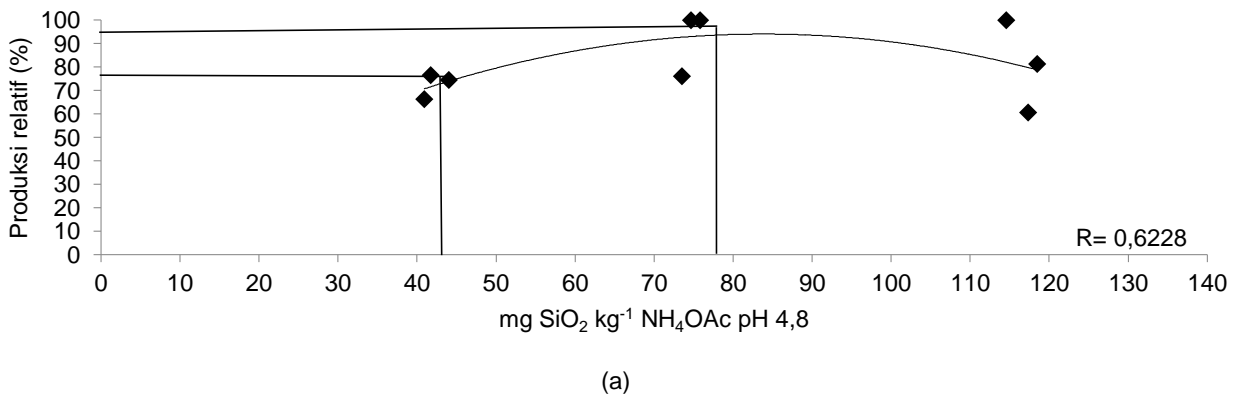
Gambar 3 Batas kritis Si tersedia tanah untuk padi sawah dengan ekstraktan (a) NH₄OAc pH 4,8 dan (b) Na-OAc pH 4,0.

Tabel 5 Kategori kelas kecukupan hara Si tersedia dengan berbagai ekstraktan

Ekstraktan	Rendah	Sedang	Tinggi
	SiO ₂ (mg kg ⁻¹)		
H ₂ O	<17	18–34	>34
0,01 M CaCl ₂	<32	33–41	>41
0,5 M NH ₄ OAc pH 4,8	<43	44–79	>79
1 N Na-OAc pH 4	<41	42–81	>81



Gambar 4 Kategori kelas kecukupan SiO₂ tanah untuk padi sawah dengan ekstraktan (a) H₂O dan (b) 0,01.



Gambar 5 Kategori kelas kecukupan SiO₂ tanah untuk padi sawah dengan ekstraktan (a) NH₄OAc pH 4,8 dan (b) Na-OAc pH 4,0.

Variasi rendah, sedang, dan tinggi untuk kelas kecukupan Si dikaitkan dengan jenis dan sifat ekstraktan, pH ekstraktan, rasio tanah dengan ekstraktan, dan waktu pengocokan (Narayaswamy & Prakash 2009). Menurut Dahnke & Olson (1990) nilai batas kritis berdasarkan metode Cate-Nelson terletak pada kelas sedang berdasarkan metode kurva kontinu. Hasil penelitian ini menunjukkan hal yang sama bahwa batas kritis dengan metode Cate-Nelson terletak pada kategori kelas kecukupan hara dengan metode kurva kontinu.

Tujuan penetapan batas kritis dan kelas ketersediaan hara adalah secara cepat dapat memberikan informasi untuk mengidentifikasi tingkat kekurangan atau kecukupan suatu unsur hara yang akan diberikan dan bagaimana tindak pengelolannya. Kelas ketersediaan hara akan memberikan gambaran bahwa pada kelas rendah hingga sedang diperlukan penambahan pupuk sehingga respons pada pemupukan dan pada kelas tinggi tidak diperlukan penambahan pupuk atau tidak respons pada pemupukan. Selain itu, penetapan status hara nantinya dapat memberikan informasi mengenai rekomendasi pemupukan, hanya harus dilakukan di lapangan, yaitu uji kalibrasi agar mendapatkan rekomendasi pemupukan. Metode Cate-Nelson dan kurva kontinu memiliki kelemahan masing-masing. Metode Cate Nelson hanya terbagi menjadi dua kelas, yaitu responsif dan tidak responsif pada pupuk, sedangkan kurva kontinu bersifat subjektif yang artinya dalam menentukan pengkelasannya dapat membagi kelas-kelas tersebut menjadi tiga hingga lima kelas kecukupan hara.

