

Marliani, L. · Sumadi · T. Nurmala

Respon pertumbuhan, hasil, dan tingkat kerebahan padi cv IPB 3S terhadap pupuk hayati dan nano silika

Growth, yield, and lodging intensity responses of rice cv IPB 3S on biofertilizer and nano silica application

Diterima : 28 September 2018/Disetujui : 15 Juli 2019 / Dipublikasikan : 7 Agustus 2019
 ©Department of Crop Science, Padjadjaran University

Abstract. Increasing the productivity of food crops is one of the efforts to support food security along with the increasing population in Indonesia. The use of biofertilizer and nano silica with each application had could increase growth and yield also to decrease the level of fall down of rice plant. This study aimed to obtain the appropriate dosage combination of biofertilizers and nano silica so as to increase the growth, yield and straighten of rice (*Oryza sativa* L) variety IPB 3S. The experiment was conducted in paddy fields located in Bojongloa, Tegalsawah village, East Karawang District, Karawang City from March to July 2017. The experimental design was used factorial Randomized Block Design (RBD). The treatment consisted of 2 factors, namely the application of biological fertilizer consisting of 3 levels ($h_0 = 0$ g.plot⁻¹, $h_1 = 0.8$ g.plot⁻¹, $h_2 = 1.6$ g.plot⁻¹) and the application of silica fertilizer application consists of 3 levels ($s_0 = 0$ mL.plot⁻¹, $s_1 = 2$ mL.plot⁻¹, $s_2 = 4$ mL.plot⁻¹) with 9 treatment combinations and repeated 3 times. The results showed that the application of biofertilizers and silica significantly affected the component parameters of growth, yield, and degree of angularity of IPB 3S varieties. The interaction between biofertilizers and silica at a dosage of 1.6 g. plot⁻¹ and 4 mL.plot⁻¹ was the best treatment on parameters of plant height, number of tillers, weight of 1000 grains of filled grain, and level of angle of lodging.

Keywords : IPB 3S rice variety · Biofertilizer · Nano silica fertilizer

Abstrak. Peningkatan produktivitas tanaman pangan merupakan salah satu upaya dalam

mendukung ketahanan pangan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia. Penggunaan pupuk hayati dan nano silika secara mandiri mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman serta menurunkan tingkat kerebahan tanaman padi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi dosis pupuk hayati dan nano silika yang tepat sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan, hasil, dan ketegaran tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L) varietas IPB 3S. Penelitian ini dilaksanakan di lahan sawah yang berlokasi di Kampung Bojongloa, Desa Tegalsawah, Kecamatan Karawang Timur, Kabupaten Karawang pada bulan Maret sampai dengan bulan Juli 2017. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial. Perlakuan terdiri dari 2 faktor, yakni aplikasi pupuk hayati yang terdiri dari 3 taraf ($h_0 = 0$ g.plot⁻¹, $h_1 = 0,8$ g.plot⁻¹, dan $h_2 = 1,6$ g.plot⁻¹) dan perlakuan aplikasi pupuk silika yang juga terdiri dari 3 taraf ($s_0 = 0$ mL.plot⁻¹, $s_1 = 2$ mL.plot⁻¹, dan $s_2 = 4$ mL.plot⁻¹) dengan jumlah kombinasi perlakuan sebanyak 9 dan masing-masing diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh interaksi pada parameter pertumbuhan dan hasil varietas IPB 3S. Pemberian pupuk hayati dan silika dengan dosis 1,6 g.plot⁻¹ dan 4 mL.plot⁻¹ merupakan kombinasi terbaik terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot 1000 butir gabah isi, dan tingkat sudut kerebahan.

