

Pengaruh Kombinasi Silika dan Asam Humat terhadap Ketersediaan Nitrogen dan Pertumbuhan Tanaman Padi pada Tanah Berpasir

Rusyla Dwi Rahayu, Wanti Mindari, Moch. Arifin

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Korespondensi: wanti_m@upnjatim.ac.id

ABSTRACT

Sandy soils have high macropores and low nutrient availability. This condition is caused by the soil matrix which has no negative charge, so that nutrients are easily lost due to washing. Nitrogen loss has been reported to reduce rice production by 6.10%. The research aims to examine the application of humic acid and silica to increase the availability of nitrogen nutrients. Humic acid from compost and silica from rice husk is expected to increase the negative charge of the soil so that can adsorb nutrient ions such as nitrogen. The research was carried out from March to September 2021 in the greenhouse and laboratory of the Faculty of Agriculture, National Development University "Veteran" East Java. The research was structured using a factorial Completely Randomized Design (CRD). The first factor is silica dose with a level of 0 ton/ha, 0.5 ton/ha, 1 ton/ha, and 1.5 ton/ha. The second factor is the dose of humic acid with a level of 0 kg/ha, 20 kg/ha, 40 kg/ha, and 60 kg/ha. Observation parameters include the availability of N in the soil, the growth of rice plants which include plant length and the number of tillers. The results showed that the combination of humic acid and silica didn't significantly affect plant length and number of tillers, but had a significant effect on nitrogen availability. The best dose of the combination of silica with humic acid on nitrogen availability in sandy soils is S2H3 (Silica 1 ton/ha with humic acid 60 kg/ha).

Keywords: *humic acid, silica, rice, Nitrogen*

1. PENDAHULUAN

Tanah berpasir memiliki pori dominan makro, porositas yang tinggi dan kemampuan menahan air serta hara yang rendah sehingga unsur hara yang ada di dalamnya menjadi mudah hilang (Lumbanraja dan Harahap, 2015). Nitrogen di dalam tanah bersifat mudah bergerak sehingga keberadaannya cepat berubah dan mudah hilang. Kehilangan nitrogen disebabkan karena volatilisasi, denitrifikasi, pencucian (*leaching*), erosi, dan hilang bersama panen (Vermoesen et al., 1993). Nitrogen dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar pada masa vegetatif tanaman (Patti dkk., 2013), Kehilangan nitrogen menyebabkan serapan hara tersebut kurang optimal sehingga menurunkan produksi padi (Liu et al., 2019).

Berbagai upaya untuk meningkatkan ketersediaan N telah dilakukan, diantaranya dengan pemberian pembenah tanah dan pupuk N. Pemberian urea dosis tepat bisa mengatasi permasalahan di atas. Pemupukan N berbasis pengamatan dengan bagan warna daun (BWD)

lebih efisien daripada pemupukan secara konvensional yang terjadwal, karena bisa menghemat pupuk N 10–53% (Wahid, 2003). Pembenah tanah berpengaruh sangat nyata terhadap nitrogen tanah karena mampu mengikat nitrogen sehingga menjadi tersedia dan tidak mudah mengalami *leaching* (Sari dan Arifandi, 2019).

Asam humat dan silika berpotensi untuk meningkatkan kemampuan jerap NH_4^+ dan NO_3^- (Hermanto dkk., 2013). Asam humat merupakan asam organik penyusun substansi humus yang meningkatkan kemampuan tanah dalam mengikat, mengkhelat, dan menjerap nutrisi sehingga mengurangi kehilangan unsur hara akibat *leaching* (Ali dan Mindari, 2016). Kemampuan tersebut tidak terlepas dari keberadaan gugus-gugus aktif yang dimiliki asam humat (Suntari et al., 2013; Yu et al., 2019) dan kapasitas tukar kation yang tinggi untuk menjerap unsur hara nitrogen, fosfor dan kalium sehingga meningkatkan serapan, kualitas serta produksi tanaman padi (Mahmood et al., 2019). Pemberian asam

humat dan pupuk NPK dapat meningkatkan serapan unsur hara terutama nitrogen pada tanaman padi (Nuraini dan Zahro, 2020).

Silika merupakan unsur hara yang dinilai mampu meningkatkan ketersediaan hara, kapasitas tukar kation (KTK), serapan unsur hara dan mengurangi kehilangan hara (Kristanto, 2018; Alsaeedi *et al.*, 2019). Silika juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mempengaruhi translokasi nutrisi dari akar menuju pucuk tanaman (Gregeret *et al.*, 2018; Singh *et al.*, 2005). Silika yang diperoleh dari ekstraksi abu sekam padi mampu digunakan sebagai adsorben yang baik (Peres *et al.*, 2018) dan mampu meningkatkan produktivitas tanaman padi.

Berdasarkan potensi yang dimiliki oleh asam humat dan silika, maka diperlukan penelitian lanjut untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen pada tanah berpasir serta pertumbuhan tanaman padi yang optimal.