KESIMPULAN

Trass dapat dijadikan sebagai salah satu sumber pupuk silikon. Trass meningkatkan Si tersedia pada Oxisol, Inceptisol, dan Vertisol. Produksi gabah kering giling meningkat pada dosis trass D_6 (10 g kg^{-1} tanah). Batas kritis Si tersedia dengan Metode Cate-Nelson dengan ekstraktan H_2O ; $0,01 \text{ M CaCl}_2$; NH_4OAc pH 4,8; dan Na-OAc pH 4 secara berturut-turut adalah 28, 36, 73, dan $79 \text{ mg SiO}_2 \text{ kg}^{-1}$. Kelas kecukupan hara sedang dengan kurva kontinu ekstraktan H_2O ; $0,01 \text{ M CaCl}_2$; NH_4OAc pH 4,8; dan Na-OAc pH 4 secara berturut-turut adalah 18–34, 33–41, 44–79, dan 42–81 $\text{mg kg}^{-1} \text{ SiO}_2$. Trass pada dosis D_6 atau setara dengan 20 ton ha^{-1} memberikan produksi padi tertinggi, yaitu $44,19 \text{ g pot}^{-1}$ atau setara $7,07 \text{ ton ha}^{-1}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Bélanger RR, Benhamou N, Menzies JG. 2003. Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *Tritici*). *Phytopathology*. 93: 402–412.
- Cate RB, Nelson LA. 1965. *A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data*. North Carolina (USA): Technology Bulletin.
- Cope JT, Rouse RD. 1973. Interpretation of soil test results [ulasan]. di dalam: Walsh LM, Beaten JD. (eds). *Soil Testing and Plant Analysis*. Madison (SSA): 35–54.
- Dahnke WC, Olson RA. 1990. Soil testing correlation, calibration and recommendation [ulasan]. di dalam: Westerman RL. (eds). *Soil testing and plant analysis 3rd edition*. Madison (SSA): 45–71.
- Datnoff LE, Snyder GH, Deren CW. 1992. Influence of silicon fertilizer grade on blast and brown spot development and on rice yields. *Plant Disease*: 76: 1182–1184. <https://doi.org/10.1094/PD-76-1182>
- Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM. 2007. *Mineral nutrition and plant disease*. Amerika (USA): The American Phytopathological Society Press.
- Datnoff LE, Rodrigues FA, Seebold KW. 2009. Silicon and Plant Disease. In: Mineral Nutrition and Plant Disease [ulasan]. Di dalam: Datnoff L E, W H Elmer, DM Huber (eds.). *The American Phytopathological Society Press*. St.Paul (MN): 233–246.
- Fox RL, Silva JA, Younge OR, Plucknett DL, Sherman GD. 1967. Soil and plant silicon response by sugarcane. *Soil Science Society American Journal*. 31: 775–779. <https://doi.org/10.2136/sssaj1967.03615995003100060021x>
- Haynes RJ, Belyaeva ON, Kingston G. 2013. Evaluation of industrial wastes as sources as fertilizing silicon using chemical extractions and plant uptake. *Journal Plant Nutrition Soil Science*. 176: 238–248. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200372>
- Hurney AP. 1973. A progress to report on the calcium silicate investigations [Internet]. [diunduh 21 November 2017]. Tersedia pada: <http://www.assct.com.au/media/pdfs/19-73.pdf>
- Imaizumi K, Yoshida S. 1958. Edaphological studies on silica supplying power of paddy yield. *Buletin National Institute Agriculture Science*. 88 :261–304.
- Jones LHP, Handreck KA. 1965. Studies of silica in the oat plant. uptake of silica from soils by plant. *Plant Soil*. 23: 79–96. <https://doi.org/10.1007/BF01349120>
- Kato N. 1996. Factors affecting Silicon Concentration in the soil solution: effects of soil solution pH, Ca concentration and CO_2 gas and slag application. *Journal of Soil Sciences Plant Nutrition*. 67: 626–632.
- Khalid RA, Silva JA, Fox RL. 1978. Residual effects of calcium silicate in tropical soils: fate of applied silicon during five years of cropping. *Soil Society*

