

Aktivitas Nitrat Reduktase (ANR) Tanaman Jagung pada Pola Tumpangsari yang Diberi Serasah Jagung-Kedelai serta Biochar di Lahan Suboptimal Sidondo Sulawesi Tengah

(Nitrate Reductase Activity (NRA) of Corn Plants in Intercropping Patterns with Corn-Soybean Litter and Biochar in Sidondo Sub-optimal Land, Central Sulawesi)

Sjarifuddin Ende^{1*}, Salawati¹, Indrianto Kadekoh², Fathurrahman², Saiful Darman², Lukman²

(Diterima April 2022/Disetujui September 2022)

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengkaji hubungan antara aktivitas nitrat reduktase dengan serapan N, kadar N jaringan, serapan N, dan kadar klorofil tanaman jagung pada pola tumpangsari yang diberi serasah jagung-kedelai dan biochar. Penggunaan serasah tanaman dan biochar yang berasal dari sisa panen sebagai sumber bahan organik pada pola tumpangsari yang berbeda memengaruhi aktivitas nitrat reduktase, kadar N jaringan, serapan N, dan kadar klorofil tanaman jagung. Percobaan ini dilaksanakan pada lahan suboptimal Sidondo Sulawesi Tengah dengan faktor pembatas utama adalah ketersediaan air dan pH tanah alkalis (7,21) yang disusun dalam rancangan petak terbagi dengan lima perlakuan serasah sebagai anak petak dan lima pola pertanaman sebagai petak utama dengan tiga (3) ulangan. Parameter amatan adalah kadar N, serapan N jaringan tanaman, klorofil, dan aktivitas nitrat reduktase, data dikoleksi dan dianalisis menggunakan Anova dan Uji lanjut Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serasah jagung, kedelai campuran serasah jagung+kedelai dan biocharnya pada pola tumpangsari yang berbeda memengaruhi aktivitas nitrat reduktase, serapan nitrogen, kadar klorofil secara sangat nyata ($P < 0,01$), peningkatan aktivitas nitrat reduktase sebesar $9710.86 \mu\text{mol NO}_2^{-1}\text{g}^{-1} \text{jam}^{-1}$ pada umur tanaman 55 HST, sedangkan serapan N (2237 mg.kg^{-1}), kadar N jaringan (4,33%), dan kadar total klorofil ($10,61 \text{ mg.l}^{-1}$) tertinggi ditemukan pada perlakuan serasah jagung dan kedelai serta biochar pada tumpangsari jagung dan kedelai (1:2), dan (2:4). Dengan demikian, pemberian serasah jagung dan kedelai serta biochar pada pertanaman sistem tumpangsari dapat meningkatkan aktivitas nitrat reduktase, serapan N, kadar N jaringan, dan kadar klorofil tanaman jagung pada sistem tumpangsari jagung-kedelai.

Kata kunci: aktivitas nitrat reduktase, kadar N jaringan, klorofil, serapan N jaringan tanaman jagung

ABSTRACT

The aim of the study was to examine the relationship between nitrate reductase activity and N uptake, tissue N content, N uptake, and chlorophyll content of corn plants in intercropping patterns which are given corn-soybean litter and biochar. The use of plant litter and biochar derived from crop residues as a source of organic matter in different intercropping patterns affected nitrate reductase activity, tissue N content, N uptake, and chlorophyll content of maize. This experiment was carried out on sub-optimal Sidondo land, Central Sulawesi with the main limiting factors being the availability of water and alkaline soil pH (7.21) which were arranged in a divided plot design with five litter treatments as subplots and five cropping patterns as the main plot with three replicates. Parameters observed were N levels, plant tissue N uptake, chlorophyll, and nitrate reductase activity. Collected data were analyzed using Anova and Duncan's multiple random tests. The results showed that corn litter, soybean mixed corn + soybean litter and their biochar in different intercropping patterns affected nitrate reductase activity, nitrogen uptake, chlorophyll levels very significantly ($P < 0.01$), increased nitrate reductase activity by $9710.86 \text{ mol NO}_2^{-1}\text{g}^{-1} \text{hour}^{-1}$ at the age of 55 DAP, while N uptake (2237 mg.kg^{-1}), tissue N content (4.33%), and total chlorophyll content (10.61 mg.l^{-1}) were the highest in the litter treatment, corn and soybeans as well as biochar in corn and soybean intercropping (1:2), and (2:4). Thus, the provision of corn and soybean litter and biochar in intercropping systems can increase nitrate reductase activity, N uptake, tissue N levels, and corn chlorophyll levels in the corn-soybean intercropping system.