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2021 sampai dengan September 2021 di *greenhouse* dan laboratorium sumber daya lahan Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor pertama yaitu pupuk silika dalam bentuk cair yang terdiri atas 4 level dosis, yaitu: level 0 ton ha⁻¹ (S0), 0,5 ton ha⁻¹ (S1), 1 ton ha⁻¹ (S2), dan 1,5 ton ha⁻¹ (S3). Faktor kedua yaitu 4 dosis asam humat cair (H) dengan level 0 kg ha⁻¹ (H0), 20 kg ha⁻¹ (H1), 40 kg ha⁻¹ (H2), dan 60 kg ha⁻¹ (H3). Total perlakuan kombinasi 16 yang masing-masing diulang 3 kali.

Penelitian dilaksanakan dengan beberapa tahap yaitu persiapan, aplikasi pembenah tanah dan pemberian pupuk dasar NPK, penanaman, pemeliharaan tanaman, dan panen. Tahap persiapan meliputi ekstraksi pupuk silika dan asam humat. Ekstrak silika

(dalam bentuk cair) ini berasal dari abu sekam padi, mengacu kepada Nwite (2019). Asam humat diekstrak dari kompos dengan menggunakan metode Stevenson (1994) dan ekstraksi silika dari sekam padi dengan menggunakan metode ekstraksi basa (Agung dkk., 2013).

Penyiapan media tanam dari tanah yang diambil dari Desa Mekikis Kecamatan Purwoasri, Kabupaten Kediri pada kedalaman 0- 20 cm. Berdasarkan hasil analisis awal, tekstur tanah termasuk ke dalam kelas lempung berpasir, dan bereaksi masam (Tabel 1). Tanah sebanyak 7 kg dimasukkan ke setiap pot. Pot yang telah berisi media tanam kemudian diberikan asam humat dan silika dengan kombinasi dosis sesuai rancangan percobaan yang sudah ditentukan.

Tabel 1 Karakteristik Sampel Tanah perwakilan

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Kriteria*
1	pH H ₂ O	-	5,73	Agak masam
2	C-Organik	%	0,79	Sangat rendah
3	N-Total	%	0,1	Rendah
4	P ₂ O ₅	ppm	59,56	Sangat tinggi
5	K _{dd}	cmol/kg	6,26	Sangat tinggi
6	KTK	cmol/kg	13,89	Rendah
7	Amonium	ppm	251,46	-
8	Nitrat	ppm	74,76	-
9	Tekstur			
	- Pasir	%	55	Lempung
	- Debu	%	32	Berpasir
	- Liat	%	13	

* : Kriteria bersumber dari Balai Penelitian Tanah (2009)

Sebelum aplikasi pembenah tanah telah diketahui berat jenisnya (BJ) untuk memudahkan perhitungan aplikasi (Tabel 2). Pemberian pembenah tanah dilakukan 5 hari sebelum tanam bibit tanaman padi. Proses inkubasi ditujukan untuk meratakan sebaran pembenah tanah.

Tahap selanjutnya yakni penanaman hingga panen. Bibit tanaman padi yang digunakan yaitu varietas cibogo yang telah

berumur 17 hari. Pupuk diberikan satu kali pada saat awal tanam padi dengan dosis 260 kg urea/ha, 61 kg SP-36/ha, dan 69 kg KCl/ha (Bijay *et al.*, 1991). Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman.

Tabel 2 Nilai Berat Jenis Pembenh Tanah

Parameter	Satuan	Asam Humat	Silika
Berat Jenis	g/cm ³	0.96	0.96

Parameter yang diamati yaitu nitrogen tersedia (NH₄⁺ dan NO₃⁻), tinggi tanaman, dan jumlah anakan. Pengambilan sampel tanah untuk parameter nitrogen tersedia dilakukan pada 0 HST, 15 HST, 60 HST, dan 90 HST. Pengamatan parameter tinggi tanaman dan jumlah anakan dilakukan seminggu sekali. Analisa kandungan NH₄⁺ dan NO₃⁻ secara laboratorium menggunakan metode destilasi titrimetri (Balittanah, 2009).

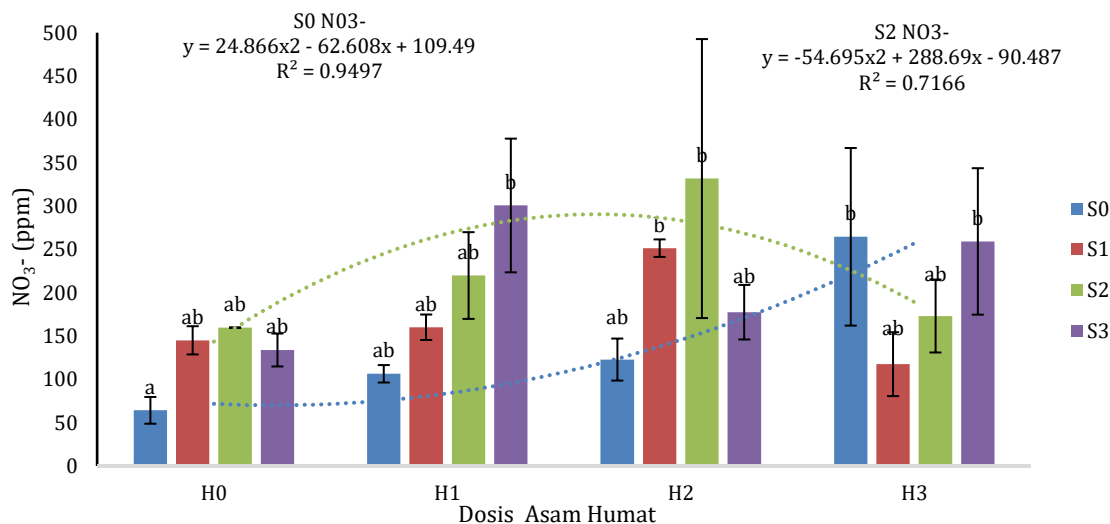
Data yang diperoleh dianalisis keragamannya (ANOVA) dengan uji F pada tingkat kesalahan 5%, untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan yang diaplikasikan. Jika

