



Kuantifikasi Perubahan Kadar Nitrogen Total di Tanah dan Jaringan Tanaman Kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*) Varietas Anjasmoro selama Proses Budidaya

Shinta Palupi

Smart Agriculture, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Penulis Korespondensi: shintapalupi@apps.ipb.ac.id

Abstract. Nitrogen is an essential element for soybean growth, particularly in the formation of vegetative organs and seed protein. The nitrogen requirement of soybean plants varies according to their growth stages. This study aimed to quantify nitrogen levels in soil and plant tissues of Anjasmoro soybean variety over a 13-week cultivation period. Observations were conducted weekly by collecting soil and plant samples from three randomly selected polybags. Nitrogen analysis was performed using a colorimetric Kjeldahl method. The results showed that nitrogen supply was obtained not only from soil media and fertilizers, but also from biological nitrogen fixation facilitated by symbiotic microbes forming root nodules as well as non-symbiotic soil microbes. The lowest total soil nitrogen content was recorded at 0 weeks after planting (WAP) at 0.20%, while the highest was observed at 7 WAP at 0.82%. The lowest total nitrogen content in plant tissue occurred at 8 WAP at 1.80%, whereas the highest was recorded at 4 WAP at 8.07%. Soybean plants experienced etiolation due to suboptimal light intensity, resulting in a vegetative phase that was prolonged by two weeks. Nitrogen uptake during this extended vegetative period reached 4.6%. The average total nitrogen absorbed by the plants during cultivation was 2.881 g per plant, while total nitrogen accumulation in the system increased by 26.285 g per plant.

Keywords: Nitrogen Uptake; Plant Tissue; Soil; Soybean; Total Nitrogen.

Abstrak. Nitrogen merupakan unsur yang sangat esensial bagi kedelai guna membentuk organ vegetatif serta protein pada bijinya. Kebutuhan nitrogen tanaman kedelai berbeda-beda berdasarkan stadia pertumbuhannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkuantifikasi nitrogen pada tanah dan jaringan tanaman kedelai varietas Anjasmoro selama 13 minggu. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali dengan mengambil sampel tanah dan tanaman dari tiga polybag yang dipilih secara acak. Pengujian nitrogen dilakukan menggunakan metode *Kjeldahl* berbasis kolorimetri. Dari penelitian ini didapatkan bahwa suplai nitrogen selain didapatkan dari media tumbuh tanah dan pupuk, ada pula dari fiksasi nitrogen bebas yang dibantu oleh mikroba simbiotik yang membentuk nodul pada akar serta mikroba non-simbiotik di tanah. Kandungan nitrogen total di tanah terendah adalah pada 0 MST sebesar 0,20% dan tertinggi adalah pada 7 MST sebesar 0,82 %. Nitrogen total di jaringan tanaman terendah adalah pada 8 MST sebesar 1,80 %, dan tertinggi adalah pada 4 MST 8,07 %. Tanaman kedelai mengalami etiolasi karena ditanam pada intensitas cahaya yang kurang optimum, sehingga fase vegetatif lebih panjang 2 minggu dari seharusnya, penyerapan N selama perpanjangan fase vegetatif tersebut adalah sebesar 4,6%. Jumlah N total rata-rata yang diambil tanaman selama proses budidaya adalah sebesar 2,881 gram/tanaman. Terdapat penambahan N total ke sistem sebesar 26,285 gram/tanaman.

Kata kunci: Jaringan Tanaman; Kedelai; Nitrogen Total; Serapan Nitrogen; Tanah.

1. LATAR BELAKANG

Budidaya kedelai di Indonesia masih dihadapkan pada banyak tantangan (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2017). Setidaknya terdapat tiga tantangan utama bagi budidaya kedelai domestik di Indonesia. Pertama, peningkatan produksi kedelai domestik yang lamban dibandingkan dengan peningkatan kebutuhan masyarakat. Tantangan berikutnya adalah dari aspek kualitas, kedelai lokal kalah dengan kedelai impor. Terutama dari ukuran, keseragaman bentuk, dan warna.