Keywords: chlorophyll, N content of corn plant tissue, nitrate reductase activity, N uptake

PENDAHULUAN

Pengukuran aktivitas enzim nitrat reduktase merupakan salah satu upaya untuk mengetahui tingkat metabolisme tumbuhan (Alnopri 2004). Enzim nitrat reduktase merupakan enzim yang penting dalam rantai reduksi unsur nitrat menjadi ammonia yang berguna

¹ Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Mujahidin Tolitoli, Jl. Dr. Sam Ratulangi No 51 Tuweley, Toli Toli 94515

² Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako, Jl. Soekarno Hatta Km. 9, Palu 94118

* Penulis Korespondensi:

Email: endesjarifuddin@gmail.com

dalam pembentukan asam amino, protein, klorofil, dan senyawa-senyawa lain yang mengandung unsur nitrogen, yang sangat penting dalam pertumbuhan vegetatif dan generatif suatu tanaman. Aktivitas nitrat reduktase meningkat dengan peningkatan penggunaan N (Zhang & Shangguan 2007). Selain dipengaruhi oleh penambahan bahan organik pada lahan-lahan pertanian, terutama pada lahan-lahan suboptimal dengan faktor pembatas utama adalah air, kandungan c-organik yang rendah, dan pH tanah yang tinggi (alkalis), ketersediaan N juga dipengaruhi oleh sistem penanaman, terutama pada sistem tumpangsari.

Sebagai unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman, nitrogen pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman, seperti daun, batang, dan akar sehingga sangat membatasi pertumbuhan tanaman (Kripa *et al.* 2021). Kegunaan nitrogen sangat spesifik dalam pembentukan asam amino dan protein (Congreves *et al.* 2013), yang memengaruhi kapasitas fotosintesis daun (Aleksandra *et al.* 2021). Dinamika penggunaan nitrogen dalam tanah salah satunya ditentukan oleh kualitas serasah yang diberikan (Ende 2021).

Peningkatan ketersediaan N dalam tanah akan meningkatkan serapan N tanaman yang berakibat pada perbaikan perkembangan akar sehingga bobot kering tanaman meningkat (Mengel *et al.* 2001). Hal ini dipengaruhi oleh kadar hara N di dalam tanah, baik yang bersumber dari bahan-bahan organik, pupuk, dan hasil fiksasi N dari tanaman legume sehingga menentukan total kadar N yang menjadi indikator akumulasi N pada tanaman yang mengindikasikan aktivitas sistem perakaran dan translokasi bahan-bahan organik dan anorganik ke bagian atas tanaman. Secara fisiologis, efisiensi N pada tanaman mengindikasikan aktivitas pada bagian atas tanaman dan melibatkan N yang terabsorpsi ke dalam proses sintesis.

Kekurangan N pada tanaman akan memengaruhi kadar klorofil daun, mengurangi luas daun dan intensitas fotosintesis (Bilijana & Markovic 2009). Penyerapan dan akumulasi N pada tanaman merupakan dua hal utama dari siklus N pada agroekosistem (Gastal & Lemaire 2012). Hubungan antara N dan akumulasi biomassa pada tanaman bergantung pada hubungan timbal balik beberapa proses fisiologis tanaman. Oleh karena itu, penyerapan dan distribusi N pada tanaman melibatkan banyak aspek dari pertumbuhan dan perkembangan tanaman,

walaupun di sebagian kasus ditemukan terdapat inkonsistensi antara pengaruh sumber N pada hasil dan efisiensi penggunaan N (Dilip *et al.* 2016). Selain itu, sistem penanaman (monokultur dan tumpangsari) diyakini juga memengaruhi status N dalam tanah.