terdapat perbedaan nyata dari perlakuan maka dilakukan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) pada tingkat kesalahan 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ketersediaan Nitrogen

Nitrogen (N) merupakan unsur hara penting bagi tanaman terutama pada masa pertumbuhan tanaman. Nitrogen tersedia merupakan nitrogen yang berada di dalam tanah dan siap untuk dimanfaatkan tanaman dalam bentuk NH₄⁺ dan NO₃⁻. Hasil analisis statistik pada Gambar 1 menunjukkan bahwa pemberian kombinasi silika dan asam humat memberikan pengaruh nyata terhadap ketersediaan nitrogen (NH₄⁺ dan NO₃⁻) pada umur tanaman padi 60 HST dan 90 HST, sedangkan ketersediaan nitrogen pada umur padi 0 HST dan 15 HST tidak berbeda nyata. Hal tersebut terjadi karena N-NH₄⁺ dan N-NO₃⁻ yang dijerap silika maupun asam humat tanah dan dilepaskan pelan-pelan ke larutan tanah sehingga mampu mengurangi kehilangan hara pada tanah berpasir (Kristanto, 2018).



Gambar 1 Pengaruh Kombinasi Asam Humat dan Silika terhadap NO₃⁻ pada 60 HST

Hubungan yang erat antara asam humat dan silika terhadap kadar NO₃⁻ dapat terlihat pada umur padi 60 HST. Pada perlakuan S0, nilai R² Asam humat sebesar 0,9497 yang

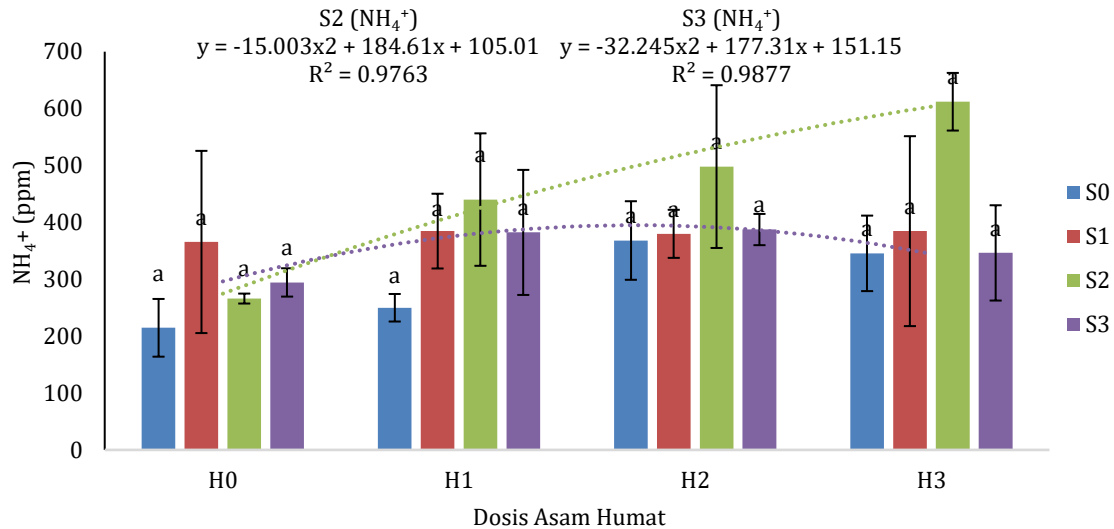
berarti 95 % nitrat tanah dipengaruhi asam humat. Pada perlakuan S2 (dosis silikat 1,5 ton/ha) dan asam humat 20 kg/ha menghasilkan kadar nitrat tertinggi, dengan nilai R² 0,7166.

Artinya 72 % nilai nitrat tanah dipengaruhi asam humat. Ada kombinasi positif antara pemberian asam humat dan silikat dalam menjerap N tanah untuk dilepaskan secara perlahan lahan ke dalam larutan tanah.

Gambar 2 memperlihatkan hubungan antara asam humat dan silika terhadap kadar NO_3^- tanah pada pertumbuhan tanaman padi 90 HST. Pada perlakuan S2 (silika 1 ton/ha),

kadar nitrat tanah tertinggi berada pada perlakuan asam humat H2 (20 kg/ha).

