

Kebutuhan Nitrogen Tanaman Kedelai pada Tanah Mineral dan Mineral Bergambut dengan Budi Daya Jenuh Air

The Need of Nitrogen for Soybean on Mineral and Peaty Mineral Soils with Saturated Soil Culture

Bachtiar^{1*}, Munif Ghulamahdi², Maya Melati², Dwi Guntoro², dan Atang Sutandi³

¹Fakultas Pertanian, Universitas Gorontalo
Limboto, Gorontalo, 96212, Indonesia

*Email: tiarfpug@gmail.com

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor
Dramaga, Bogor-Jawa Barat, 16680, Indonesia

³Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Institut Pertanian Bogor
Dramaga, Bogor-Jawa Barat, 16680, Indonesia

Naskah diterima 20 Mei 2016, direvisi 22 September 2016, disetujui 29 September 2016

ABSTRACT

The development of soybean in tidal land is faced with problems such as physical, chemical and biological soil properties, that includes high organic matter, high soil acidity, toxicity of Fe and Al, and deficiency of nutrients N, P, K, Ca and Mg. N content is high (> 0.51%) but with low availability. The research objective is to determine the dose and timing of N, P and K fertilizer application in accordance with the needs of soybean crops in order to have optimal growth and yield per unit of land in mineral and peaty mineral soil in tidal swamp land. The research was conducted in mineral and peaty mineral soil of tidal swamp land type C and B, District of Tanjung Lago, Banyuasin, South Sumatera from April to August 2014. The experiment was arranged following split plots design. Wilis and Tanggamus varieties as main plot, application time: 2, 3, 4 WAP, 2, 3, 4, 5 WAP, and 2, 3, 4, 5, 6 WAP as sub plots and fertilizer concentration: 7.5, 10, 12.5 dan 15.0 g/l water as subsub plots with spraying volume of 400 l/ha. Research results showed that mineral soil, dry weight of nodules and Wilis biomass increased with increasing frequency time of fertilizer application, while Tanggamus more fluctuated and declined at higher frequency of fertilizer application. Interaction of Wilis variety, time of fertilizer 2-6 WAP and concentration of 15 g N/l generated the highest yield of 3,5 ton/ha. In the peaty mineral soil, dry weight of nodules and biomass were not significantly different. Wilis productivity tends to decrease with increasing N fertilizer concentrations. Tanggamus productivity tends to increase with increasing N fertilizer concentration at all level of time of fertilizer application. Tanggamus tends to generate higher productivity of 3,2 ton/ha at a concentration of 15 g N/l with time of fertilizer application 2-4 MST. Application of low concentration N at higher frequency of fertilizer application or otherwise, was able to improve the productivity of soybeans in soil with high pyrite content.

Keywords: *Glycine max (L) Merr., nitrogen, time of fertilizer application, mineral soil, peat soil.*

ABSTRAK

Pengembangan kedelai pada lahan pasang surut dihadapkan kepada masalah sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, di antaranya kandungan bahan organik tinggi, kemasaman tanah tinggi, keracunan Fe dan Al, serta kahat hara N, P, K, Ca dan Mg. Kandungan N di lahan pasang surut termasuk tinggi (>0,51%), namun N-tersedia rendah. Waktu pemupukan dan dosis pupuk N berpengaruh pada pertumbuhan dan produksi tanaman. Tujuan penelitian adalah menentukan dosis dan waktu pemberian pupuk N yang sesuai kebutuhan tanaman kedelai untuk tumbuh dan berproduksi maksimal dengan budi daya jenuh air pada tanah mineral dan mineral bergambut lahan pasang surut. Penelitian dilaksanakan pada tanah mineral dan mineral bergambut lahan pasang surut masing-masing pada tipe C dan B di Banyuasin, Sumatera Selatan, pada April-Agustus 2014. Percobaan menggunakan rancangan petak-petak terpisah. Petak utama adalah varietas Wilis dan Tanggamus, anak petak adalah waktu pemberian pupuk: (1) 2, 3 dan 4 MST, (2) 2, 3, 4 dan 5 MST, dan (3) 2, 3, 4, 5 dan 6 MST. Sebagai anak-anak petak adalah dosis pupuk N, 7,5; 10; 12,5; dan 15 g/l air dengan volume semprot 400 l/ha. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanah mineral, bobot kering bintil akar dan brangkas varietas Wilis meningkat dengan bertambahnya frekuensi waktu pemupukan, dan sebaliknya pada varietas Tanggamus. Interaksi antara varietas Wilis, waktu pemupukan 2-6 MST dan dosis N 7,5 g/l air memberikan produktivitas tertinggi 3,5 t/ha. Pada tanah mineral bergambut, bobot kering bintil akar dan bobot brangkas tanaman antar perlakuan tidak berbeda nyata. Produktivitas varietas Wilis menurun dengan bertambahnya konsentrasi pupuk N. Produktivitas tertinggi (3,2 t/ha) dicapai pada pemupukan N dengan dosis 15 g/l dan waktu pemupukan 2-4 MST. Pemberian N pada dosis rendah dan frekuensi yang lebih tinggi atau dosis yang tinggi dengan frekuensi lebih rendah meningkatkan produktivitas kedelai pada tanah dengan kandungan pirit tinggi.

Kata kunci: *Glycine max (L) Merr., nitrogen, waktu pemupukan, tanah mineral, gambut.*

PENDAHULUAN

Pengembangan lahan pasang surut untuk usaha pertanian dihadapkan kepada masalah sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Kemasaman tanah merupakan kendala utama di lahan rawa pasang surut yang umumnya ber-pH 3,5-4,5. Kemasaman yang tinggi (pH < 4,0) berimbas pada meningkatnya kelarutan Al, Fe, dan Mn (Las *et al.* 2007). Kemasaman tanah pada lahan rawa pasang surut disebabkan oleh oksidasi senyawa pirit yang dibantu bakteri pengoksidasi besi dan sulfur (Mariana *et al.* 2012).

Masalah agrofisik-kimia lahan pasang surut lainnya adalah lingkungan perakaran yang jenuh air dan bersifat anaerobik, adanya bahan sulfidik, dan tingkat kesuburan tanah yang rendah (kahat N, P, K, dan miskin basa) (Sunarti 2010). Toksisitas Al menghambat pertumbuhan meristem akar (Pujiwati *et al.* 2015) dan mengurangi serapan P sehingga menghambat pertumbuhan tanaman dan menurunkan hasil. Rendahnya produktivitas kedelai pada lahan pasang surut juga disebabkan oleh teknologi budi daya konvensional yang tidak mampu mengatasi oksidasi pirit dan tingginya kelarutan Al, Fe, dan Mn.

Upaya peningkatan produktivitas kedelai dapat dilakukan dengan perbaikan teknik budi daya. Penerapan teknologi budi daya jenuh air menjadikan kondisi lahan lebih reduktif sehingga dapat menekan kelarutan pirit (Ghulamahdi *et al.* 2006). Pada budi daya kedelai jenuh air, lahan digenangi terus-menerus sejak tanam sampai panen dengan permukaan muka air tetap, sehingga lapisan tanah di bawah perakaran jenuh air (Troedson *et al.* 1984). Respon akar terhadap kondisi daerah perakaran dapat menentukan pertumbuhan tanaman dan selanjutnya mempengaruhi produktivitas tanaman. Perkembangan akar yang baik akan menunjang proses nitrogenase dan penyerapan hara lainnya serta mekanisme adaptasi dan aklimatisasi tanaman lebih cepat.