Tumpangsari adalah praktik penanaman lebih dari satu jenis tanaman pada areal lahan yang sama (Ahmad *et al.* 2013; Arif *et al.* 2012). Kombinasi dan sistem penanaman yang tepat pada sistem tumpangsari dapat meningkatkan produktivitas lahan (Yuwariah *et al.* 2017), memelihara kelembapan tanah, meningkatkan ketersediaan air. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan untuk mengkaji peranan serasah jagung-kedelai dan biochar-nya dalam aktivitas nitrat reduktase, kadar N, serapan N, kadar klorofil tanaman jagung pada pola tumpangsari yang berbeda serta mengkaji interaksi antara serasah jagung-kedelai dan biochar-nya pada sistem tumpangsari yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di kebun sains BPTP Sidondo Sulawesi Tengah yang terletak pada ketinggian 90 mdpl dan berada pada posisi lintang $01^{\circ}06' : 35,68''$ dan Bujur $119^{\circ} 56' .34,93''$. Karakteristik tanah di lokasi penelitian sebelum penanaman tumpangsari dan pemberian serasah jagung-kedelai adalah: pH H₂O 7,21, C-Organik, 1,44%, N-Total 0,07, KTK 10.30, Tekstur tanah Lempung berdebu.

Serasah berasal dari sisa panen jagung dan kedelai yang diperoleh dari hasil panen petani. Serasah tanaman hasil panen kemudian dikeringkan di bawah terik matahari, kemudian dipotong dengan menggunakan alat potong mekanik dengan ukuran $\pm 2-5$ cm serta dijadikan biochar dengan metode pirolisis. Sebelum diaplikasikan, dilakukan analisis kandungan N, C, dan rasio CN (Tabel 1).

Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok pola petak terbagi (Split Plot Design) dengan tiga ulangan. Sebagai petak utama adalah pola tumpangsari, yaitu; monokultur jagung (T₁), monokultur kedelai (T₂), tumpangsari jagung/kedelai (1:1) (T₃), tumpangsari jagung/kedelai (2:1) (T₄), dan tumpangsari jagung/kedelai (2:4) (T₅) dan serasah jagung-kedelai, yaitu tanpa serasah (R₁), serasah jagung (R₂), serasah kedelai (R₃), serasah jagung+kedelai (R₄), dan biochar jagung+kedelai (R₅) sebagai anak petak. Total ukuran luas lahan adalah

Tabel 1 Karakteristik serasah jagung, kedelai, Jagung+kedelai, dan biochar jagung+kedelai sebelum ditanam ke lokasi pertanian

Serasah	C	N	C/N
Jagung	19,60	0,29	84,48
Kedelai	14,37	0,57	39,82
Jagung+Kedelai	18,16	1,66	13,67
Biochar jagung+kedelai	15,57	0,14	139,02

Sumber: Laboratorium Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Tadulako.

Keterangan: C = Karbon, N = Nitrogen, dan C/N = Ratio karbon/nitrogen.