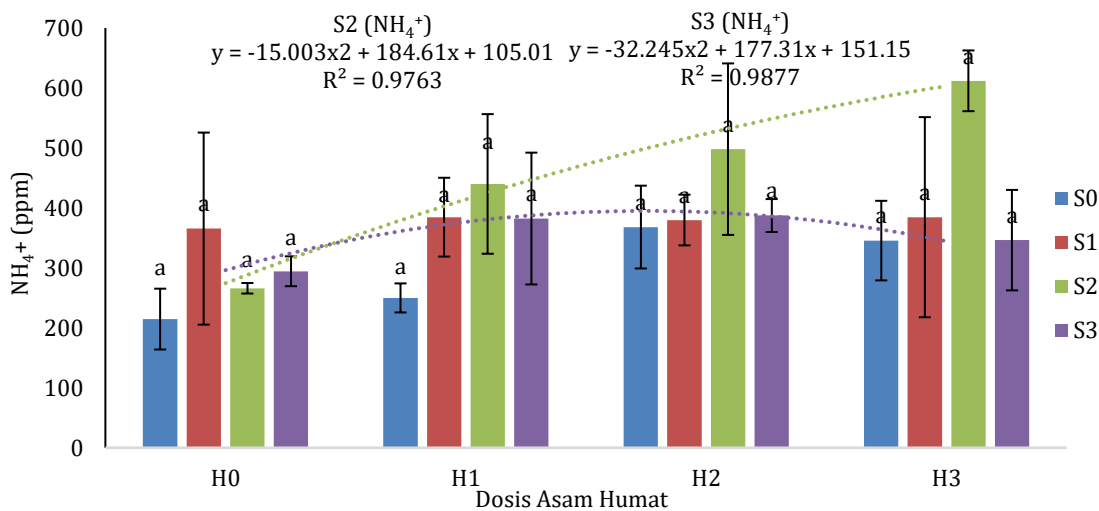
Ketersediaan amonium tanah berkorelasi positif tinggi dengan perlakuan asam humat pada perlakuan S2 dan S3. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan S2H3. Pada dosis S2, semakin banyak asam humat akan menyediakan amonium semakin banyak, namun hal ini tidak berlaku untuk S3.



Gambar 2 Pengaruh Kombinasi Asam Humat dan Silika terhadap NO_3^- pada 90 HST

Hubungan antara perlakuan asam humat dan silika terhadap kadar NH_4^+ pada umur padi 60 HST disajikan pada Gambar 3. Perlakuan S3 berkorelasi tertinggi disbanding perlakuan lainnya, dengan nilai R^2 0,9877. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan S3 memiliki

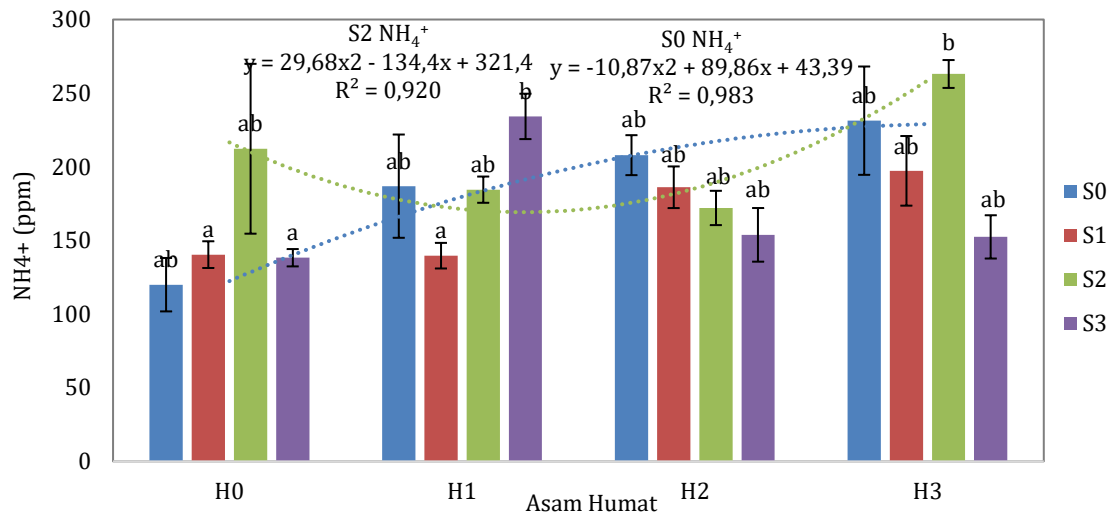
keeratan dengan setiap perlakuan asam humat. Kadar nitrat tertinggi berada pada perlakuan S2H3, namun dosis optimum NH_4^+ pada umur 60 HST berdasarkan trendline S3 berada pada perlakuan S3H1 (silika 1,5 ton/ha dengan asam humat 20 kg/ha).



Gambar 3 Pengaruh Kombinasi Asam Humat dan Silika terhadap NH_4^+ pada 60 HST

Perlakuan S0 memiliki hubungan yang sangat erat dengan asam humat untuk kadar NH_4^+ pada umur padi 90 HST sebesar 0.983 dibandingkan perlakuan silika yang lain. Kadar nitrat tertinggi berada pada perlakuan S2H3,

namun dosis optimum NH_4^+ pada umur 90 HST berdasarkan trendline S0 berada pada perlakuan S2H1 (silika 1 ton/ha dengan asam humat 20 kg/ha).