Awal pertumbuhan tanaman kedelai didahului oleh mekanisme adaptasi dalam memenuhi kebutuhan hara terutama N untuk pertumbuhan akar. Mekanisme adaptasi tersebut dimulai dengan meningkatnya kandungan 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) akar yang diikuti oleh meningkatnya kandungan etilen akar. Etilen akar akan meningkatkan terbentuknya jaringan aerenkima dan perakaran baru, sehingga meningkatkan pembentukan bintil akar dan penyerapan hara, yang selanjutnya meningkatkan aktivitas nitrogenase dan serapan hara oleh akar (Ghulamahdi *et al.* 2006).

Nitrogen (N) merupakan salah satu hara makro yang diperlukan untuk pertumbuhan akar, batang, dan daun.

Namun bila N terlalu banyak dapat menghambat pertumbuhan bunga dan pembentukan biji (Anwar 2014).

Suplai hara N di awal pertumbuhan dapat membantu tanaman untuk lepas dari cekaman lebih awal. Kandungan N pada lahan pasang surut umumnya termasuk tinggi, namun N-tersedia rendah, karena N yang ada umumnya dalam bentuk organik. Kondisi porositas lahan mempermudah hara N tercuci oleh gerakan air. Di sisi lain kandungan protein kedelai termasuk tinggi, berkisar 35-45%, sehingga membutuhkan hara N yang tinggi (Anwar 2014).

Hasil penelitian Seadh *et al.* (2009) menunjukkan bahwa mutu benih (persentase perkecambahan, kecepatan perkecambahan, panjang batang, panjang akar dan bobot kering kecambah) nyata dipengaruhi oleh pemberian N dan hara mikro. Naibaho (2006) menyatakan pemberian N 0,2% melalui daun memberikan polong isi dan bobot biji tertinggi.

Jenis tanah di lahan pasang surut terdiri atas tanah mineral dan mineral bergambut. Karakteristik kimia lahan gambut sangat ditentukan oleh kandungan mineral, ketebalan, jenis mineral pada substratum (di dasar gambut), dan tingkat dekomposisi gambut. Kandungan mineral gambut umumnya kurang dari 5% dan sisanya bahan organik. Fraksi organik terdiri dari senyawa humat sekitar 10-20% dan sebagian lainnya adalah senyawa lignin, selulosa, hemiselulosa, lilin, tannin, resin, suberin, protein, dan senyawa lainnya. Tanah gambut umumnya sangat masam, pH 4-5,0 yang umumnya dipengaruhi oleh asam organik, sedangkan pH < 4,0 dapat terjadi karena adanya sumbuhan H⁺ dari oksidasi pirit atau bahan gambutnya sangat miskin (Anwar 2009). Peningkatan pH tanah nyata meningkatkan kadar N tanaman, serapan N dan P tanaman, bobot kering tanaman pada beberapa varietas kedelai (Lubis *et al.* 2015). Varietas kedelai yang memiliki bobot bintil akar rendah diduga karena tanaman hanya memanfaatkan N yang tersedia di tanah dan hanya sebagian kecil yang diperoleh dari hasil fiksasi N₂ udara (Amir *et al.* 2015). Kandungan kation basa seperti Ca, Mg, K, dan Na pada gambut tebal sangat rendah. Kapasitas tukar kation (KTK) gambut tergolong tinggi, sehingga kejenuhan basa (KB) menjadi sangat rendah.

Tujuan penelitian adalah menentukan waktu pemberian dan dosis pupuk N yang sesuai kebutuhan tanaman kedelai dengan budi daya jenuh air pada tanah mineral dan mineral bergambut lahan pasang surut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada tanah mineral dan mineral bergambut lahan pasang surut tipe C dan B, di Kecamatan Tanjung Lago, Kabupaten Banyuasin,

Sumatera Selatan pada April-Agustus 2014. Analisis fisik, kimia tanah, dan jaringan tanaman dilakukan di Laboratorium Tanah Institut Pertanian Bogor.

Penelitian terdiri atas dua set percobaan pada tanah mineral dan mineral bergambut, yang dilaksanakan secara paralel. Percobaan menggunakan rancangan petak-petak terpisah. Petak utama adalah varietas yang kedelai terdiri atas Wilis dan Tanggamus. Anak petak adalah waktu pemberian pupuk N yaitu (1) pada umur 2, 3 dan 4 MST; (2) 2, 3, 4 dan 5 MST; dan (3) 2, 3, 4, 5 dan 6 MST. Anak-anak petak adalah dosis pupuk N yang terdiri atas 7,5; 10; 12,5 dan 15 g/l air. Percobaan terdiri atas 24 kombinasi perlakuan, diulang tiga kali sehingga terdapat 72 petak percobaan. Data pengamatan dianalisis dengan Analisis of varians (ANOVA) pada taraf $\alpha = 5\%$. Uji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* dan beda rata-rata menggunakan uji t.

Model Linear

Model linear rancangan petak-petak terpisah adalah sebagai berikut: (Gaspersz 1994)

$$Y_{ijkl} = \mu + K_1 + A_i + \varepsilon_{ij} + B_j + (AB)_{ij} + \delta_{jk} + C_k + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \gamma_{ijkl}$$

Y_{ijk} = nilai pengamatan pada kelompok ke-i yang memperoleh taraf ke-i dari faktor varietas dan taraf ke-j dari faktor waktu aplikasi dan taraf ke-k dari faktor konsentrasi pupuk

μ = nilai rata-rata yang sesungguhnya

K_1 = pengaruh aditif dari kelompok ke-1

A_i = pengaruh aditif dari taraf ke-i faktor varietas

ε_{ij} = Pengaruh galat yang timbul pada kelompok ke-1 yang memperoleh taraf ke-i dari faktor varietas (galat petak utama = galat a)

B_j = pengaruh aditif dari taraf ke-j faktor waktu aplikasi

$(AB)_{ij}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor varietas dan taraf ke-j faktor waktu aplikasi

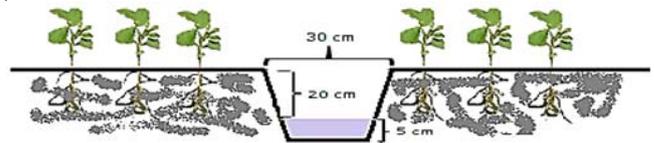
δ_{jk} = pengaruh galat yang muncul pada kelompok ke-1 yang memperoleh taraf ke-i dari faktor varietas dan taraf ke-j dari faktor waktu aplikasi (galat anak petak = galat b)

C_k = pengaruh aditif dari taraf ke-k faktor konsentrasi pupuk

$(AC)_{ik}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor varietas dan taraf ke-k faktor konsentrasi pupuk

$(BC)_{jk}$ = pengaruh interaksi taraf ke-j faktor waktu aplikasi dan taraf ke-k faktor konsentrasi pupuk

$(ABC)_{ijk}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor varietas dan taraf ke-j dari faktor waktu aplikasi dan taraf ke-k faktor konsentrasi pupuk



Gambar 1. Saluran air antarpetak di lapangan.

γ_{ijkl} = pengaruh galat yang muncul pada kelompok ke-1 yang memperoleh taraf ke-i dari faktor varietas dan taraf ke-j dari faktor waktu aplikasi dan taraf ke-k dari faktor konsentrasi pupuk (galat anak-anak petak = galat c)

Analisis tanah dilakukan sebelum penanaman dan sesudah panen. Tanah diolah secara minimum (*minimum tillage*) dan pembuatan petakan berukuran 2 m x 5 m, dilakukan dalam keadaan lembab. Di antara petak terdapat saluran air berukuran lebar 30 cm dan kedalamannya 25 cm, sehingga kondisi petakan selalu basah pada saat saluran digenangi (Gambar 1).