42.5 m x 14 m (595.0 m²). Setiap ulangan (blok) memiliki 25 plot, masing-masing berukuran 3.5 m x 4.5 m (13.25 m²). Jarak antara ulangan adalah 1 m dan jarak antarplot adalah 0,5 m. Waktu aplikasi perlakuan pada anak petak, yakni 10 hari setelah aplikasi serasah. Serasah tanaman diberikan di antara baris tanaman yang ditanam 20 cm dari permukaan tanah dengan dosis 2 t.ha⁻¹ atau setara dengan 3,25 kg petak⁻¹, sedangkan dosis pupuk urea 50 kg.ha⁻¹, SP 36100 kg ha⁻¹, dan KCl 75 kg ha⁻¹. Jarak tanam jagung adalah 100 x 40 cm (antar baris 100 dan dalam baris 40 cm), sedangkan kedelai dengan jarak 40 x 20 cm. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah kadar N jaringan tanaman (mg kg⁻¹), yang dilakukan dengan metode wet combustion secara Kjeldahl. Pengukuran parameter dilakukan pada saat tanaman berumur 15, 30, dan 45 HST. Serapan hara N (mg.kg⁻¹) ditetapkan dengan mengalikan konsentrasi hara N jaringan dengan bobot brangkas kering bagian atas. Kandungan klorofil tanaman jagung diukur pada tanaman berumur 45 HST. Pengukuran kadar klorofil secara spektrofotometrik mengacu pada metode Arnon (1949), menggunakan pelarut aseton 85% dan mengukur nilai absorbansi larutan klorofil pada panjang gelombang (λ) = 663 dan 645 nm (Harbone 1987). Aktivitas nitrat reduktase, diukur dengan menggunakan metode ANR; Daun ketiga dari pucuk tanaman jagung dipetik sekitar pukul 9–10 pagi sebagai sampel tanaman. Daun tersebut dicuci dengan aquades, diiris halus, kemudian diambil sebagian sebanyak 200 mg. Daun yang telah ditimbang tadi dimasukkan ke dalam larutan buffer Na₂HPO₄ 2H₂O dan NaH₂PO₄ 2H₂O pada pH 7.5, masing-masing 5 ml dalam tabung polietilen kemudian ditutup dan direndam selama 24 jam, larutan buffer dibuang dan diganti dengan larutan buffer yang baru sebanyak 5 mL, kemudian ditambahkan 0,1 mL, 5 M NaNO₃ pada tiap tabung gelap. Waktu penambahan NaNO₃ dinyatakan sebagai waktu inkubasi 0, dan inkubasi dilakukan selama 2 jam. Sementara ke dalam tabung reaksi yang lain diisi reagen 0,2 mL sulfalamida 1% yang dilarutkan dalam 3 N HCl dan 0,2 mL larutan Naphthylethylendiamida 0,02%. Kemudian 0,1 mL filtrasi yang telah diinkubasi selama 2 jam tadi dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi reagen HCl dan larutan Naphthylethylendiamide. Tabung reaksi dikocok agar filtrat bercampur untuk mempercepat reaksi. Didiamkan sekitar 15 menit sehingga terjadi reduksi NO₂⁻ dengan reagen pewarna yang akan memunculkan warna merah muda. Selanjutnya ditambahkan aquades sebanyak 2,5 mL pada tabung reaksi sebagai pengencer warna. Larutan dalam tabung reaksi dimasukkan ke dalam kuvet spektrofotometer untuk diamati absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm. Pengamatan ini dilakukan pada saat tanaman berumur 55 hari setelah tanam.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan digunakan uji analisis varians (ANOVA). Untuk menguji beda antara perlakuan digunakan uji DMRT 5% atau 1% (Gomez & Gomez 1995). Untuk mengetahui hubungan

di antara parameter dilakukan dengan analisis korelasi dan regresi. Analisis data menggunakan program excel dan software SPSS 17,0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar N Jaringan Tanaman Jagung

Pengelolaan serasah jagung-kedelai dan biochar pada sistem tumpangsari menunjukkan pengaruh interaksi yang sangat nyata ($P < 0,01$) pada kadar N jaringan tanaman jagung pada umur 15, 30, dan 45 HST, demikian pula dengan faktor tunggalnya (Tabel 2). Kadar N jaringan tanaman pada penelitian ini berada pada kondisi cukup (4,33%), jika mengacu pada Dierof *et al.* (2001) yang menyatakan bahwa kadar N tanaman rendah jika kurang dari 2,9% dan sedang jika berada pada kisaran 3–5%.

Kadar N jaringan tanaman jagung pada penelitian ini berfluktuasi bergantung pada umur tanaman. Kadar N jaringan tanaman muda cenderung lebih tinggi dan menurun seiring dengan pertambahan umur tanaman, namun data ini tidak konsisten, terutama pada monokultur. Sumber N berasal dari bahan organik, N tanah, dan N jaringan tanaman. Bahan organik yang berasal dari serasah jagung+kedelai pada penelitian ini mampu melepaskan N total ke dalam tanah baik pada kedalaman 0–15 cm maupun 15–30 cm sehingga lebih cepat tersedia bagi tanaman. Peningkatan N pada jaringan yang menandakan serapan N pada tanaman juga meningkat. Mengel *et al.* (2001) menyatakan bila hara makro (N) dalam tanah meningkat maka jumlah yang diabsorpsi oleh tanaman juga meningkat. Selain itu, penurunan konsentrasi nitrogen dalam jaringan tanaman juga dipengaruhi oleh waktu atau umur tanaman (Ziadi *et al.* 2008). Artinya bahwa semakin tua tanaman, kadar N dalam jaringan tanaman akan menurun yang sejalan dengan hasil penelitian ini (Tabel 2). Semakin tua tanaman maka konsentrasi nitrogen akan menurun.