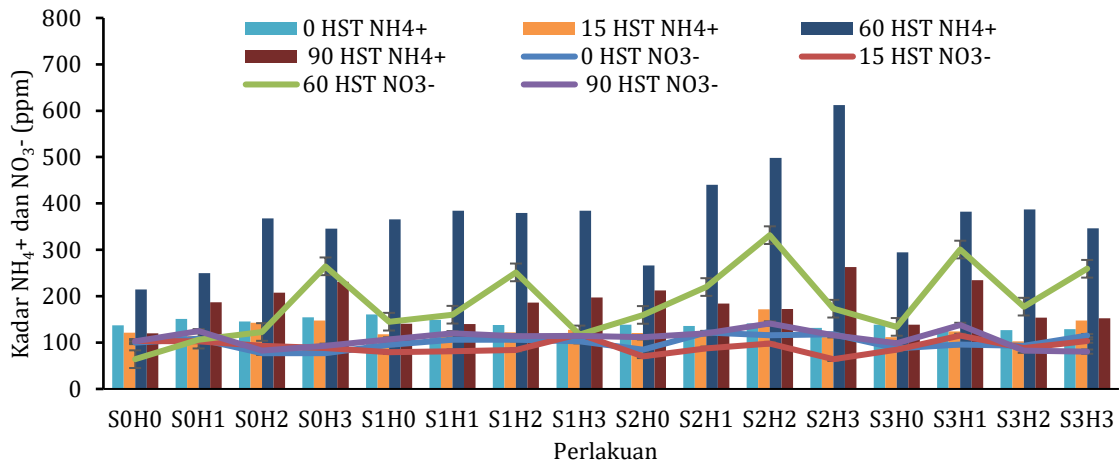
Gambar 4 Pengaruh Kombinasi Asam Humat dan Silika terhadap NH_4^+ pada 90 HST

Kadar NO_3^- tertinggi didapatkan pada tanaman padi berumur 60 HST dan menurun pada umur 90 HST (Gambar 5). Hal ini karena hara tersebut telah dimanfaatkan tanaman untuk pengisian biji (Patty *et al.*, 2013). Kadar NO_3^- tertinggi pada perlakuan kombinasi **S2H3** (Silika 1 ton/ha, Asam humat 60 kg/ha) sebesar 741,98 ppm. Dosis kombinasi ini dianggap optimum untuk meningkatkan ketersediaan N-nitrat dibanding dosis lainnya.

Hasil analisa ketersediaan nitrogen (Gambar 5) tanaman padi pada tanaman umur 0 HST hingga 90 HST, menunjukkan bahwa kadar ammonium tanah lebih tinggi dibanding dengan kadar nitrat tanah. Kadar ammonium tanah yang tinggi dapat disebabkan karena pergerakan amonium lebih lambat dibandingkan dengan nitrat. Amonium merupakan kation yang dapat teradsorpsi di permukaan koloid tanah, sehingga ketersediaan ammonium lebih tinggi dibandingkan dengan nitrat tanah yang senantiasa bebas larut di larutan tanah (Plhák, 2003). Tanah lempung

berpasir dominan memiliki pori makro yang memudahkan ion dalam bentuk anion mudah bergerak ke lapisan lebih bawah atau tercuci (Kristanto, 2018).

Secara keseluruhan aplikasi silika 1 ton/ha dan asam humat 40 ton/ha sudah memberikan hasil baik terhadap ketersediaan N tanah. Ketersediaan Nitrogen (NH_4^+ dan NO_3^-) pada semua perlakuan meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa NH_4^+ maupun NO_3^- yang diikat oleh pembenah tanah sehingga mampu mengurangi kehilangan hara N dan tanaman padi dapat menyerap nitrogen dengan optimal. Gugus karboksilat dan fenolik pada asam humat dan gugus silanol dan siloksan pada silika dapat menjerap NH_4^+ maupun NO_3^- (Coasne *et al.*, 2010; Sivakumar, 2007), dimana asam humat dan silika dapat menahan nitrogen dan mengurangi kehilangan hara yang diakibatkan oleh penguapan maupun pencucian. Kadar NH_4^+ dan NO_3^- pada 90 HST mengalami penurunan dikarenakan nitrogen telah diserap tanaman padi (Patty *et al.*, 2013).