Kata kunci: Padi varietas IPB 3S · Pupuk hayati · Nano silika · Kerebahan

Dikomunikasikan oleh Agus Wahyudin

Marliani, L.¹ · Sumadi² · T. Nurmala²

¹ Mahasiswa Program Studi Magister Agronomi, Faperta UNPAD

² Staf Pengajar Departemen Budidaya Pertanian, Faperta UNPAD

Korespondensi : lia.marliani.karawang@gmail.com

Pendahuluan

Jumlah penduduk Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat berdasarkan laporan data dari Badan Pusat Statistik (BPS). Peningkatan

jumlah penduduk Indonesia setiap tahun membuat ketersediaan pangan pun harus ditingkatkan. Produksi padi pada tahun 2014 sedikit menurun dibandingkan 2013, yaitu sekitar 70.846.465 ton. Tahun 2015 produksi padi mulai meningkat lagi sekitar 75.357.841 ton (BPS, 2015). Beberapa permasalahan yang menjadi penyebab utama penurunan panen antara lain lahan sawah yang mulai terdegradasi akibat pertanian intensif dan pupuk sintetis, serangan organisme pengganggu tanaman, dan fisiologis tanaman yang sangat mudah rebah. Dalam upaya mencukupi ketersediaan pangan dengan mewujudkan swasembada beras, diperlukan beberapa usaha seperti penggunaan varietas unggul, pupuk, dan pembenah tanah.

Penggunaan varietas tipe baru, seperti IPB 3S, juga merupakan salah satu upaya dalam meningkatkan produktivitas. Salah satu keunggulan varietas IPB 3S yang dirilis oleh Institut Pertanian Bogor pada tahun 2014 yakni rata-rata hasil dapat mencapai 7 ton/ha, serta potensi hasil mencapai 11,2 ton/ha, umur panen sekitar 112 hari setelah sebar (hss). Padi IPB 3S ini juga memiliki keunggulan lain seperti tahan terhadap tungro yang disebabkan wereng hijau.

Teknologi nano silika merupakan suatu inovasi pemupukan dengan mengubah ukuran partikel pupuk menjadi skala 1 hingga 100 nanometer (μm) sehingga memudahkan nano silika masuk kedalam jaringan tanaman padi. Silika merupakan hara esensial bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Tisdale, 1993). Silika diharapkan membuat batang tanaman menjadi lebih kuat, sehingga lebih tahan terhadap serangan penggerek batang, wereng coklat, dan tidak mudah rebah. Penambahan silika pada tanaman padi dapat meningkatkan jumlah gabah per malai dan bobot gabah isi per rumpun (Takahashi, 1995). Peningkatan serapan silika dapat menjaga daun tetap tegak sehingga fotosintesis dari kanopi dapat meningkat sampai 10% (Cock and Yoshida, 1970).

Pupuk hayati merupakan salah satu bahan yang sangat penting dalam upaya memperbaiki kesuburan tanah. Pupuk hayati tidak mengandung N, P, maupun K, tetapi mengandung mikroorganisme yang berfungsi menghasilkan nitrogen yang ditambahkan dari udara, serta menguraikan P dan K yang terikat dengan senyawa lain sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman (Enwall dkk, 2005). Menurut Saraswati (2000)

penggunaan pupuk hayati pada padi sawah dapat menyediakan sumber hara bagi tanaman, melindungi akar dari gangguan hama dan penyakit, meningkatkan jumlah akar, meningkatkan jumlah anakan produktif (50%), memperpanjang malai (8%), meningkatkan jumlah gabah/malai sebesar 10-20%, jumlah gabah isi/malai sebesar 14%, dan hasil gabah sebesar 20-30%.

Berdasarkan peranan dan fungsi pupuk nano silika yang dikombinasikan dengan pupuk hayati diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi varietas IPB 3S serta mengurangi tingkat kerebahannya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan takaran pupuk hayati dan nano silika yang tepat sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan, hasil, dan ketegaran tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.) varietas IPB 3S.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di lahan sawah Kampung Bojongloa, Desa Tegalsawah, Kecamatan Karawang Timur, Kabupaten Karawang, dengan ketinggian tempat \pm 7-10 meter di atas permukaan laut (dpl). Penelitian dilaksanakan pada musim kemarau 2017 selama empat bulan, mulai dari bulan Maret sampai dengan bulan Juli 2017.