Serapan N Tanaman Jagung

Pengelolaan serasah jagung-kedelai pada sistem tumpangsari menunjukkan pengaruh interaksi yang sangat nyata ($P < 0,01$) pada serapan N tanaman jagung pada umur 15, 30, dan 45 HST, demikian pula dengan faktor tunggalnya (Tabel 3).

Pemberian serasah tanaman dapat meningkatkan serapan N tanaman melalui pelepasan hara N dari proses mineralisasi serasah tanaman serta kemampuan serasah tanaman yang dapat memperbaiki struktur tanah sehingga akar dapat berkembang dengan baik, yang pada akhirnya memperbaiki kemampuan akar dalam menyerap air dan unsur hara N dalam tanah yang pada gilirannya akan menunjang peningkatan pertumbuhan tanaman (Mengel *et al.* 2001). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serasah tanam kedelai mampu meningkatkan sinergitas antara serasah yang diberikan dengan pola

Tabel 2 Rata-rata kadar N jaringan tanaman jagung pada pertanaman monokultur dan pola tumpangsari yang ditambahkan serasah jagung dan kedelai serta biocharnya pada umur 15, 30, dan 45 hari setelah tanam (HST)

Pola tanam, serasah tanaman	Kadar N Jaringan (%)		
	15 HST	30 HS	45 HST
Mono jagung tanpa serasah	0,37 ^a	1,27 ^a	1,55 ^{ab}
Mono jagung, serasah jagung	1,05 ^c	2,97 ^{de}	1,43 ^{bc}
Mono jagung, serasah kedelai	3,68 ^d	1,47 ^a	1,08 ^c
Mono jagung, serasah jagung+kedelai	3,75 ^d	3,75 ^{ef}	1,58 ^{ab}
Mono jagung, biohar jagung+kedelai	3,60 ^d	2,66 ^d	1,39 ^{bc}
TS jagung+kedelai (1:1), tanpa serasah	0,54 ^{ab}	1,44 ^a	3,26 ^d
TS jagung+kedelai 1:1, serasah jagung	3,58 ^d	1,37 ^a	2,60 ^{bc}
TS jagung+kedelai 1:1, serasah kedelai	3,67 ^d	2,83 ^d	2,35 ^a
TS jagung+kedelai 1:1, serasah jagung + kedelai	3,63 ^d	3,44 ^e	3,04 ^{cd}
TS jagung+kedelai 1:1, biochar jagung + kedelai	3,67 ^d	4,33 ^g	3,41 ^d
TS jagung+kedelai (1:2), tanpa serasah	0,99 ^{bc}	2,82 ^c	2,38 ^{ab}
TS jagung+kedelai 1:2, serasah jagung	3,63 ^d	2,34 ^b	2,63 ^{bc}
TS jagung+kedelai 1:2, serasah kedelai	3,64 ^d	2,99 ^{de}	2,49 ^{ab}
TS jagung+kedelai 1:2, serasah jagung + kedelai	3,71 ^d	3,78 ^f	2,74 ^{bc}
TS jagung+kedelai 1:2, biochar jagung + kedelai	3,73 ^d	3,79 ^f	2,82 ^c
TS jagung+kedelai (2:4), tanpa serasah	0,35 ^a	3,07 ^{de}	3,20 ^d
TS jagung+kedelai 2:4, serasah jagung	0,47 ^{ab}	2,94 ^d	2,49 ^{ab}
TS jagung+kedelai 2:4, serasah kedelai	0,66 ^b	3,04 ^{de}	3,01 ^{cd}
TS jagung+kedelai 2:4, serasah jagung + kedelai	3,51 ^d	3,65 ^{ef}	2,32 ^a
TS jagung+kedelai 2:4, biochar jagung + kedelai	3,71 ^d	3,02 ^{de}	2,61 ^{bc}

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 1%.