- American Journal*. 42: 89–94. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200010020x>
- Korndorfer GH, Coelho MN, Snyder GH, Mizutani CT. 1999. An evaluation of soil extractants for silicon availability in upland rice. *Journal of Plant Nutrition*. 23: 101–106.
- Korndorfer, Snyder GH, Ulloa M, Datnoff LE. 2001. Calibration of soil and plant Silicon for rice production. *Journal of Plant Nutrition*. 24: 1071–1084.
- Liang YC, Ma TS, Li FJ, Feng YJ. 1994. Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in calcareous soils. *Communications in Soil Sciences and Plant Analysis*. 25(3): 2285–2297. <https://doi.org/10.1080/00103629409369189>
- Liang Y, Nikolic M, Belanger R, Gong H, Song A. 2015. *Silicon in agriculture: From theory to practice*. Amsterdam (AMS): Springer.
- Liferdi L. 2010. Efek pemberian fosfor terhadap pertumbuhan dan status hara pada bibit manggis. *Jurnal Hortikultura*. 20(1): 18–26.
- Ma JF, Miyake Y, Takahashi E. 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants [ulasan]. Di dalam: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH. (eds). *Silicon in Agriculture*. Amsterdam (AN): Elsevier Science: 17–39.
- Marxen A, Klozbutcher T, Jahn R, Kaiser K, Nguyen VS, Schmidt A, Schadler M, Vetterlein D. 2016. Interaction between silicon cycling and straw decomposition in a silicon deficient rice production system. *Plant Soil*. 398: 153–163. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2645-8>
- Narayanaswamy C, Prakash NB. 2009. Calibration and categorization of plant available silicon in rice soils of south india. *Journal of Plant Nutrition*. 32: 1237–1254. <https://doi.org/10.1080/01904160903005970>
- Nugroho B. 2009. Peningkatan produksi padi gogo dengan aplikasi silikat dan fosfat serta inokulasi fungi mikoriza arbuskular pada ultisol. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Paye SW. 2016. Silicon fertilization in rice: establishment of critical silicon level and its impact on availability of nutrients in soils of Louisiana. [Thesis]. Louisiana (US): Louisiana State University.
- Sakr N. 2016. The role of silicon (Si) in increasing plant resistance against fungal diseases. *Journal Hellen Plant Protect*. 9(1): 1–15.
- Peraturan Menteri Pertanian. 2007. Rekomendasi pemupukan n, p, dan k pada padi sawah spesifik lokasi.
- Rizwan M, Meunier J, Miche H, Keller C. 2012. Effect of silicon on reducing cadmium toxicity in durum wheat (*Triticum turgidum* L. cv. Claudio W.) grown in a soil with aged contamination. *Journal Hazard Mater*. 209–210: 326–334. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.01.033>
- Snyder GH, Jones DB, Gascho GJ. 1986. Silicon fertilization of rice in Everglades Histosols. *Soil Science Society American Journal*. 50: 1259–1263. <https://doi.org/10.2136/sssaj1986.0361599500500050035x>
- Utomo H. 2011. Pengaruh Kaptan, trass, dan pupuk fosfor terhadap kedelai varietas orba pada podsolik Jasinga. [Skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Van Bockhaven J, De Vleeschauwer D, Hofte M. 2013. Towards establishing broad spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. *Journal of Experimental Botany*. 64(5): 1281–1293. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers329>
- Zellner W, Frantz J, Leisner S. 2011. Silicon delays *Tobacco ringspot virus* systemic symptoms in *Nicotiana tabacum*. *Journal Plant Physiol*. 168(15): 1866–1869. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2011.04.002>