Bahan yang digunakan meliputi benih padi sawah varietas IPB 3S, Urea (46% N), NPK Phonska[®] (15:15:15), Pupuk Hayati Promol 12[®], Silika Biomax[®], dan pestisida. Adapun alat-alat yang digunakan meliputi traktor, cangkul, plastik semai, bambu ajir, timbangan teknis, timbangan semi analitis, rol meter, penggaris, jangka sorong, *knapsack sprayer*, papan nama, tali rafia, karung, gunting, dan alat tulis, termohyrometer, Bagan Warna Daun (BWD) dan oven listrik.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial. Percobaan terdiri dari tiga taraf dosis pupuk hayati ($h_0 = 0 \text{ g.plot}^{-1}$, $h_1 = 0,8 \text{ g.plot}^{-1}$, dan $h_2 = 1,6 \text{ g.plot}^{-1}$) dan perlakuan aplikasi pupuk silika yang juga terdiri dari 3 taraf ($s_0 = 0 \text{ mL.plot}^{-1}$, $s_1 = 2 \text{ mL.plot}^{-1}$, dan $s_2 = 4 \text{ mL.plot}^{-1}$) dengan jumlah kombinasi perlakuan sebanyak 9 dan masing-masing diulang 3 kali sehingga diperoleh 27 plot percobaan. Masing-masing plot berukuran 5 x 4 m. Pengujian dilakukan dengan uji F pada taraf nyata 5 %. Apabila

terdapat pengaruh nyata pada masing-masing perlakuan maka pengujian dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan.

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan Tinggi Tanaman. Hasil analisis ragam terhadap tinggi tanaman menunjukkan terdapat pengaruh interaksi antara dosis pupuk hayati dan nano silika. Pertumbuhan tanaman tertinggi pada 73 HST ditunjukkan pada perlakuan aplikasi pupuk hayati dengan dosis 1,6 g.plot⁻¹ tanpa pemberian silika, jika dibandingkan dengan 0,8 g.plot⁻¹ dan tanpa pemberian pupuk hayati. Pupuk hayati dengan dosis 1,6 g.plot⁻¹ yang dikombinasikan dengan 0, 2, dan 4 mL.plot⁻¹ silika tidak menunjukkan perbedaan secara nyata satu sama lainnya.

Tabel 1. Pengaruh berbagai dosis pupuk hayati dan silika terhadap tinggi tanaman (cm) padi (*Oryza sativa* L.) varietas IPB 3S pada 73 HST.

Pupuk Hayati (g.plot ⁻¹)	Silika (mL.plot ⁻¹)		
	0	2	4
0	141.380 a (a)	147.733 a (b)	143.533 a (a)
0.8	145.407 b (a)	146.520 a (a)	146.570 b (a)
1.6	148.533 c (a)	146.490 a (a)	146.800 b (a)

Keterangan:

Huruf dalam kurung dibaca arah horizontal, membandingkan antara perlakuan berbagai dosis silika pada Perlakuan pupuk hayati yang sama Huruf kecil tanpa kurung dibaca arah vertikal, membandingkan antara perlakuan berbagai dosis pupuk hayati pada perlakuan silika yang sama Angka yang diikuti oleh huruf yang sama baik secara vertikal maupun horizontal tidak berbeda nyata berdasarkan hasil uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%

Interaksi ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan respon pupuk hayati terhadap setiap level silika. Hal ini diduga karena pupuk hayati mengandung beberapa mikroorganisme unggul yang berfungsi untuk memproduksi hormon serta meningkatkan fiksasi nitrogen bebas, meningkatkan kelarutan fosfat dan meningkatkan pengikatan kalium serta mengaktifkan penyerapan nutrisi tanah, memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang mendorong pertumbuhan akar, sehingga memacu pertumbuhan vegetatif (Oladele dan

Awodun, 2014). Menurut Avakyan, *et. al.*, (2012), mikroba dapat mendepolimerisasi nano silika menjadi bentuk yang bisa diserap tanaman yang dibantu oleh mikroba *Bacillus sp.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati dan nano silika saling berinteraksi terhadap pertambahan tinggi tanaman padi varietas IPB 3S.