Hal ini salah satunya disebabkan oleh keadaan iklim di Indonesia yang merupakan negara tropis. Tantangan ketiga adalah persaingan pemanfaatan lahan. Ini merupakan tantangan yang paling utama. Di Indonesia belum banyak terdapat lahan khusus untuk kedelai. Kedelai hanya ditanam sebagai tanaman selingan atau penyelang diantara komoditas utama lainnya seperti padi. Pola tanam berupa padi-padi-kedelai menyebabkan kedelai hanya dapat diproduksi di musim ketiga dari siklus pertanaman palawija. Selain itu ketika harga jual kedelai pada saat itu dirasa kurang bersaing, maka kedelai dengan mudah akan digantikan komoditas lain yang dinilai dapat menghasilkan keuntungan lebih (Krisnamurthi, 2010). Solusi yang paling memungkinkan untuk menjawab tantangan-tantangan diatas adalah dengan mengembangkan kedelai varietas lokal sebaik mungkin melalui praktek budidaya yang efisien.

2. KAJIAN TEORITIS

Salah satu varietas lokal unggulan yang paling potensial adalah kedelai varietas Anjasmoro. Berdasarkan deskripsi kedelai lokal yang diterbitkan oleh Balitkabi, disebutkan potensi hasil kedelai varietas Anjasmoro berkisar pada 2,03-2,25 t/ha dengan bobot 100 bijinya adalah 14,8-15,3 g. Kelebihan varietas Anjasmoro adalah ketahanannya terhadap rebah dan penyakit karat daun, serta polongnya yang tidak mudah pecah (Balitkabi, 2016). Selain itu kandungan proteinnya juga cukup tinggi, yaitu sekitar 41,8-42,1% sehingga sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan protein masyarakat Indonesia yang rata-rata adalah sebesar 46 gram perharinya, namun hingga saat ini baru dapat terpenuhi sekitar 37-39 gram (Ratnasari et al., 2014).

Tanaman kedelai merupakan tanaman yang memiliki kebutuhan nitrogen lebih tinggi dibandingkan tanaman legume lainnya. Maka dari itu perlu dilakukan kuantifikasi pada jumlah nitrogen di media tumbuh serta di jaringan tanaman untuk menentukan kebutuhan nitrogennya selama pertumbuhan sehingga dapat diberikan nitrogen yang sesuai dengan kebutuhan dalam setiap tahap pertumbuhannya. Dengan demikian diharapkan dapat dihasilkan panen yang optimal dari tanaman kedelai varietas Anjasmoro.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di *screen house* Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Analisis parameter nitrogen total dilakukan di Laboratorium Rekayasa Biomassa ITB Jatinangor, Laboratorium Isolasi dan Analisis Bahan Alam ITB Jatinangor, serta Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman Universitas Padjadjaran Jatinangor.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi aluminium foil, air, asam sulfat pekat, aquades, benih kedelai varietas Anjasmoro, CuSO_4 anhidrat, fungisida Dithane, insektisida Matador, Na_2SO_4 anhidrat, NaOCl 5%, NaOH p.a, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ p.a, polybag, pupuk kandang sapi, pupuk urea, pupuk KCl , pupuk SP36, tanah inseptisol Jatinangor, selen, serbuk fenol, dan serbuk K Na tartrat.

Penelitian dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu tahap budidaya tanaman dan tahap pengujian kadar nitrogen total pada tanah dan jaringan tanaman. Budidaya tanaman kedelai dilakukan mengikuti prosedur konvensional berdasarkan Petunjuk Teknis Balitkabi (Balitkabi, 2016). Tanah sebanyak 8 kg dimasukkan ke dalam polybag dan ditambahkan pupuk kandang sapi setara 2 ton/ha pada permukaannya, kemudian ditanami dua benih kedelai. Pada minggu kedua dilakukan pemupukan menggunakan pupuk urea (25 kg/ha), pupuk SP36 (50 kg/ha), dan pupuk KCl (75 kg/ha). Pemberian air dilakukan sesuai kebutuhan harian tanaman. Pengendalian hama kutu putih dilakukan menggunakan insektisida Matador, sedangkan pengendalian cendawan menggunakan fungisida Dithane.