Tabel 3 Rata-rata serapan N tanaman jagung pada pertanaman monokultur dan pola tumpangsari yang ditambahkan serasah jagung dan kedelai serta biocharnya pada umur 15, 30, dan 45 hari setelah tanam (HST)

Pola tanam, serasah tanaman	Serapan N Tanaman jagung (mg.kg ⁻¹)		
	15 HST	30 HST	45 HST
Mono Jagung tanpa serasah	18,60 ^{ab}	435,01 ^{bc}	1401,26 ^{bc}
Mono jagung, serasah jagung	60,42 ^b	468,87 ^{bc}	2825,79 ^d
Mono jagung, serasah kedelai	223,83 ^c	509,69 ^c	1452,40 ^{bc}
Mono jagung, serasah jagung+kedelai	250,31 ^c	595,64 ^{cd}	2405,14 ^d
Mono jagung, biohar jagung+kedelai	233,14 ^c	799,63 ^{de}	3406,36 ^e
TS jagung+kedelai (1:1), tanpa serasah	27,90 ^{ab}	148,03 ^a	807,46 ^a
TS jagung+kedelai 1:1, serasah jagung	232,30 ^c	469,12 ^{bc}	1793,66 ^c
TS jagung+kedelai 1:1, serasah kedelai	245,02 ^c	590,68 ^c	1281,07 ^b
TS jagung+kedelai 1:1, serasah jagung +kedelai	218,72 ^c	543,44 ^{cd}	1982,86 ^{cd}
TS jagung+kedelai 1:1, biochar jagung +kedelai	243,92 ^c	901,29 ^e	1215,15 ^{ab}
TS jagung+kedelai (1:2), tanpa serasah	57,03 ^b	357,22 ^b	1645,93 ^{bc}
TS jagung+kedelai 1:2, serasah jagung	229,01 ^c	341,90 ^b	2061,12 ^{cd}
TS jagung+kedelai 1:2, serasah kedelai	238,48 ^c	324,55 ^b	2508,29 ^d
TS jagung+kedelai 1:2, serasah jagung +kedelai	236,57 ^c	635,34 ^{cd}	2093,76 ^{cd}
TS jagung+kedelai 1:2, biochar jagung + kedelai	242,52 ^c	582,45 ^{cd}	2534,45 ^d
TS jagung+kedelai (2:4), tanpa serasah	18,09 ^a	574,05 ^{cd}	902,89 ^{ab}
TS jagung+kedelai 2:4, serasah jagung	26,88 ^{ab}	618,89 ^d	1551,27 ^{bc}
TS jagung+kedelai 2:4, serasah kedelai	37,57 ^{ab}	763,37 ^{de}	2237,80 ^{cd}
TS jagung+kedelai 2:4, serasah jagung+ kedelai	216,10 ^c	713,47 ^d	1358,51 ^b
TS jagung+kedelai 2:4, biochar jagung+ kedelai	250,56 ^c	711,24 ^d	1283,83 ^b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 1%.

tumpangsari 2:4 pada serapan N tanaman jagung. Hal ini dimungkinkan karena pada pola tumpangsari 2:4, jumlah tanaman kedelai lebih dominan dibanding dengan jagung sehingga memungkinkan jumlah N yang terserap oleh tanaman jagung lebih tinggi dari hasil fiksasi tanaman kedelai. Hal ini sejalan dengan pendapat Paynel *et al.* (2001); Trannin *et.al.* (2000) yang menyatakan bahwa kedelai memperoleh pasokan nitrogen melalui fiksasi N₂ dari udara melalui proses simbiosis dengan bakteri rhizobium, di mana

bakteri mendapatkan energi (karbohidrat) dari tanaman inang, sebaliknya tanaman memperoleh nitrogen dari hasil fiksasi N₂ oleh bakteri bintil akar atau nodul, baik langsung maupun tidak langsung, yang dilepaskan ke sistem sehingga tanaman jagung yang ditumpangsarikan dengan tanaman kedelai bisa mendapatkan nitrogen secara tidak langsung. Lebih lanjut, Salawati *et al.* (2021) melaporkan bahwa bahan organik mamapu meningkatkan serapan hara dan kualitas produksi pada tanaman padi.

Kandungan Klorofil Tanaman Jagung

Pengelolaan serasah jagung-kedelai pada sistem tumpangsari menunjukkan pengaruh interaksi yang sangat nyata ($P < 0,01$) pada kandungan klorofil tanaman jagung pada umur 45 HST, demikian pula dengan faktor tunggalnya berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) (Tabel 4).