Jumlah Anakan. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati dan silika berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan tanaman padi varietas IPB 3S pada umur 73 HST. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati dengan dosis 1,6 dan 0,8 g.plot⁻¹ bersama tanpa pemberian silika berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan dibandingkan dengan yang tanpa pemberian pupuk hayati (Tabel 2). Peningkatan dosis pupuk hayati pada tanaman yang tidak diberi pupuk nano silika secara nyata dapat meningkatkan jumlah anakan jika dibandingkan dengan kontrol. Pemberian pupuk nano silika bagi tanaman yang tidak diberi pupuk hayati secara nyata dapat meningkatkan jumlah anakan. Ahmad, *et. al.*, (2013) menyatakan bahwa peningkatan jumlah pupuk silika akan meningkatkan jumlah anakan.

Tabel 2. Pengaruh berbagai dosis pupuk hayati dan silika terhadap jumlah anakan padi (*Oryza sativa* L.) varietas IPB 3S Pada 73 HST.

Pupuk Hayati (g.plot ⁻¹)	Silika (mL.plot ⁻¹)		
	0	2	0
0	19.633 a (a)	21.733 a (b)	22.007 a (b)
0.8	22.800 b (b)	20.720 a (a)	22.200 a (b)
1.6	23.507 b (b)	21.560 a (a)	22.400 a (ab)

Keterangan:

Huruf dalam kurung dibaca arah horizontal, membandingkan antara perlakuan berbagai dosis silika pada Perlakuan pupuk hayati yang sama Huruf kecil tanpa kurung dibaca arah vertikal, membandingkan antara perlakuan berbagai dosis pupuk hayati pada perlakuan silika yang sama Angka yang diikuti oleh huruf yang sama baik secara vertikal maupun horizontal tidak berbeda nyata berdasarkan hasil uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%

Perlakuan berbagai dosis pupuk hayati menunjukkan hasil yang baik dalam meningkatkan jumlah anakan padi varietas IPB 3S pada 73 HST. Hal tersebut dikarenakan pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme berfungsi dalam memacu pertumbuhan tanaman dan

meningkatkan ketersediaan nutrisi esensial yang dibutuhkan tanaman. Hal ini merupakan fungsi dari mikroba *Saccharomyces cerevisiae* yang bekerja kedalam jaringan tanaman terutama batang padi. Manfaat lain dari pupuk hayati yakni menyediakan sumber hara bagi tanaman, melindungi akar dari gangguan hama dan penyakit, menstimulir sistem perakaran agar berkembang sempurna, memacu mitosis jaringan meristem pada titik tumbuh pucuk, kuncup bunga, dan stolon, sebagai metabolit pengatur tumbuh, dan sebagai bioaktivator (Saraswati, 2000).

Bobot 1000 Butir Gabah Isi. Hasil analisis ragam terhadap data bobot 1000 butir gabah isi yang dilanjutkan dengan uji jarak berganda *Duncan Multiple Range Test* disajikan pada Tabel 3. Terdapat pengaruh interaksi antara pupuk hayati dan silika terhadap bobot 1000 butir gabah isi.

Tabel 3. Pengaruh kombinasi pupuk hayati dan jenis silika terhadap bobot 1000 butir gabah isi (g) tanaman padi (*Oryza sativa* L.) varietas IPB 3S.