Penelitian menggunakan tiga set tanaman kedelai yang dibudidayakan di dalam *screen house* ITB Jatinangor. Set A digunakan untuk pengamatan destruktif, set B untuk pengamatan non-destruktif, dan set C untuk pengamatan kebutuhan air. Parameter pengamatan meliputi produktivitas tanaman kedelai pada akhir penelitian, tinggi tanaman, serta kadar nitrogen total pada tanah dan jaringan tanaman yang diamati setiap satu minggu sekali.

Pengukuran kadar nitrogen total dilakukan menggunakan metode *Kjeldahl* (Balittan, 2005). Sampel tanah dan tanaman diambil secara acak setiap minggu sebanyak tiga sampel, kemudian dikeringkan pada suhu 75°C selama 24 jam, dihomogenkan, dan didestruksi. Ekstrak hasil destruksi didelusi menggunakan aquades dan direaksikan dengan larutan sangga tartrat, Na fenat, dan NaOCl 5% hingga membentuk warna indofenol biru. Intensitas warna diukur menggunakan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 636 nm (Bolleter et al., 1961). Data absorbansi nitrogen kemudian dikonversi menjadi kadar nitrogen total menggunakan rumus berikut (Bradstreet, 1954): $\text{Kadar nitrogen (\%)} = \text{ppm kurva} \times 0,01 \times \text{fp} \times \text{fk}$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Mikroklimat dan Edafik Selama Penelitian Serta Produktivitas Tanaman Kedelai

Kondisi mikroklimat dan edafik di lokasi *screen house* selama proses penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Intensitas cahaya yang cenderung kecil tidak optimum bagi pertumbuhan kedelai dan menyebabkan tanaman mengalami etiolasi dan tumbuh lebih tinggi serta fase

vegetatifnya lebih panjang dua minggu dari yang seharusnya, sehingga tanaman memiliki produktivitas yang menurun dibandingkan potensi aslinya, yakni hanya sebesar 0,7 ton/ha. Produktivitas dan karakteristik tanaman kedelai hasil budidaya penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kondisi Mikroklimat dan Edafik Lingkungan Selama Penelitian.

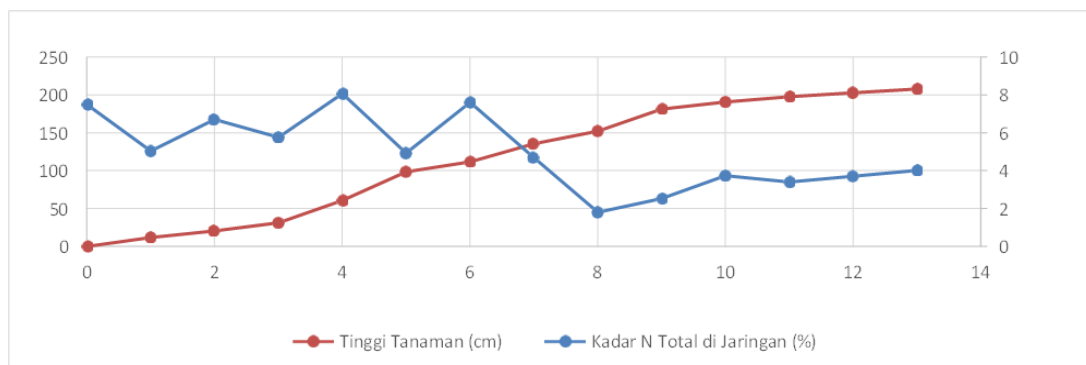
Mikroklimat	
Suhu rata-rata (°C)	28 ± 4
Kelembaban rata-rata (%)	73,2 ± 7
Intensitas cahaya (lux)	18580,76
Edafik	
pH tanah	6-6,8
C/N rasio tanah	27,5
Kandungan Nitrogen tanah (%)	0,2
Kelembaban tanah (%)	30-70

Tabel 2. Produktivitas dan Karakteristik Tanaman Kedelai Hasil Penelitian.