Hubungan antara klorofil dengan serapan N tanaman jagung umur 45 HST disajikan pada Gambar 1. Koefisien determinasi (r^2) (Gambar 1) menunjukkan bahwa kadar klorofil tanaman jagung pada sistem pola tumpangsari 1:1 memperlihatkan hasil nilai koefisien kadar klorofil sebesar 0,0044 dan konstanta sebesar 1,166 sehingga hubungan antara klorofil dan serapan N tanaman jagung dinyatakan dengan model persamaan $Y = 1.166 + 0,0044X$, serta keeratan hubungannya (R^2) = 0,823 atau 82% yang artinya hubungan ini sangat kuat, di mana 82% kadar klorofil ditentukan oleh kadar N jaringan, sedangkan 12,7% ditentukan oleh faktor lain. Model tersebut menunjukkan bahwa setiap terjadi kenaikan satu nilai pada serapan N tanaman maka akan diikuti oleh kenaikan kadar klorofil tanaman. Hal ini sejalan dengan Clevers & Kooistra (2012) dan Schlemmer *et al.* (2013) yang menyatakan terdapat korelasi yang erat antara kadar N dan kandungan klorofil daun.

Aktivitas Nitrat Reduktase Tanaman Jagung

Pengelolaan serasah jagung-kedelai pada sistem tumpangsari menunjukkan pengaruh interaksi yang sangat nyata ($P < 0,01$) pada kandungan nitrat reduktase tanaman jagung pada umur 55 HST, demikian pula dengan faktor tunggalnya (Tabel 5).

Pola tumpangsari 1:2 dengan pembenaman biochar jagung+kedelai menghasilkan aktivitas nitrat reduktase

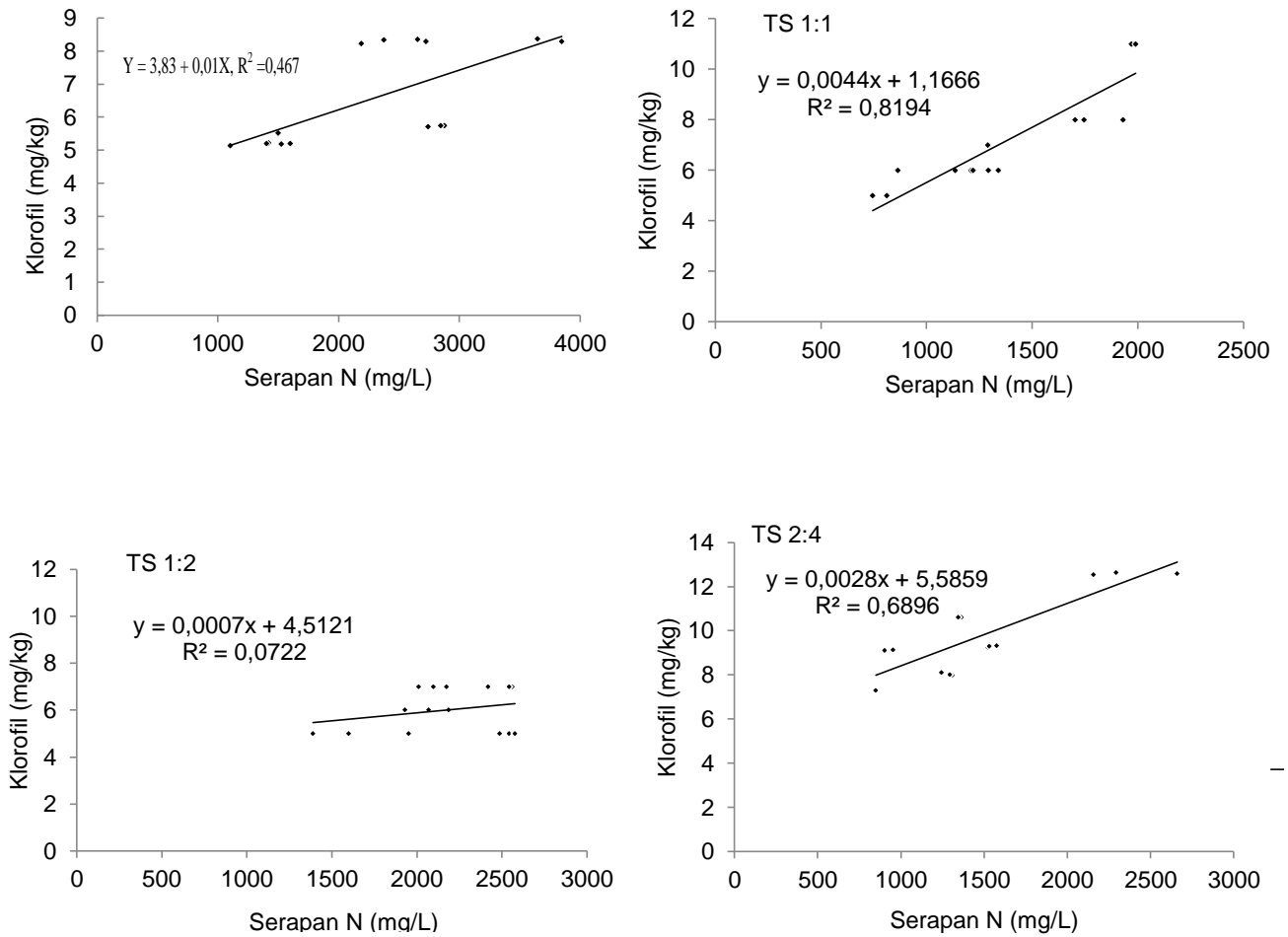
tertinggi (9710,86 $\mu\text{mol NO}_2^{-1}\text{g}^{-1}\text{jam}^{-1}$). Hal ini dimungkinkan karena ruang yang digunakan untuk tanaman jagung dengan jarak tanam (40 x 100 cm) lebih memungkinkan untuk mendapatkan energi cahaya matahari lebih baik dibanding dengan pola lainnya sehingga meningkatkan aktivitas nitrat reduktase tanaman jagung karena cahaya akan meningkatkan aktivitas nitrat reduktase melalui pemutusan nitrat (Isnaini *et al.* 2009). Cahaya berkaitan erat dengan pembentukan nitrat, melalui proses asimilasi ion NO_3^- menjadi NO_2^- dan ion NH_3^+ menjadi asam amino di mana aktivitas nitrat reduktase memengaruhi sintesis asam amino (Noggle & Fritz 1983; Suryono 2016).