Seluruh petak percobaan diberi kapur dan pupuk kandang (kotoran sapi) sebagai amelioran masing-masing 1,5 t/ha dan 2 t/ha. Benih ditanam dengan cara tugal 2-3 biji dengan jarak tanam 12,5 cm x 40 cm (400 000 tanaman/ha) dan kedalamannya 1-2 cm. Sebelum ditanam, benih diinokulasi dengan rhizobium 5 g rhizogin/kg benih. Pupuk anorganik diberikan dengan cara semprot pada daun untuk pupuk N dan cara alur dan sebar untuk pupuk P dan K. Pemeliharaan tanaman dalam bentuk penjarangan, penyulaman, pengontrolan kedalaman muka air, serta pengendalian hama dan penyakit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot Kering Bintil Akar dan Brangkas

Dosis pupuk N berpengaruh nyata terhadap bobot bintil akar dan brangkas tanaman pada tanah mineral (Tabel 1). Penambahan pupuk N sampai dosis 15 g/l air menaikkan bobot kering bintil akar 0,24 g (50%), sedangkan pada dosis 12,5 g/l air cenderung menurunkan bobot kering. Pada tanah mineral bergambut, peningkatan dosis pupuk N tidak berpengaruh nyata terhadap bobot bintil akar.

Uji t menunjukkan bahwa pengaruh peningkatan dosis pupuk N terhadap bobot kering bintil akar pada tanah mineral lebih baik dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanah mineral bergambut. Peningkatan dosis pupuk N sampai 15 g/l air pada tanah mineral menaikkan bobot kering brangkas tanaman sebesar 21,6%. Pada tanah mineral bergambut, respon

Tabel 1. Bobot kering bintil akar dan brangkasan kedelai umur 8 MST menurut dosis pupuk N di tanah mineral dan mineral bergambut.

Dosis pupuk (g urea/l air)	Bobot kering bintil akar (g)		Bobot kering brangkasan (g)	
	Mineral	Mineral bergambut	Mineral	Mineral bergambut
7,5	0,48 ab	0,15 a	11,67 b	11,89 a
10,0	0,50 ab	0,09 a	12,76 ab	11,51 a
12,5	0,39 b	0,14 a	11,98 b	13,14 a
15,0	0,72 a	0,16 a	14,19 a	11,48 a

Angka selanjut yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT $\alpha=0,05$

bobot kering brangkasan terhadap peningkatan dosis pupuk N tidak nyata, tetapi cenderung meningkat sampai dosis 12,5 g/l air. Kandungan N total pada tanah mineral sebelum perlakuan berada pada level sedang, sementara pada tanah mineral bergambut sangat tinggi. Hal ini menyebabkan tanaman pada tanah mineral masih membutuhkan N yang lebih banyak untuk pertumbuhan vegetatif. Meskipun demikian, ketersediaan hara lain juga dipengaruhi oleh kemasaman tanah, yang menyebabkan peningkatan dosis pupuk N pada tanah mineral bergambut tidak efektif meningkatkan bobot brangkasan.

Penurunan bobot kering pada tanah mineral bergambut kemungkinan disebabkan oleh tanaman kurang toleran terhadap kemasaman tanah dan kadar hara tanah tidak maksimal mendukung pertumbuhan. Kemampuan tanaman mengabsorpsi hara N dari dalam tanah dipengaruhi oleh pertumbuhan akar dan cekaman Al dan Fe. Toleransi kemasaman tanah sebagai syarat pertumbuhan kedelai adalah pH 5,8-7,0 tetapi pada pH 4,5 kedelai juga dapat tumbuh. Pada pH kurang dari 5,5 pertumbuhan tanaman sangat terlambat karena keracunan Al.

Hal ini menunjukkan pemberian pupuk N pada saat tanaman dapat meningkatkan volume akar dan bintil akar, sehingga meningkatkan efektivitas bakteri *Rhizobium* dalam menambat N₂ udara. Simbiosis antara *Rhizobium* dengan akar tanaman legum akan menghasilkan organ penambat N₂, yaitu bintil akar (Purwaningsih *et al.* 2012). Pemberian N secara bertahap lebih tepat karena setiap fase pertumbuhan tanaman membutuhkan unsur hara N. Pemupukan N pada awal pertumbuhan kedelai perlu dilakukan sebagai starter, karena pada saat itu lapisan atas permukaan tanah tidak jenuh air sehingga fungsi akar belum maksimal. Tambahan hara N melalui daun membantu pembentukan, perkembangan, dan pembintilan pada akar.

Dosis pupuk N mempunyai keterkaitan yang kuat dengan bobot kering bintil akar. Bobot kering bintil akar cenderung lebih tinggi dengan meningkatnya dosis N pada tanah mineral. Pada tanah mineral bergambut, peningkatan dosis N relatif tidak meningkatkan bobot kering bintil akar. Hubungan antara dosis pupuk N dan bobot kering bintil akar pada tanah mineral mempunyai persamaan $y = 0,0128x^2 - 0,263x + 1,7639$ dan tanah mineral bergambut dengan persamaan $y = 0,0032x^2 - 0,0692x + 0,482$ dengan korelasi $r = 0,853$ dan $0,772$.

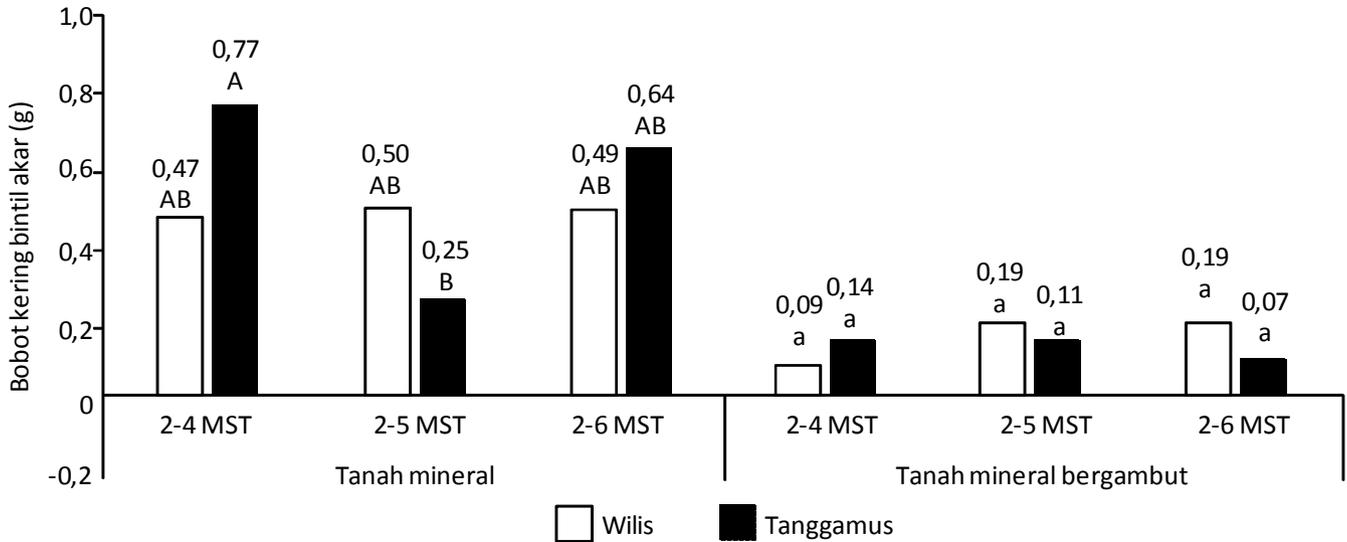
Interaksi varietas Tanggamus dan waktu pemupukan N pada 2-4 MST berbeda nyata dengan interaksi Tanggamus dan waktu pemupukan 2-4 MST terhadap bobot bintil akar tertinggi pada tanah mineral. Perpanjangan waktu pemupukan pada varietas Willis cenderung menaikkan bobot kering bintil akar, sebaliknya cenderung menaikkan bobot bintil akar Willis. Sebaliknya, bobot bintil akar berkurang dengan perpanjangan frekuensi pemupukan pada Tanggamus. Uji t menunjukkan bobot kering bintil akar pada interaksi varietas dan waktu pemupukan pada tanah mineral lebih tinggi daripada tanah mineral bergambut (selisih 0,39 g) dan terdapat perbedaan nyata antara bobot kering bintil akar pada tanah mineral dan mineral bergambut.