HASIL PENELITIAN
Daya Hasil: 2,22 ton/ha
Bobot 100 biji: 14,06 gram
Umur berbunga: 63 hari
Umur polong masak: 91 hari
Polong Tidak Mudah Pecah
Tidak Tahan Rebah

Perubahan Kadar Nitrogen Total di Jaringan Tanaman Kedelai

Dari Gambar 1 terlihat bahwa nitrogen di jaringan tanaman semakin meningkat kadarnya seiring dengan peningkatan ukuran tinggi tanaman. Hal ini sesuai dengan Sinclair & Horie (1989), serta Bachtiar et al. (2016), bahwa nitrogen paling utama dibutuhkan oleh tumbuhan untuk membentuk organ-organ vegetatif, yaitu perluasan daun serta pemanjangan dan pembesaran batang. Maka tingkat keaktifan tanaman menyerap nitrogen akan meningkat seiring dengan fase vegetatifnya.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Kadar Nitrogen Total pada Jaringan Tanaman Kedelai terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Kedelai Selama Proses Budidaya.

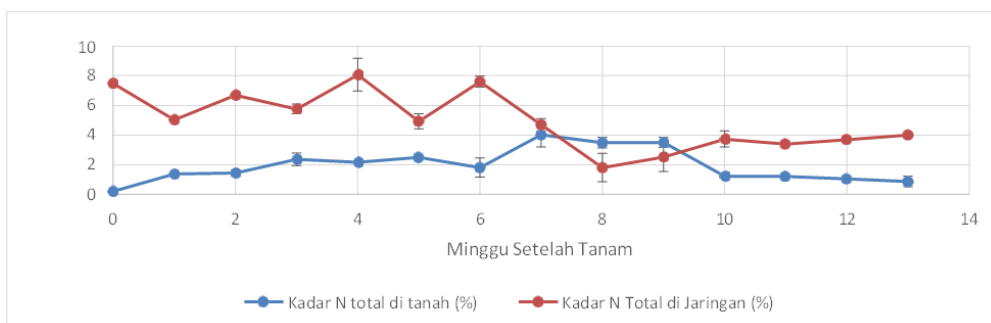
Dari grafik tersebut juga terlihat bahwa secara umum kadar nitrogen total pada jaringan tanaman terus stabil pada kisaran 4%-8% selama fase vegetatif, membuktikan penyerapan nitrogen oleh tanaman sedang dalam tahap sangat aktif karena dalam setiap 100 gram bahan organik tanaman, 5-8 gramnya merupakan nitrogen. Keberadaan fluktuasi penurunan beberapa kali adalah karena adanya fenomena yg dinamakan nitrogen dilution atau dilusi nitrogen, dimana ketika adanya pertumbuhan sel namun tidak diimbangi dengan penambahan suplai nitrogen, maka nitrogen yg terakumulasi di satu sel akan dibagikan ke sel-sel baru, sehingga konsentrasi nitrogen perselnya akan menurun hingga didapatkan suplai nitrogen kembali (Santachiara et al., 2018).

Kemudian kadar nitrogen pada tanaman turun dari 7% menjadi 4% ketika fase pembungaan (7 MST), dan terus menurun hingga 1,8%. Kemudian naik lagi menjadi 2,5% saat produksi polong (9 MST). Hal ini menurut Sirait et al. (2005), disebabkan ketika masuk ke fase pembungaan, maka nitrogen pada jaringan akan disalurkan untuk pembentukan bunga, dan tanaman sudah tidak hanya fokus terhadap penyerapan unsur hara N, melainkan juga unsur hara lainnya seperti P dan K agar dapat membentuk bunga secara optimal.

Sementara itu, ketika memasuki fase pembentukan polong, kadar nitrogen tanaman kembali meningkat menjadi 3%, dan terus stabil di angka ini hingga waktu panen. Fenomena ini sesuai dengan penelitian Indradewa et al. (2004), bahwa ketika mulai mengisi polong, maka tanaman akan membutuhkan asupan nitrogen untuk membentuk protein yang terkandung pada biji kedelai dengan konsentrasi sebesar 40%. Sehingga kadar nitrogen tanaman akan stabil hingga waktu panen dengan konsentrasi sekitar 2-4,39%.