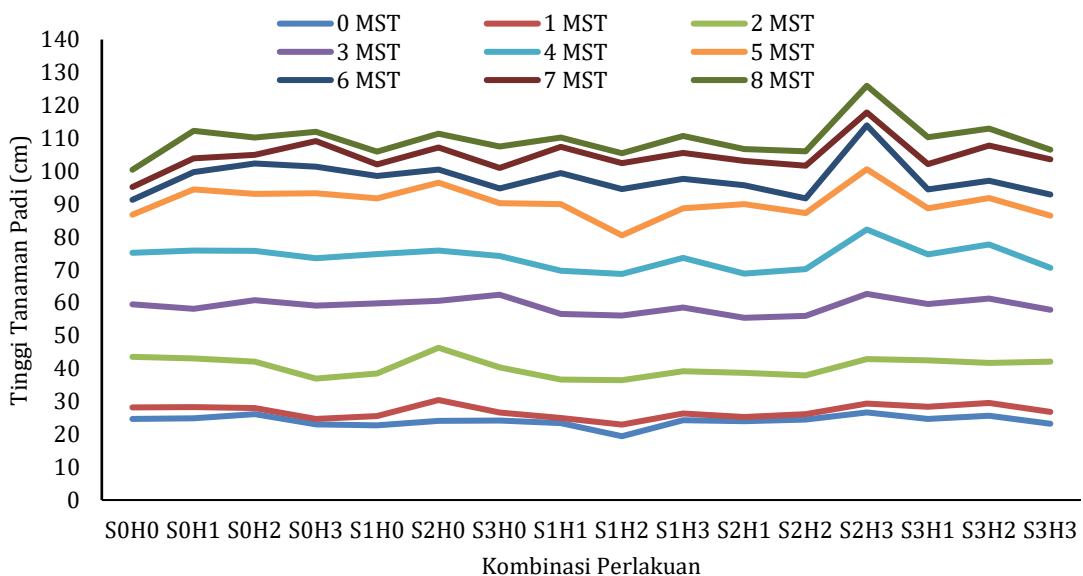


Gambar 5 Pengaruh Kombinasi Silika dengan Asam Humat terhadap NH_4^+

3.2 Tinggi Tanaman dan Jumlah Anakan Tanaman Padi

Tanaman padi mengalami peningkatan tinggi tanaman dari 0 MST sampai dengan 8 MST untuk semua perlakuan (Gambar 6). Perlakuan yang memberikan dampak terbaik untuk tinggi tanaman padi yakni pada perlakuan S2H3 (Silika 1 ton/ha, Asam humat 60 kg/ha). Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian kombinasi asam humat dan silika mampu memberikan respon positif untuk tinggi tanaman padi. Senada dengan pendapat

Singh *et al.* (2005) yang mengungkapkan bahwa pemberian silika dapat meningkatkan pertumbuhan pada tanaman padi. Aplikasi asam humat juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman padi (Nuraini dan Zahro, 2020).Tinggi tanaman setiap periode pertumbuhan akan berbeda-beda karena dipengaruhi faktor lingkungan dan juga faktor genetik, akan tetapi tinggi tanaman padi umumnya akan semakin tinggi dengan bertambahnya umur tanaman (Dobermann and Fairhurst, 2000).



Gambar 6 Pengaruh Kombinasi Silika dan Asam Humat terhadap Tinggi Tanaman Padi

Unsur hara nitrogen berperan dalam meningkatkan jumlah anakan pada tanaman padi

(Kaya, 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi silika dengan asam humat

berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan hanya pada 2 MST dan terbanyak pada perlakuan S₂H₃ (Silika 1 ton/ha, Asam humat 60 kg/ha). Jumlah anakan pada tanaman padi

hingga 8 MST meningkat meskipun antar perlakuan tidak berbeda nyata. Nilai tertinggi pada perlakuan dosis tertinggi, yaitu Silika 1,5 ton/ha, Asam humat 60 kg/ha (Tabel 3).

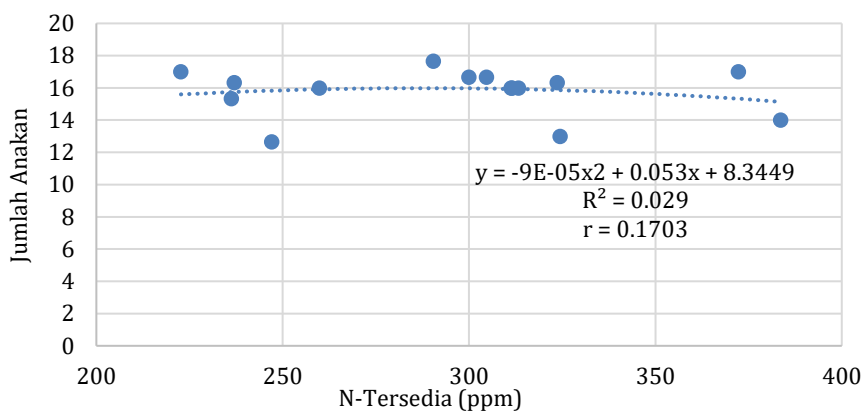
Tabel 3 Hasil Analisis BNJ Jumlah Anakan Padi hingga 8 MST setelah Pemberian Asam Humat dan Silika pada Tanah Berpasir