Bobot kering bintil akar pada seluruh interaksi perlakuan relatif sama pada tanah mineral bergambut. Perpanjangan waktu pemupukan cenderung menaikkan bobot bintil akar Willis. Sebaliknya, bobot bintil akar berkurang dengan perpanjangan frekuensi pemupukan pada Tanggamus. Uji t menunjukkan bobot kering bintil akar pada interaksi varietas dan waktu pemupukan pada tanah mineral lebih tinggi daripada tanah mineral bergambut (selisih 0,39 g) dan terdapat perbedaan nyata antara bobot kering bintil akar pada tanah mineral dan mineral bergambut.

Konsentrasi pupuk N mempunyai keterkaitan kuat dengan bobot kering brangkasan. Pertambahan bobot kering brangkasan bersifat fluktuatif, namun cenderung lebih tinggi dengan meningkatnya dosis pupuk N pada tanah mineral. Sebaliknya pada tanah mineral bergambut, peningkatan dosis pupuk N relatif tidak berpengaruh dan bahkan cenderung menurun pada dosis lebih dari 12,5 g/lair.

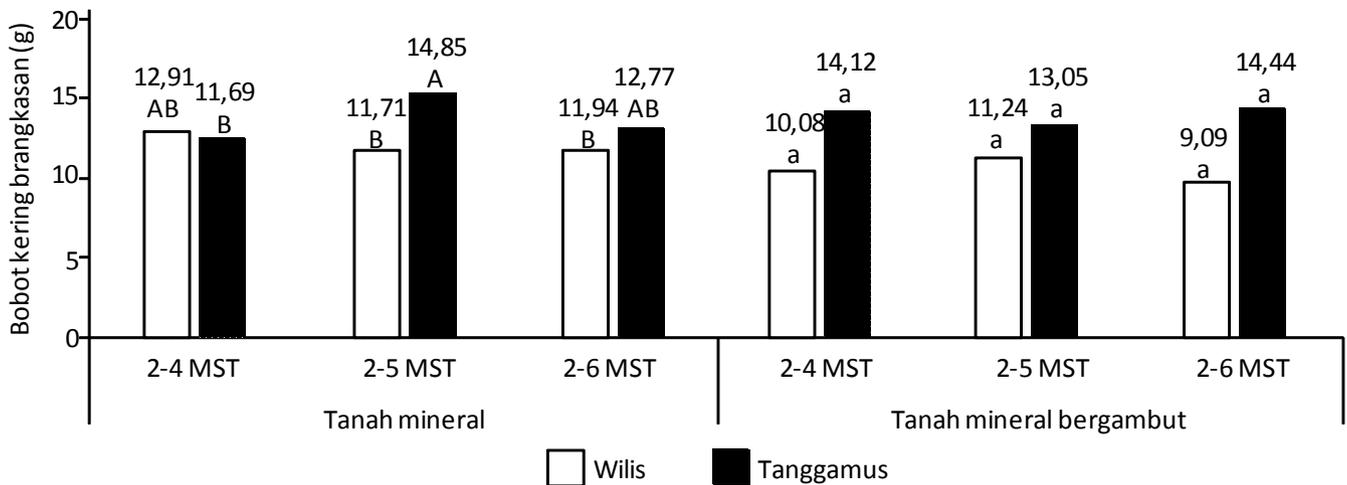
Hubungan antara konsentrasi dan bobot kering brangkasan pada tanah mineral lebih tinggi daripada tanah mineral bergambut. Pada tanah mineral, bobot kering brangkasan berkorelasi positif dengan persamaan $y = 0,0445x^2 - 0,7302x + 14,88$ dan mempunyai keterkaitan kuat dengan peningkatan dosis pupuk N dengan nilai korelasi $r = 0,828$. Pada tanah mineral bergambut, peningkatan dosis pupuk N berkorelasi negatif dengan peningkatan bobot brangkasan dengan persamaan $-0,051x^2 + 1,1636x + 5,7681$ dengan nilai korelasi $r = -0,478$.

Interaksi waktu pemupukan dan varietas Tanggamus menghasilkan bobot kering brangkasan



Keterangan: Huruf besar (mineral) dan huruf kecil (bergambut) yang tidak sama berarti berbeda nyata pada taraf uji DMRT $\alpha=0,05$

Gambar 2. Bobot kering bintil akar tanaman kedelai pada interaksi varietas dan waktu pemupukan nitrogen di tanah mineral dan mineral bergambut.



Keterangan: Huruf besar (mineral) dan huruf kecil (bergambut) yang tidak sama berarti berbeda nyata pada taraf uji DMRT $\alpha=0,05$

Gambar 3. Bobot kering brangkasan kedelai pada varietas dan waktu pemupukan pupuk N di tanah mineral dan mineral bergambut.

tanaman lebih tinggi dibanding interaksi dengan varietas Wilis, baik pada tanah mineral maupun mineral bergambut (Gambar 3). Pada tanah mineral, interaksi varietas Tanggamus dengan waktu pemupukan 2-5 MST menghasilkan bobot kering brangkasan tertinggi. Respon bobot kering brangkasan tanaman cenderung menurun dengan bertambahnya dosis pupuk pada varietas Wilis, sedangkan pada varietas Tanggamus terjadi penurunan bobot kering brangkasan.

Pada tanah mineral bergambut, perpanjangan waktu pemupukan pada kedua varietas tidak nyata mempengaruhi penambahan bobot kering brangkasan. Bobot kering brangkasan tertinggi terlihat pada interaksi varietas Tanggamus dengan waktu pemupukan 2-6 MST. Uji t menunjukkan bobot kering brangkasan pada interaksi varietas dan waktu pemupukan pada tanah mineral lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral bergambut (selisih 0,65 g) dan tidak terdapat perbedaan nyata antara kedua jenis tanah.

Produktivitas Tanaman

Produktivitas kedelai yang tinggi pada tanah mineral dipengaruhi oleh interaksi varietas Wilis dan waktu pemupukan 2-6 MST tetapi tidak berbeda nyata dengan interaksi varietas Wilis dan waktu pemupukan 2-4 MST (Tabel 2). Semakin tinggi frekuensi waktu pemupukan, produktivitas Wilis meningkat 14,08% walaupun terjadi penurunan pada pemupukan 2-5 MST. Meskipun tidak berbeda nyata, penambahan waktu pemupukan dengan frekuensi 2-5 MST pada varietas Tanggamus cenderung meningkatkan produktivitas tetapi menurun dengan bertambahnya frekuensi pemupukan (2-6 MST). Hal ini kemungkinan berkaitan dengan respon akar dan bintil akar yang tidak lagi efektif setelah tanaman berumur 6 MST, karena aktivitas nitrogenase lebih baik pada tanah dengan kadar air yang lebih tinggi.

Varietas Wilis dan Tanggamus memiliki tingkat respon produksi yang cenderung berbeda pada dua jenis tanah. Pada tanah mineral bergambut, produktivitas varietas Wilis lebih rendah dari tanah mineral. Penurunan produktivitas varietas Wilis mencapai 14,38% dengan bertambahnya waktu pemupukan N. Penurunan produktivitas juga terjadi pada varietas Tanggamus, yakni 4,85% dengan semakin tingginya frekuensi waktu pemupukan N. Pada tanah mineral bergambut, produktivitas varietas Tanggamus cenderung lebih tinggi daripada tanah mineral. Uji t menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antara produktivitas tanaman pada tanah mineral dan tanah mineral bergambut pada interaksi varietas dan waktu pemupukan.