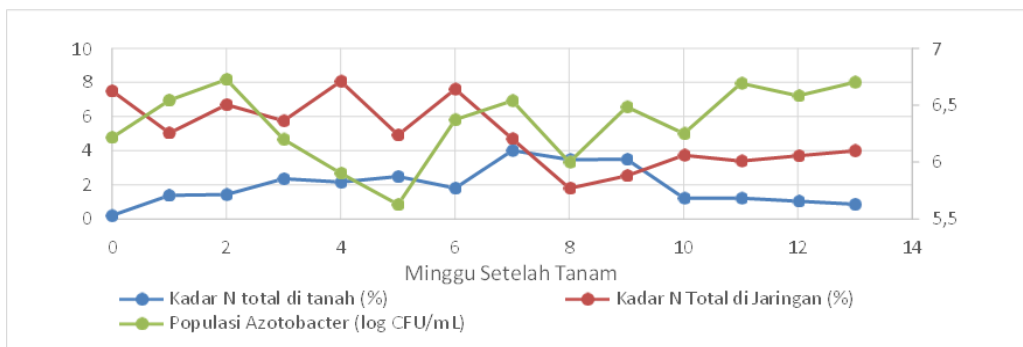
Perubahan Kadar Nitrogen Total di Tanah

Berdasarkan penelitian ini, diperoleh bahwa suplai nitrogen yang masuk ke tanaman tidak hanya didapatkan dari media tumbuh. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan antara perubahan kadar nitrogen total pada jaringan tanaman dengan perubahan kadar nitrogen total pada tanah seperti pada Gambar 2.



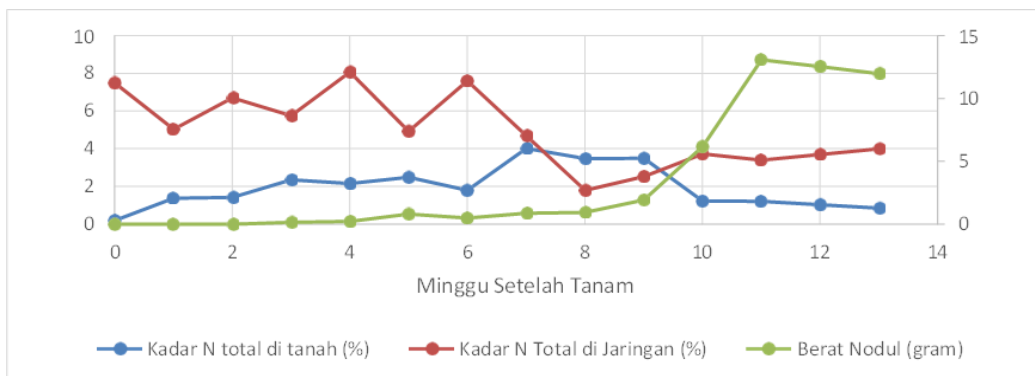
Gambar 1. Grafik Perbandingan Kadar Nitrogen Total pada Jaringan Tanaman Kedelai terhadap Kadar Nitrogen Total pada Tanah Selama Proses Budidaya.