Perlakuan	Jumlah Anakan Tanaman Padi per umur tanaman								
	0 MST	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
S0H0	3	3	4 ab	10	14	23	23	23	23
S0H1	3	3	3 a	8	12	22	24	24	25
S0H2	3	3	4 ab	7	12	21	21	21	21
S0H3	3	3	3 ab	6	10	17	19	20	20
S1H0	3	3	3 a	6	10	18	21	20	20
S2H0	3	3	4 ab	8	13	22	23	23	23
S3H0	3	3	4 ab	7	13	21	22	23	23
S1H1	3	3	3 a	8	11	21	22	23	23
S1H2	3	3	3 ab	7	9	19	21	22	22
S1H3	3	3	4 ab	8	12	20	23	23	23
S2H1	3	3	3 ab	7	10	23	24	24	24
S2H2	3	3	3 a	7	10	20	21	21	21
S2H3	3	3	5b	5	11	16	17	17	17
S3H1	3	3	4 ab	10	13	22	23	24	24
S3H2	3	3	3 a	7	9	19	20	20	20
S3H3	3	3	3 a	10	14	23	25	26	26
BNJ 5%	tn	tn	1,47	tn	tn	tn	tn	tn	tn

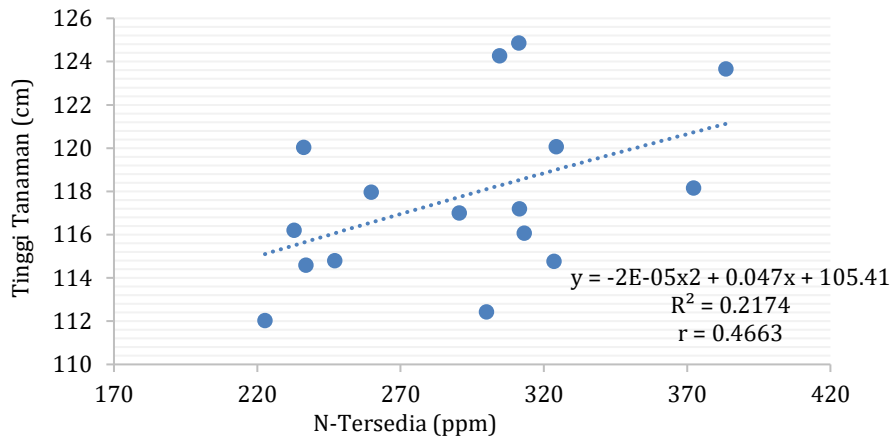
Keterangan: tn: tidak berbeda nyata

Korelasi antara ketersediaan nitrogen di dalam tanah dengan jumlah anakan sangat rendah 17,03% (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa nitrogen bukan satu-satunya faktor penentu jumlah anakan padi. Korelasi ketersediaan nitrogen dalam tanah dengan tinggi

tanaman yakni sebesar 46,63% (Gambar 8), hal ini menunjukkan bahwa N lebih berpengaruh terhadap tinggi tanaman dibandingkan dengan jumlah anakan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Kaya (2018) dimana nitrogen sangat berperan terhadap pertumbuhan tanaman padi.



Gambar 7 Hubungan antara N-Tersedia dengan Jumlah Anakan Padi



Gambar 8 Hubungan antara N-Tersedia dengan Tinggi Tanaman Padi

Peranan unsur N dalam tanaman yang terpenting adalah sebagai penyusun atau sebagai bahan dasar protein dan pembentukan klorofil karena itu N mempunyai fungsi membuat bagian-bagian tanaman menjadi lebih hijau, banyak mengandung butir-butir hijau dan yang terpenting dalam proses fotosintesis, mempercepat pertumbuhan tanaman yang dalam hal ini menambah tinggi tanaman dan jumlah anakan (Dobermann and Fairhurst, 2000).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Aplikasi silika dan asam humat berpengaruh nyata terhadap ketersediaan nitrogen tanah berpasir
- Dosis terbaik kombinasi silika dan asam humat terhadap ketersediaan nitrogen pada tanah berpasir yakni S2H3 (Silika 1 ton/ha dengan Asam humat 60 kg/ha)
- Kombinasi silika dengan asam humat tidak berpengaruh nyata pada tinggi tanaman padi, namun berpengaruh nyata pada jumlah anakan tanaman padi pada 2 MST.

Ucapan terima kasih

Kami ucapkan terima kasih kepada UPN Veteran Jawa Timur yang memberikan suproting dana untuk pelaksanaan penelitian

melalui LPPM, dosen dan teman teman peminatan Sumber Daya Lahan Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, serta laboran SDL yang telah membantu analisa tanah dan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, G. F., Hanafie Sy, M. R., dan Mardina, P. 2013. Ekstraksi silika dari abu sekam padi dengan pelarut KOH. *Jurnal Konversi UNLAM* 2 (1): 28–31.
- Ali, M. dan Mindari, W. 2016. Effect of humic acid on soil chemical and physical characteristics of embankment. *MATEC Web of Conferences*, 58.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Bijay, S., Yadvinder, S., Khind, C. S., dan Meelu, O. P. 1991. Leaching losses of urea-N applied to permeable soils under lowland rice. *Fertilizer Research* 28 (2): 179–184.
- Coasne, B., Galarneau, A., Di Renzo, F., dan Pellenq, R. J. M. 2010. Molecular simulation of nitrogen adsorption in nanoporous silica. *Langmuir* 26 (13): 10872–10881.
- Dobermann, A. dan T. Fairhurst. 2000. *Nutrient Disorders and Nutrient Management*. Tham Sin Chee
- Greger, M., Landberg, T., dan Vaculík, M. 2018.