Pupuk Hayati (g.plot ⁻¹)	Silika (mL.plot ⁻¹)		
	0	2	4
0	27.897 a (a)	32.163 b (b)	32.553 b (b)
0.8	28.570 a (a)	29.537 a (a)	30.200 a (a)
1.6	29.957 a (a)	28.690 a (a)	33.237 b (b)

Keterangan

Huruf dalam kurung dibaca arah horizontal, membandingkan antara perlakuan berbagai dosis silika pada Perlakuan pupuk hayati yang sama
Huruf kecil tanpa kurung dibaca arah vertikal, membandingkan antara perlakuan berbagai dosis pupuk hayati pada perlakuan silika yang sama
Angka yang diikuti oleh huruf yang sama baik secara vertikal maupun horizontal tidak berbeda nyata berdasarkan hasil uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%

Interaksi pada taraf pupuk hayati 1,6 g.plot⁻¹ dan nano silika 4 mL.plot⁻¹ menunjukkan bobot 1000 butir tertinggi yakni 33,237 gram dibandingkan dengan penambahan silika 2 mL.plot⁻¹ dan tanpa silika dengan masing-masing bobot 1000 butir 28.690 dan 29.957 gram. Hal ini sejalan dengan hasil pengamatan jumlah anakan produktif dan jumlah malai per malai. Hasil tersebut didukung dengan pernyataan Satria *et. al.*, (2017) yang mengatakan bahwa bobot gabah kering dan bobot 1000 butir gabah kering suatu

varietas sangat dipengaruhi oleh jumlah anakan produktif, tinggi tanaman, dan jumlah gabah per malai. Pemberian pupuk hayati dan silika mampu mempertahankan ketersediaan unsur hara di dalam tanah sehingga membantu aktivitas metabolisme tanaman padi. Sesuai pernyataan yang dikemukakan oleh Asadi (2013), bahwa tanaman padi yang tercukupi unsur haranya dapat berkembang dan menghasilkan produksi yang optimal.

Tingkat Sudut Kerebahan. Hasil analisis sidik ragam terhadap tingkat sudut kerebahan dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5% menunjukkan terdapat interaksi antara pemberian dosis pupuk hayati dan nano silika. Rata-rata tingkat sudut kerebahan pada berbagai kombinasi perlakuan dosis pupuk hayati dan silika dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini :

Tabel 4. Rata-rata tingkat sudut kerebahan (°) pada berbagai kombinasi perlakuan.

Pupuk Hayati (g.plot ⁻¹)	Silika (mL.plot ⁻¹)		
	0	2	4
0	44.333 b (b)	25.267 a (a)	27.667 b (a)
0.8	31.667 a (b)	34.667 b (b)	24.600 ab (a)
1.6	30.240 a (b)	24.533 a (a)	21.467 a (a)

Keterangan:

Huruf dalam kurung dibaca arah horizontal, membandingkan antara perlakuan berbagai dosis silika pada Perlakuan pupuk hayati yang sama
Huruf kecil tanpa kurung dibaca arah vertikal, membandingkan antara perlakuan berbagai dosis pupuk hayati pada perlakuan silika yang sama
Angka yang diikuti oleh huruf yang sama baik secara vertikal maupun horizontal tidak berbeda nyata berdasarkan hasil uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%

Perlakuan kontrol tanpa pemberian pupuk hayati dan silika menunjukkan tingkat sudut kerebahan tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Penyebab kerebahan adalah varietas yang ditanam termasuk jenis varietas yang tidak tahan rebah. Varietas IPB 3S memiliki karakter umur tanaman sekitar 112 hari, rata-rata hasil dapat mencapai 7 t/ha, serta potensi hasil mencapai 11,2 t/ha, tetapi di lapangan padi Varietas IPB 3S ini mudah rebah disebabkan tanamannya yang memiliki karakteristik tinggi sehingga akan mudah rebah terutama pada saat pengisian bulir dan rentan terhadap hama dan penyakit (Hajrial, 2012).

Berdasarkan pada Tabel 4, pemberian kombinasi pupuk hayati dengan dosis 1,6 g.plot⁻¹ dan silika 4 mL.plot⁻¹ menunjukkan tingkat sudut kerebahan terendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Penambahan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan silika mampu menekan tingkat sudut kerebahan tanaman padi varietas IPB 3S yang secara fisiologisnya rentan terhadap kerebahan. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Sumida (2002), yang menyatakan bahwa pasokan silika yang cukup pada sereal meningkatkan kekuatan dan ketahanan sel tanaman. Penggunaan silika pada perlakuan sangat dominan dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi, berdampak pada penguatan batang tanaman, perlindungan tanaman dari hama, penguatan akar dan lain-lain (Takahashi, 1995).