Dari 0 sampai dengan 6 minggu, kadar nitrogen di tanah cukup stabil. N di tanah berasal dari aktivitas mikroba tanah, pupuk hayati, dan pupuk sintetis. Berdasarkan data bakteri pemfiksasi N simbiotik dan non-simbiotik yang dikerjakan pada penelitian ini pula, diketahui bahwa populasi rhizobakteria meningkat tajam sampai dengan minggu ke-2, kemudian turun karena adanya pemberian pupuk sintetis pada minggu ke-3 dan kembali naik pada minggu ke-5. Namun pada minggu ke-7 hingga ke-9 nitrogen di tanah berada pada jumlah yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya kontribusi mikroba pemfiksasi nitrogen yang mulai aktif pada fase tersebut, yakni ketika nitrogen di tanah mulai habis, tanaman akan mengeluarkan sinyal yang ditangkap oleh mikroba sehingga mereka akan bekerja memfiksasi nitrogen untuk mensuplai kebutuhan tanaman (Madigan et al., 2014). Berdasarkan penelitian ini, diketahui bahwa peningkatan nitrogen tanah pada minggu ke-7 hingga ke-9 ini terutama merupakan hasil kontribusi azotobacter yang populasinya telah meningkat sejak minggu ke 6 dan populasinya terus stabil pada kisaran 6 - 7 log CFU/mL. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kadar Nitrogen Total pada Tanah dan Jaringan Tanaman Kedelai terhadap Populasi Azotobacter Selama Proses Budidaya.

Kemudian pada minggu ke 10 hingga akhir masa budidaya, nitrogen di tanah terus menurun dan stabil pada 0-1%. Pada masa ini, nitrogen jaringan lebih banyak disuplai oleh bakteri simbiotik pada nodulasi akar. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kadar Nitrogen Total pada Tanah dan Jaringan Tanaman Kedelai terhadap Berat Nodul Selama Proses Budidaya.

Dari Gambar tersebut terlihat jelas bahwa ketika Sesuai dengan pernyataan Follet (2008), bakteri penambat nitrogen non-simbiotik akan menerima sinyal kekurangan nitrogen dari tanaman dan melakukan aktivitas memfiksasi nitrogen bebas dan mengubahnya menjadi bentuk nitrogen tersedia yang siap diserap oleh tanaman. Disebutkan pula bahwa hasil fiksasi nitrogen bebas oleh bakteri non-simbiotik akan mengendap terlebih dahulu di tanah sebelum akhirnya diserap oleh tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa kontributor peningkatan kadar nitrogen di tanah pada 7 hingga 9 MST salah satunya adalah azotobacter yang telah aktif sejak 6 MST. Berbeda dengan bakteri non-simbiotik yang hasil fiksasinya tidak akan mengendap terlebih dahulu di tanah namun langsung masuk ke tanaman karena aktivitasnya terjadi pada sistem nodulasi akar (Madigan et al., 2014). Selain berkontribusi mensuplai nitrogen tersedia bagi tanaman, mikroba penambat N simbiotik juga berperan dalam penambahan nitrogen organik tanah. Hal ini karena adanya enzim, hormon, serta zenyawa-senyawa organik lainnya yang dilepaskan oleh nodul akar ke lingkungan sekitarnya (Madigan et al., 2014).

Neraca Massa Nitrogen Total

Neraca massa nitrogen total yang terbaca dalam setiap polybag tanaman pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel tersebut dapat terlihat bahwa terdapat penambahan nitrogen total yang cukup banyak ke sistem. Sesuai dengan penelitian Madigan et al. (2014) dan juga Follet (2008), bahwa keberadaan mikroba penambat N baik simbiotik maupun non-simbiotik dapat meningkatkan kandungan nitrogen total pada tanah hingga 70-80% kandungan nitrogennya di awal. Hal ini pula yang mendasari konsep penggunaan tanaman kedelai sebagai tanaman penyelang di Indonesia disebabkan karena kemampuannya dalam bersimbiosis dengan mikroba pemfiksasi N, sehingga di akhir masa penanaman kedelai, tanah akan meningkat kesuburannya (Andrews et al., 2009).

Tabel 3. Neraca Massa Nitrogen Total Sistem Budidaya Tanaman Kedelai Varietas Anjasmoro dalam Setiap Polybag.