Respon produktivitas kedelai pada tanah mineral dan mineral bergambut pada interaksi waktu pemupukan dan konsentrasi N relatif sama. Waktu pemupukan 2-6 MST cenderung menurunkan produktivitas dengan bertambahnya dosis pupuk N (Tabel 3).

Pada tanah mineral, produktivitas tertinggi terdapat pada interaksi waktu pemupukan 2-6 MST dengan dosis pupuk N 7,5 g/l air dan cenderung turun dengan meningkatnya dosis pupuk. Peningkatan dosis pupuk N sampai 12,5 g/l air pada waktu pemupukan 2-4 MST menurunkan produktivitas 27,7%. Walaupun tidak berbeda nyata, penambahan dosis pupuk N menjadi 15 g/l air menaikkan produktivitas tanaman. Pola yang sama terjadi pada waktu pemupukan 2-6 MST dengan tingkat penurunan produktivitas yang lebih kecil (11%). Peningkatan dosis pupuk N pada waktu pemupukan 2-5 MST meningkatkan produktivitas kedelai 34,5%.

Produktivitas tanaman pada tanah mineral bergambut tidak berbeda nyata dengan meningkatnya frekuensi waktu pemupukan dan dosis pupuk N. Rhizobium pada tanaman kedelai membantu

Tabel 2. Produktivitas tanaman kedelai pada perlakuan varietas dan waktu pemupukan N pada tanah mineral dan mineral bergambut.

Varietas dan waktu pemupukan	Produktivitas (t/ha)	
	Tanah mineral	Tanah mineral bergambut
Wilis + 2-4 MST	2,89 ab	2,43 c
Wilis + 2-5 MST	2,57 b	2,28 c
Wilis + 2-6 MST	3,30 a	2,08 c
Tanggamus + 2-4 MST	2,47 b	3,08 a
Tanggamus + 2-5 MST	2,75 b	2,54 bc
Tanggamus + 2-6 MST	2,59 b	2,93 ab

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT $\alpha=0,05$

Tabel 3. Produktivitas kedelai pada perlakuan waktu pemupukan dan dosis pupuk N pada tanah mineral dan mineral bergambut.

Waktu pemupukan dan dosis pupuk	Tanah mineral	Tanah mineral bergambut
2-4 MST + 7,5 g	2,95 ab	2,61 a
2-4 MST + 10 g	2,68 ab	2,68 a
2-4 MST + 12,5 g	2,31 ab	2,88 a
2-4 MST + 15 g	2,79 ab	2,65 a
2-5 MST + 7,5 g	2,11 b	2,46 a
2-5 MST + 10 g	2,96 ab	2,17 a
2-5 MST + 12,5 g	2,73 ab	2,31 a
2-5 MST + 15 g	2,84 ab	2,71 a
2-6 MST + 7,5 g	3,04 a	2,72 a
2-6 MST + 10 g	2,99 a	2,52 a
2-6 MST + 12,5 g	2,74 ab	2,39 a
2-6 MST + 15 g	3,02 ab	2,38 a

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT $\alpha=0,05$

pembentukan bintil akar. Semakin banyak bintil akar, semakin membantu penyediaan hara N, bagi tanaman dalam proses pertumbuhan akar, batang, dan daun (Sari *et al.* 2015). Uji t menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antara produktivitas tanaman pada interaksi waktu pemupukan dan dosis pupuk N.

Produktivitas kedelai pada tanah mineral bergambut lebih rendah dibandingkan dengan tanah mineral. Pemupukan pada 4 MST dengan dosis N 15 g/l mampu meningkatkan produktivitas varietas Tanggamus walaupun kadar hara N pada jaringan tanaman lebih rendah dibandingkan dengan dosis pupuk N 12,5 g/l air tetapi mempunyai kadar P dan K lebih tinggi. Pemberian pupuk N dengan dosis tinggi harus melibatkan hara P dan K yang seimbang untuk meningkatkan produktivitas tanaman.

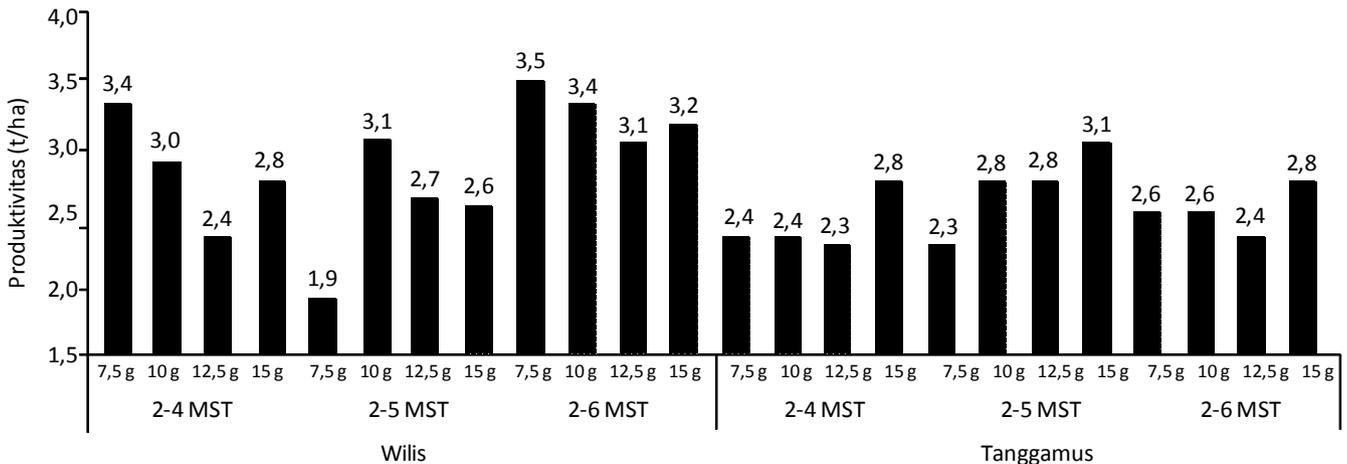
Produktivitas kedelai dari kombinasi varietas, waktu tanam, dan dosis pupuk N pada tanah mineral dibagi menjadi tiga kategori yaitu tinggi 3,1-3,5 t/ha, sedang 2,4-3,0 t/ha, dan rendah 1,9-2,4 t/ha). Pada tanah mineral bergambut, produktivitas tinggi adalah 2,8-3,2 t/ha), sedang 2,3-2,7 t/ha), dan rendah 1,8-2,2 t/ha) (Gambar 4 dan 5).