Semakin tinggi dosis pupuk hayati dan silika maka semakin rendah pula tingkat sudut kerebahan tanaman padi. Tanaman padi yang cukup silika yakni efisien dalam menangkap sinar matahari karena daunnya mengarah ke atas, efisien dalam menggunakan air dan tidak mudah rebah karena mempunyai batang yang kuat (Makarim *et al.*, 2007). Interaksi dari pupuk hayati dan nano silika saling menopang jaringan tanaman khususnya batang sehingga penyusunan lignin dan serat epidermis batang tersusun dengan baik, hal ini dapat dilihat dari ketegaran batang yang tidak mudah rebah karena unsur yang dibutuhkan tanaman tercukupi dengan baik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh interaksi antara pupuk hayati dan silika terhadap parameter komponen pertumbuhan, hasil, dan tingkat sudut kerebahan tanaman padi varietas IPB 3S.
2. Terdapat interaksi antara perlakuan pemberian pupuk hayati dan silika terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot 1000 butir gabah isi, dan tingkat sudut kerebahan.
3. Kombinasi pupuk hayati dan silika dengan dosis 1,6 g.plot⁻¹ dan 4 mL.plot⁻¹ merupakan kombinasi terbaik terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot 1000 butir gabah isi, dan tingkat sudut kerebahan.

Daftar Pustaka

- Ahmad A., M. Afzal, A.U.H. Ahmad, dan M. Tahir. 2013. Effect of foliar application of silicon on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L). *Cercetari Agronomice in Moldova*. 46(3):21-28.
- Asadi, A. 1984. Peranan Si terhadap tanaman padi secara umum. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Avakyan, Z. A., Belkanova, N. P., Karavaiko, G. T., and Piskunov, V. P. 2012. Silicon compounds in solution during bacterial quartz degradation. *Jurnal of Agriculture Science Mikrobiologiya*, 54: 301-309.
- BPS. 2015. Data pusat konsumsi dan keamanan pangan 2009-2014. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Cock and Yoshida. 1970. Peningkatan serapan Si terhadap fotosintesis. Jakarta: PT. Gramedia.
- Enwall, K., L. Philippot, and S. Hallin. 2005. Activity and Composition of the Denitrifying Bacterial Community Respond Differently to Long-Term Fertilization. *Appl Environ Microbiol*. 71(12):8335-43.
- Hajrial, A. 2012. Peluncuran Padi Varietas Tipe Baru (VTB) IPB 3S. Bogor.
- Makarim, A.K., E. Suhartatik, A. Kartohardjono. 2007. Silikon: Hara Penting pada Sistem Produksi Padi. *Iptek Tanaman Pangan*, 2(2): 195-204
- Oladele, S., & M. Awodun. 2014. Response of Lowland Rice to Biofertilizer Inoculation and their Effects on Growth and Yield in Southwestern Nigeria. 3. 371-390. 10.15640/jaes.
- Saraswati, R. 2000. Peranan pupuk hayati dalam peningkatan produktivitas pangan. Hal.: 46- 54: Suwarno, *et al.* (Eds.): *Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan: Paket dan komponen Teknologi Produksi Padi*. Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV, Bogor, 22-24 November 1999. Puslitbangtan Badan Litbang Pertanian.
- Satria, B., E. M. Harahap, Jamilah. 2017. Peningkatan Produktivitas Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Melalui Penerapan Beberapa Jarak Tanam dan Sistem Tanam. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5(3): 629-637

- Sumida, H. 2002. Plant Available Silicon in Paddy Soil. National Agricultural Research Center for Tohoku Region Omagari. *Second Silicon in Agriculture Conference*. Tsuruoka, Yamagata, Japan. 21: 43-49.
- Takahashi. 1995. Serapan hara silika terhadap tanaman serealia. Japan : The Free Press.
- Tisdale. 1993. Si pada Tanaman Graminaea. New York: Dryden Press.