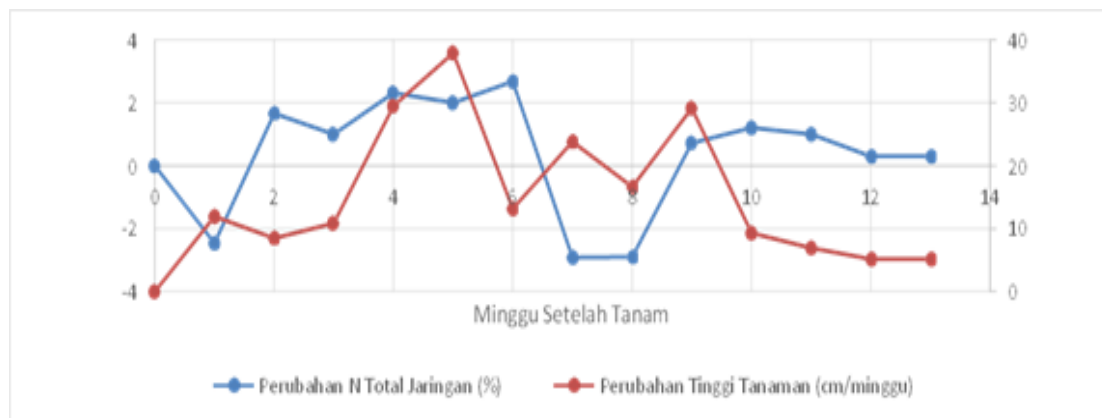
Input	Output	Sisa	Massa (g)	N total (%)	N total (g)
Tanah inseptisol + mikroba			3600,000	0,200	7,200
Pupuk kandang sapi			12,000	2,000	0,240
Pupuk urea			0,150	46,000	0,069
Kotiledon			0,140	8,000	0,011
Total Input					7,520
	Jaringan tanaman		63,040	4,008	2,527
	Biji		4,432	8,000	0,355
	Menguap&tercuci				
Total Output					2,881
		Tanah+mikroba	3600,000	0,859	30,924
Pertambahan N ke sistem					26,285

Etiolasi Tanaman Kedelai

Berdasarkan (Pantilu et al., 2012), etiolasi adalah kondisi dimana tanaman akan tumbuh tinggi dan kurus disebabkan oleh kurangnya sinar matahari. Pada penelitian ini, tanaman kedelai yang dibudidayakan mengalami etiolasi. Hal ini terjadi karena intensitas cahaya yang ada pada lingkungan budidaya berada jauh dibawah intensitas cahaya optimal bagi pertumbuhan kedelai, yakni hanya sebesar 18580,76 lux.

Dampaknya adalah tanaman terus berusaha mencari sinar dengan meningkatkan tingginya terus-menerus dan mengkonsumsi nitrogen secara berlebihan hingga melebihi tinggi normal tanaman kedelai varietas anjasmoro yang seharusnya akan berhenti pada 4 MST dengan tinggi sekitar 60-70cm (Balitkabi, 2016).

Dalam penelitian ini, tanaman tumbuh hingga lebih dari 2 meter, dan fase vegetatif tanaman berlangsung hingga 6 minggu sehingga pembungaan tertunda. Hal ini dapat dilihat dari grafik perbandingan antara laju perubahan nitrogen dengan laju pertumbuhan tinggi tanaman dalam Gambar 5.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Pertambahan Kadar Nitrogen Total pada Jaringan Tanaman Terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Selama Proses Budidaya.

Dari grafik tersebut tampak bahwa selama dua minggu penundaan pembungaan (4-6 MST), tanaman masih terus fokus terhadap fase vegetatifnya dan mengkonsumsi nitrogen sebanyak 4,6%. Hal ini menyebabkan penurunan produktivitas tanaman di akhir, sebab nitrogen yang seharusnya dapat dialokasikan untuk pengisian polong sudah dimanfaatkan untuk pertumbuhan vegetatifnya. Fenomena ini dibuktikan dengan hasil tanaman kedelai pada penelitian ini yang cukup jauh dari potensi aslinya menurut Balitkabi (2016), sebesar 2,03-2,25 ton/ha, dan menjadi hanya sebesar 0,75 ton/ha atau hanya mencapai 35% dari potensi aslinya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Nitrogen total di tanah terendah pada 0 MST (0,20%) ketika belum diberi penambahan apapun, tertinggi pada 7 MST (0,82 %) karena adanya kontribusi bakteri penambat N non simbiotik dengan populasi tertinggi pada saat itu 16,87x10⁶ CFU/mL. Terdapat selisih N total di media tanam pada saat awal dan akhir sebesar 23,404 gram. Nitrogen total di jaringan tanaman terendah pada 8 MST (1,80 %) ketika tanaman memasuki fase pembungaan, dan tertinggi pada 4 MST (8,07 %) ketika tanaman berada pada fase vegetatif. Jumlah N total yang diambil tanaman selama proses budidaya adalah 3,594 gram. Tanaman kedelai mengalami etiolasi sehingga fase vegetatif lebih panjang 2 minggu dari seharusnya, penyerapan N selama perpanjangan fase vegetatif sebesar 4,6%. Jumlah N total rata-rata yang diambil oleh tanaman selama proses budidaya adalah sebesar 3,594 gram/tanaman.