Pengaruh Ciri Tanah terhadap Produktivitas Tanaman

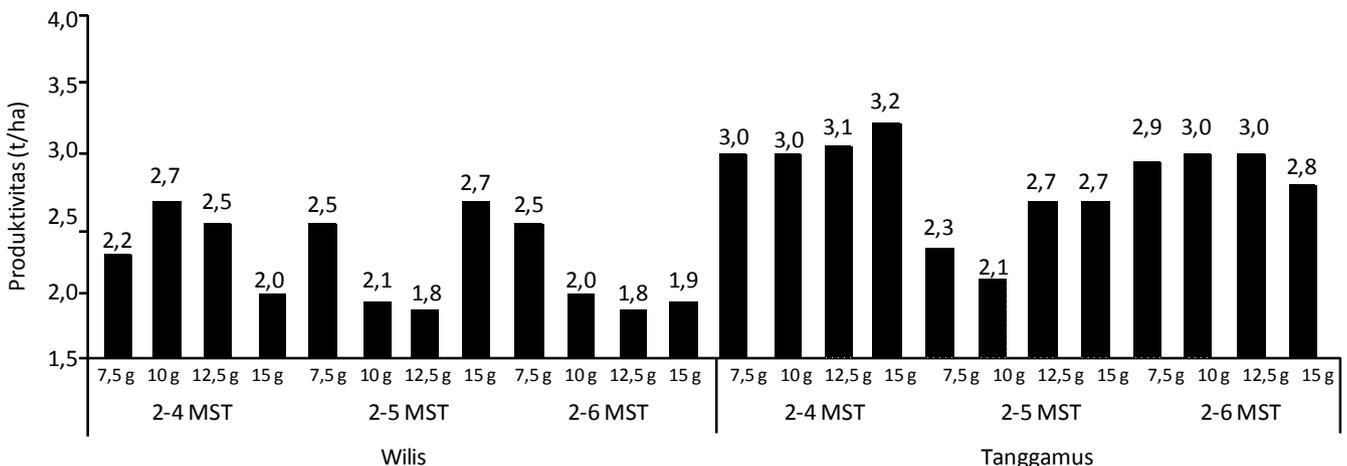
Ketersediaan hara dalam tanah mempengaruhi kandungan hara pada jaringan tanaman dan produktivitas kedelai. Kandungan hara kedua jenis tanah termasuk sedang sampai sangat tinggi. Hasil analisis sebelum percobaan memperlihatkan tingkat kesuburan tanah relatif baik dengan kandungan bahan organik, P₂O₅, dan K₂O sedang sampai sangat tinggi.

Namun tingkat kemasaman tinggi pada tanah mineral (pH 4,70) dan sangat tinggi pada tanah mineral bergambut (pH 4,30). Hal ini menjadi salah satu faktor pembatas budi daya kedelai pada lahan pasang surut (Tabel 4).

Produktivitas kedelai pada tanah mineral lebih baik dibandingkan dengan tanah mineral bergambut. Pada tanah mineral, kombinasi varietas Wilis, waktu pemupukan 2-6 MST, dan dosis pupuk N 7,5 g/l air memberikan produktivitas tertinggi. Pemberian N pada dosis rendah dengan waktu pemberian sampai 6 MST memberikan kecukupan hara bagi tanaman selama pertumbuhan vegetatif dan generatif, sehingga memberikan produktivitas yang lebih tinggi. Selain itu, kandungan pirit dalam tanah tidak nyata mempengaruhi produktivitas. Pemberian N dengan dosis sangat tinggi tetapi waktu pemberian relatif singkat tidak



Gambar 4. Produktivitas tanaman kedelai pada interaksi varietas, waktu pemupukan dan konsentrasi pupuk N pada tanah mineral.



Gambar 5. Produktivitas tanaman kedelai pada interaksi varietas, waktu pemupukan dan konsentrasi pupuk N pada tanah mineral bergambut.

Tabel 4. Kandungan hara N, P, K, Al, Mn dan pirit pada tanah mineral dan mineral bergambut sebelum dan sesudah perlakuan.

Perlakuan	Produktivitas	pH	N-Total (%)	P (ppm)	K (me/100 g)	Al (me/100 g)	Mn (ppm)	Pirit (%)
Mineral								
Sebelum perlakuan		4,70 masam	0,38 sedang	12,4 Tinggi	0,43 sedang	2,49 rendah	42,39 Sangat tinggi	
Sesudah perlakuan								
Wilis 2-6 MST 7,5 g/l urea	Tinggi		0,34 Sedang	31,67 Sangat tinggi	0,30 Rendah	3,13 Sedang	17,74 Sangat tinggi	0,18
Tanggamus 2-4 MST 15 g/l urea	Sedang		0,36 Sedang	19,10 Sangat tinggi	0,31 Rendah	3,46 Sedang	17,32 Sangat tinggi	0,12
Wilis 2-5 MST 7,5 g/l urea	Rendah		0,31 Sedang	19,50 Sangat tinggi	0,23 Rendah	3,18 Sedang	15,53 Sangat tinggi	0,26
Tanah mineral bergambut								
Sebelum perlakuan		4,30 Sangat masam	1,03 Sangat tinggi	21,5 Sangat tinggi	0,51 Sedang	2,49 Rendah	48,70 Sangat tinggi	
Sesudah perlakuan								
Tanggamus 2-4 MST15 g/l urea	Tinggi		0,75 Tinggi	29,99 Sangat tinggi	0,38 Rendah	0,31 Sangat rendah	6,76 Tinggi	0,47
Wilis 2-4 MST12,5 g/l urea	Sedang		0,76 Sangat tinggi	40,35 Sangat tinggi	0,28 Rendah	1,62 Rendah	9,47 Sangat tinggi	0,58
Wilis 2-6 MST12,5 g/l urea	Rendah		1,09 Sangat tinggi	58,23 Sangat tinggi	0,28 Rendah	1,27 Rendah	19,28 Sangat tinggi	0,86

menyebabkan distribusi hara seimbang sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman.

Pada tanah mineral bergambut, perlakuan kombinasi varietas Tanggamus, waktu pemupukan 2-4 MST, dan dosis pupuk N 15 g/l air memberikan produktivitas tertinggi pada tanah dengan kadar hara N-total dan Mn tinggi, kandungan P sangat tinggi dan K sedang, serta kadar Al tanah sangat rendah. Meskipun produktivitas tanaman lebih tinggi pada tanah mineral bergambut, namun kandungan pirit lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral. Kondisi ini memberikan cekaman tersendiri bagi tanaman untuk dapat berproduksi maksimal.

Produktivitas kedelai dipengaruhi oleh kadar pirit dalam tanah. Hasil analisis tanah mineral dan mineral bergambut menunjukkan kadar pirit tertinggi ditemukan pada tanah dengan produktivitas tanaman terendah. Produktivitas tertinggi dan sedang diperoleh dari tanah dengan kadar pirit yang lebih rendah. Kenaikan kadar pirit dari 0,18% menjadi 0,26% menurunkan produktivitas kedelai 46,0% atau dari 3,5 t/ha menjadi 1,9 t/ha pada tanah mineral. Pada tanah

mineral bergambut kenaikan kadar pirit 0,39% menurunkan produktivitas kedelai 45,1% atau dari 3,2 t/ha menjadi 1,8 t/ha.

Kandungan pirit yang tinggi mempengaruhi penyerapan hara oleh tanaman. Pada tanah sulfat masam, drainase yang berlebihan menciptakan kondisi aerob yang mengakibatkan lapisan pirit teroksidasi dan melepaskan asam alumunium yang merupakan racun bagi tanaman, dan dapat memfiksasi P membentuk senyawa yang mengendap. Akibatnya ketersediaan P dalam tanah menjadi rendah. Subagyo (2006) menyatakan bahwa kandungan pirit pada lahan pasang surut umumnya rendah (0-5%), tetapi sulit diatasi jika sudah mengalami oksidasi.

Asam-asam organik mampu menurunkan jumlah fosfat yang difiksasi oleh Fe dan Al melalui mekanisme pengkelatan sehingga P tersedia bagi tanaman (Barker and Pilbeam 2007). Dengan kata lain, kecepatan pelepasan P dari bentuk tidak tersedia menjadi tersedia bergantung pada pH dan kandungan bahan organik tanah (Purba *et al.* 2015).