- Silicon influences soil availability and accumulation of mineral nutrients in various plant species. *Plants* 7 (2): 1–16.
- Hermanto, D., Dharmayani, N., Kurnianingsih, R., dan Kamali, S. 2013. Pengaruh asam humat sebagai pelengkap pupuk terhadap ketersediaan dan pengambilan nutrisi pada tanaman jagung di lahan kering Kecamatan Bayan-NTB. *Jurnal Ilmu Pertanian* 16 (2): 28–41.
- Kaya, E. 2018. Pengaruh kompos jerami dan pupuk NPK terhadap N-tersedia tanah, serapan-N, pertumbuhan, dan hasil padi sawah (*Oryza sativa* L). *Agrologia* 2 (1): 43–50.
- Kristanto, B. A. 2018. Aplikasi silika untuk pengelolaan kesuburan tanah dan peningkatan produktivitas padi secara berkelanjutan. Prosiding Seminar Nasional Lingkungan, Ketahanan, Dan Keamanan Pangan Universitas Sebelas Maret. Surakarta. pp 102–109.
- Liu, D., Huang, Z., Men, S., Huang, Z., Wang, C., dan Huang, Z. 2019. Nitrogen and phosphorus adsorption in aqueous solutions by humic acids from weathered coal: Isotherm, kinetics and thermodynamic analysis. *Water Science and Technology* 79 (11): 2175–2184.
- Lumbanraja, P., dan Harahap, E. M. 2015. Perbaikan kapasitas pegang air dan kapasitas tukar kation tanah berpasir dengan aplikasi pupuk kandang pada ultisol Simalingkar. *Jurnal Pertanian Tropik* 2 (1): 53–67.
- Mahmood, Y. A., Ahmed, F. W., Juma, S. S., dan Al-Arazah, A. A. A. 2019. Effect of solid and liquid organic fertilizer and spray with humic acid and nutrient uptake of nitrogen, phosphorus and potassium on Growth, Yield of Cauliflower. *Plant Archives* 19 (2): 1504–1509.
- Nuraini, Y dan Zahro, A. 2020. Pengaruh aplikasi asam humat dan pupuk NPK Phonska 15-15-15 terhadap serapan nitrogen dan pertumbuhan tanaman padi serta residu nitrogen di lahan sawah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 7 (2): 195–200.
- Nwite, J. C., Unagwu, B.O., Okolo, C. C., Igwe, C. A., dan Wakatsuki, T. 2019. Improving soil silicon and selected fertility status for rice production through rice-mill waste application in lowland *sawah* rice field of southeastern Nigeria. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 8 (2): 271-279.
- Patil, V. N., Pawar, R. B., Patil, A. A., dan Pharande, A. L. 2018. Influence of rice husk ash and bagasse ash as a source of silicon on growth, yield and nutrient uptake of rice. *International Journal of Chemical Studies* 6 (1): 317-320.
- Patti, P.S. Kaya, E dan Silahooy, C.H. 2013. Analisis status nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan N oleh tanaman padi sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Agrologia* 2 (1): 51-58.
- Peres, E. C., Favarin, N., Slaviero, J., Almeida, A. R. F., Enders, M. P., Muller, E. I., dan Dotto, G. L. 2018. Bio-nanosilica obtained from rice husk using ultrasound and its potential for dye removal. *Materials Letters* 231 (2): 72–75.
- Plhák, F. 2003. Nitrogen supply through transpiration mass flow can limit nitrogen nutrition of plants. *Plant, Soil and Environment*, 49 (10): 473–479.
- Singh, A. K., Singh, R., dan Singh, K. 2005. Growth, yield and economics of rice (*Oryza sativa*) as influenced by level and time of silicon application. *Indian Journal of Agronomy* 50 (3): 190–193.
- Sivakumar, K. 2007. Effect of humic acid on the yield and nutrient uptake of rice. *Oryza* 44 (3): 277–279.

- Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions - F. J. Stevenson - Google Books (2nd ed.). Wiley Publisher.
- Suntari, R., Retnowati, R., dan Munir, M. 2013. Study on the release of N-available (NH_4^+ and NO_3^-). International Journal of Agriculture and Forestry 3 (6): 209–219.
- Tunjung Sari, P., dan Ali Arifandi, J. 2019. Pengaruh senyawa humat dan pupuk kandang ayam terhadap serapan hara nitrogen dan kualitas bibit stek ubi jalar. Jurnal Bioindustri 1 (2): 83–97.
- Vermoesen, A., Van Cleemput, O., dan Hofman, G. 1993. Nitrogen loss processes: mechanisms and importance. Societe Belge de Pedologie. 43(3): 417–433.
- Wahid, A. S. 2003. Peningkatan efisiensi pupuk nitrogen pada padi sawah dengan metode bagan warna daun. Agrohorti 7 (3): 156–161.
- Yu, H., Xie, B., Khan, R., dan Shen, G. 2019. The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting. Bioresource Technology 271 (3): 228–235.