DAFTAR REFERENSI

- Andrews, M., Lea, P. J., Raven, J. A., & Azevedo, R. A. (2009). Nitrogen use efficiency. 3. Nitrogen fixation: Genes and costs. *Annals of Applied Biology*, 155(1), 1–13.
- Bachtiar, B., Ghulamahdi, M., Melati, M., Guntari, D., & Sutandi, A. (2016). Kebutuhan nitrogen tanaman kedelai pada tanah mineral dan mineral bergambut dengan budi daya jenuh air. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35(3), 213–222.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2017). *Data produksi kedelai Indonesia*. <https://www.bps.go.id>
- Balai Penelitian Tanah. (2005). *Analisis kimia tanah, tanaman, air dan pupuk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Balai Penelitian Tanaman Kacang dan Umbi. (2016). *Teknologi produksi kedelai*. Kementerian Pertanian.
- Bolleter, W. T., Bushman, C. J., & Tidwell, P. W. (1961). Spectrophotometric determination of ammonia as indophenol. *Analytical Chemistry*, 33(4), 592–594. <https://doi.org/10.1021/ac60172a034>
- Bradstreet, R. B. (1954). Kjeldahl method for organic nitrogen. *Analytical Chemistry*, 26(1), 185–187.
- Follett, R. F. (2008). Transformation and transport processes of nitrogen in agricultural systems. In J. S. Schepers & W. R. Raun (Eds.), *Nitrogen in the environment* (pp. 19–50). Academic Press.
- Inradewa, D., Sastrowinoto, S., Notohadisuwarno, S., & Prabowo, H. (2004). Metabolisme nitrogen pada tanaman kedelai yang mendapat genangan dalam parit (Nitrogen metabolism of soybean under saturated soil culture). *Ilmu Pertanian*, 11(2), 68–75.
- Krisnamurthi, B. (2010). Manfaat jagung dan peran produk bioteknologi serealia dalam menghadapi krisis pangan, pakan dan energi di Indonesia. Dalam *Prosiding Pekan Serealia Nasional*.

- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Stahl, D. A. (2014). *Brock biology of microorganisms* (14th ed.). Pearson.
- Pantilu, L. I., Mantiri, F. R., Nio, S. A., & Pandiangan, D. (2012). Respons morfologi dan anatomi kecambah kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap intensitas cahaya yang berbeda. *Bioslogos*, 2(2), 79–87.
- Ratnasari, D., Bangun, M. K., & Damanik, R. I. M. (2014). Respons dua varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill.) pada pemberian pupuk hayati dan NPK majemuk. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(1), 276–282.
- Santachiara, G., Salvagiotti, F., Gerde, J. A., & Rotundo, J. L. (2018). Does biological nitrogen fixation modify soybean nitrogen dilution curves? *Field Crops Research*, 223, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.04.018>
- Sinclair, T. R., & Horie, T. (1989). Crop physiology and metabolism: Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A review. *Crop Science*, 29(1), 90–98.
- Sirait, J., Purwantari, N. D., & Simanihuruk, K. (2005). Produksi dan serapan nitrogen rumput pada naungan dan pemupukan yang berbeda. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 10(3), 175–181.