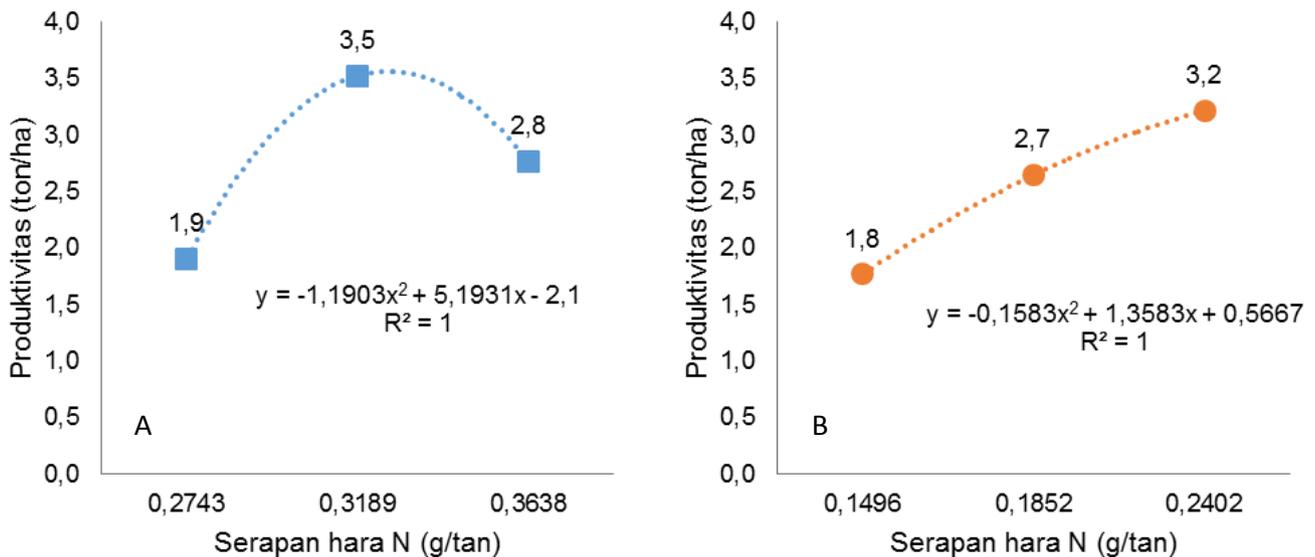
Hubungan antara Hara Tanaman dan Produktivitas

Hasil analisis menunjukkan produktivitas tertinggi pada tanah mineral dan mineral bergambut masing-masing pada interaksi antara varietas Wilis, waktu pemberian pupuk 2-6 MST, dan dosis pupuk N 7,5 g/l, serta interaksi Tanggamus, waktu pemupukan 2-4 MST, dan dosis pupuk N 15 g/l. Produktivitas sedang terdapat pada interaksi antara Tanggamus, waktu pemupukan 2-4 MST, dan dosis N 15 g/l, serta interaksi Wilis, 2-4 MST, 12,5 g/l. Produktivitas rendah terdapat pada interaksi antara Wilis, 2-5 MST dan 7,5 g/l serta interaksi Wilis, 2-6 MST, dan 12,5 g/l. Data ini menunjukkan bahwa tanaman yang memiliki produktivitas tinggi juga mempunyai kandungan hara N, P dan K yang tinggi daun. Sebaliknya, tanaman dengan produktivitas yang rendah memiliki kandungan hara rendah pada jaringan tanaman. Total N, P dan K tertinggi pada tanaman memberikan produktivitas sedang. Hal ini dipengaruhi oleh bobot kering tanaman. Kandungan

hara N, P dan K tertinggi pada jaringan tanaman terdapat pada perlakuan dosis N yang tinggi (Tabel 5).

Jenis tanah mempengaruhi jumlah hara yang dapat diserap tanaman. Hasil analisis jaringan tanaman menunjukkan bahwa penyerapan hara N, P dan K oleh tanaman pada tanah mineral lebih besar dibandingkan dengan tanah mineral bergambut. Pada tanah mineral, pemberian pupuk N secara bertahap sampai 6 MST dengan dosis terendah atau pemberian N dengan dosis tinggi sampai 4 MST dalam selang waktu satu minggu dapat memenuhi kebutuhan hara tanaman, sehingga pertumbuhan vegetatif menjadi optimal dan dapat menunjang produktivitas tanaman.

Hubungan serapan hara dan hasil kedelai menunjukkan bahwa penurunan produktivitas tanaman disebabkan oleh penurunan kadar hara dalam jaringan maupun ketersediaan hara dalam tanah (Gambar 6). Pada tanah mineral penurunan produktivitas tidak linear



Gambar 6. Produktivitas tanaman kedelai pada interaksi varietas, waktu pemupukan dan konsentrasi pupuk N di tanah mineral.

Tabel 5. Kandungan hara N, P dan K pada jaringan daun tanaman kedelai umur 8 MST.

Tingkat produktivitas pada interaksi	Kadar hara (%)			Serapan hara (g/ha)		
	N	P	K	N	P	K
Tanah mineral						
Tinggi (Wilis; 2-6 MST; 7,5 g/l)	2,84	0,33	2,09	0,3189	0,0371	0,2347
Sedang (Tanggamus; 2-4 MST; 15 g/l)	2,67	0,33	1,91	0,3638	0,0450	0,2603
rendah (Wilis; 2-5 MST; 7,5 g/l)	2,56	0,30	1,79	0,2743	0,0322	0,1918
Tanah mineral bergambut						
Tinggi (Tanggamus; 2-4 MST; 15 g/l)	1,78	0,23	1,67	0,2402	0,0310	0,2253
Sedang (Wilis; 2-4 MST; 12,5 g/l)	1,89	0,24	1,73	0,1852	0,0235	0,1695
Rendah (Wilis; 2-6 MST; 12,5 g/l)	1,67	0,23	1,67	0,1496	0,0206	0,1496

diikuti oleh penurunan kadar hara pada jaringan tanaman, terutama pada kombinasi varietas Tanggamus dengan waktu pemupukan 2-4 MST dosis pupuk N 15 g/l. Tingginya kadar N dalam jaringan tanaman menunjukkan pupuk N mempunyai fungsi yang sentral dalam pertumbuhan tanaman. Terdapat hubungan antara fungsi akar dan tajuk dalam penyerapan (hara).

Hara N diperlukan tanaman kedelai pada awal pertumbuhan untuk pembentukan bintil akar. Di sisi lain, tanaman kedelai memerlukan hara N, P, dan K dalam jumlah banyak untuk mencapai produktivitas yang tinggi. Penyerapan hara oleh tanaman semakin meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan vegetative, dimulai dari fase perkecambahan sampai awal berbunga. Pemberian pupuk N secara bertahap sampai fase awal berbunga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan tanaman (Suryati *et al.* 2009). Pertumbuhan vegetatif yang optimal akan meningkatkan produktivitas tanaman.

Jumlah serapan N yang tinggi pada tanaman diduga disebabkan oleh pemberian pupuk N secara bertahap dan ketersediaan hara N yang tinggi di tanah selama pertumbuhan tanaman. Peningkatan N total jaringan berdampak pada peningkatan laju fotosintesis, hasil kedelai, dan kandungan protein biji. Meningkatnya kandungan N total jaringan pada fase pertumbuhan vegetatif maupun generatif diperoleh melalui serapan N (Anang *et al.* 2010). Akumulasi N pada jaringan atau N total tanaman yang diperoleh dari fiksasi oleh bakteri meningkatkan asimilasi N pada tanaman yang akhirnya meningkatkan kandungan N pada daun dan biji sehingga berperan meningkatkan bobot tanaman dan biji (Situmorang 2008).

KESIMPULAN

Pertumbuhan dan produktivitas Willis lebih baik pada tanah mineral. Pada tanah bergambut, Tanggamus memiliki pertumbuhan dan produktivitas lebih baik dibandingkan dengan Willis pada pemupukan nitrogen.

Waktu pemupukan nitrogen pada umur tanaman kedelai 2-5 MST pada tanah mineral dan 2-4 MST pada tanah bergambut, lebih meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas dibandingkan dengan waktu pemupukan lainnya.

Pemupukan nitrogen dengan konsentrasi 15 g/l air, lebih meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas. Pada tanah bergambut, konsentrasi pupuk urea 12,5 g/l air, berpengaruh lebih baik pada tanaman kedelai dibandingkan dengan konsentrasi lainnya.

Interaksi perlakuan pada tanah mineral menunjukkan bahwa interaksi Willis, waktu pemupukan

2-6 MST dan konsentrasi nitrogen 7,5 g/l air, produktivitas tanaman kedelai tertinggi yaitu 3,5 ton/ha. Interaksi perlakuan pada tanah bergambut menunjukkan bahwa interaksi Tanggamus, waktu pemupukan 2-4 MST dan konsentrasi nitrogen 15,0 g/l air, produktivitas tanaman kedelai tertinggi sebesar 3,2 t/ha.

Kadar hara N pada jaringan daun kedelai mengalami defisiensi meskipun dilakukan penambahan konsentrasi dan waktu aplikasi pupuk N yang lebih tinggi baik pada tanah bergambut maupun mineral.

Produktivitas kedelai tertinggi diperoleh pada tanah dengan kandungan pirit yang lebih rendah. Pemberian N konsentrasi rendah dan frekuensi waktu pemupukan yang lebih tinggi dapat meningkatkan produktivitas kedelai pada tanah dengan kandungan pirit yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Sumberdaya IPTEK dan Dikti Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan bantuan studi dan penelitian dalam bentuk beasiswa BP-DN. Disampaikan pula ucapan terima kasih kepada Yayasan Pendidikan Duluwo Limo Pohalaa Gorontalo yang banyak membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, B., D. Indradewa, dan E.T.S. Putra. 2015. Hubungan bintil akar dan aktivitas nitrat reduktase dengan serapan N pada beberapa kultivar kedelai (*Glycine max*) [Relationship of nodule and nitrate reductase activity with N uptake in some cultivars of soybean (*Glycine max*)]. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversiti Indonesia 1(5):1132-1135.
- Anang, S., Soedradjad, dan A. Majid. 2010. Aktivitas nitrogenase bintil akar pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.) yang berasosiasi dengan bakteri fotosintetik *Synechococcus* sp. Penelitian Fundamental. Universitas Jember, Jember.
- Anwar, K. 2009. Pemupukan fosfat untuk meningkatkan hasil kedelai di lahan rawa. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan: Teknologi Konservasi, Pemupukan, dan Biologi Tanah. Buku II. p.319-328. BBSDLP. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Anwar, K. 2014. Ameliorasi dan pemupukan untuk meningkatkan produktivitas kedelai di lahan gambut. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi. Banjarbaru, 6-7 Agustus 2014.
- Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2007. Hand Book of Plant Nutrition. CRC Press. New York. 612p.
- Gaspersz V. 1994. Metode perancangan percobaan untuk ilmu-ilmu pertanian, ilmu-ilmu teknik, biologi. Bandung: Armico.
- Ghulamahdi, M., S.A. Aziz, M. Melati, N. Dewi, dan S.A. Rais. 2006. Aktivitas nitrogenase, serapan hara dan pertumbuhan pertumbuhan dua varietas kedelai pada kondisi jenuh air dan kering [Nitrogenase Activity, Nutrient Uptake, and Growth

- of Two Soybean Varieties Under Saturated and Dry Soil Conditions]. *Bul. Agron.* 34(1):32-38.
- Las, I., Sukarman, K. Subagyo, D.A. Suriadikarta, M. Noor, dan A. Jumberi. 2007. Grand design lahan rawa. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kalimantan Tengah.
- Lubis, D.S., S.H. Asmarlaili, dan M. Sembiring, 2015. Pengaruh pH terhadap pembentukan bintil akar, serapan hara N, P, dan produksi tanaman pada beberapa varietas kedelai pada tanah Inceptisol di rumah kaca (The Effect of pH on Root Nodules Formation, Nitrogen and Phosphorus Uptake, and Crop Production in Some Soybean Varieties in Inceptisol on Screen House). *Jurnal Online Agroekoteknologi* 3(3):1111-1115.
- Mariana, Z.T., F. Razie, dan M. Septiana. 2012. Populasi bakteri pengoksidasi besi dan sulfur akibat penggenangan dan pengeringan pada tanah sulfat masam di Kalimantan Selatan. *Jurnal Agritek* 19(1):22-27.
- Naibaho, K. 2006. Pengaruh jarak tanam dan pemupukan N lewat daun terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai pada budi daya jenuh air. Institut Pertanian Bogor.
- Pujiwati, H., M. Ghulamahdi, Y. Sudirman, A.A. Sandra, and H. Oteng. 2015. The application of peaty mineral soil water in improving the adaptability of black soybean toward aluminium stress on tidal mineral soil with saturated water culture. *Agrivita* 37(3):0126-0537.
- Purba, M.A., Fauzi, dan K. Sari, 2015. Pengaruh pemberian fosfat alam dan bahan organik pada tanah sulfat masam potensial terhadap P-tersedia tanah dan produksi padi (*Oryza sativa* L.) {The Effect of Phosphate Fertilizer and Organic Matter In A Potential Acid Sulphate Soils to P-soil Available and Production of Rice (*Oryza sativa* L.)}. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 3(3):938-948.
- Purwaningsih, O., D. Indradewa, S. Kabirun, dan D. Shiddiq. 2012. Tanggapan tanaman kedelai terhadap inokulasi rhizobium. *Jurnal Agrotop* 2(1):25-32.
- Sari, R.R.F., N. Aini, dan L. Setyobudi. 2015. Pengaruh penggunaan rhizobium dan penambahan mulsa organik jerami padi pada tanaman kedelai hitam (*Glycine max* (L) Merrill.) varietas Detam 1 {The effect of rhizobium and organic mulches of straw in black soybean (*Glycine max* (L) Merrill.) varieties Detam 1}. *Jurnal Produksi Tanaman* 3(8):689-696.
- Seadh, S.E., M.I. EL-Abady, A.M. El-Ghamry, and S. Farouk. 2009. Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. *J. Biological Sci.* 9(8):851-858.
- Situmorang, A.R.F. 2008. Penggunaan inokulan *B. japonicum* toleran asam aluminium untuk pertumbuhan tanah kedelai pada tanah masam [Skripsi]. FMIPA IPB, Bogor.
- Subagyo, H. 2006. Lahan rawa pasang surut. p.23-98. *Dalam*: D.A. Suriadi, Undang K., Mamat H.S., W. Hartatik, dan D. Setyorini (Eds.). Karakteristik dan pengelolaan lahan rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Bogor.
- Sunarti. 2010. Land characteristics of batang pelepah watershed in Bungo District, Jambi. *J. Tanah Tropika* 15(1):73-82.
- Suryati, D., N. Susanti, dan Hasanudin. 2009. Waktu aplikasi pupuk N terbaik untuk pertumbuhan dan hasil kedelai varietas Kipas Putih dan Galur 13 ED [Best Application Date of Nitrogen Fertilizer for Growth and Yield of Soybean var. Kipas Putih and 13 ED line]. *Aleta Agrosia* 12(2):204-212.
- Troedson, R.J., A.L. Garside, R.J. Lawn, D.E. Byth, and G.L. Wilson. 1984. Saturated soil culture-an innovative water management option for soybean in the tropics and subtropics. *Dalam*: Shanmugasundaram S and Sulzberger EW (Eds.). Soybean in tropical and subtropical cropping systems. Proc. of a Symp. Tsukuba. Japan. p.171-180.