Peningkatan ANR diduga secara nyata berhubungan dengan kadar air pada jaringan yang dapat ditingkatkan melalui penggunaan serasah dan biochar (Duong *et al.* 2017; Santi & Gunardi 2010) sehingga dapat memacu pembukaan stomata dan berakibat pada peningkatan aktivitas nitrat reduktase. Diketahui bahwa penutupan stomata menghambat suplai CO_2 ke dalam sel-sel mesofil sehingga konsentrasi CO_2 dalam daun menurun (Fitriani *et al.* 2012). Karena bahan baku fotosintesis adalah CO_2 sehingga jika kadar CO_2 dalam daun rendah dapat memengaruhi laju fotosintesis untuk menghasilkan energi melalui proses perombakan senyawa karbohidrat dan O_2 (Sukmawati *et al.* 2015). Kandungan NADPH yang rendah memengaruhi laju fotosintesis karena NADP merupakan energi yang terbentuk pada fotosintesis reaksi terang (Suyatman 2020) sehingga jika pasokan NADPH₂ rendah berakibat pada penurunan aktivitas ANR (Qomaria 2019). Selanjutnya Baroowa & Gogoi (2014) melaporkan ANR menurun hingga 48–19% karena defisit air pada fase vegetatif, sementara itu penggunaan biochar dapat menahan air (Chan *et al.* 2008) dan juga

Tabel 4 Rata-rata kadar klorofil a, b, dan total tanaman jagung pada pertanaman monokultur dan pola tumpangsari yang ditambahkan serasah jagung dan kedelai serta biocharnya pada umur 45 HST

Pola tanam, serasah tanaman	Kadar klorofil (mg.L^{-1})		
	Klorofil a	Klorofil b	Total klorofil
Mono jagung tanpa serasah	6,33 ⁱ	2,00 ^d	8,32 ^e
Mono jagung, serasah jagung	4,18 ^d	1,57 ^{bc}	5,74 ^b
Mono jagung, serasah kedelai	4,15 ^d	1,10 ^a	5,22 ^{ab}
Mono jagung, serasah jagung+kedelai	3,72 ^c	1,59 ^{bc}	5,29 ^{ab}
Mono jagung, biochar jagung+kedelai	5,93 ^h	2,41 ^f	8,33 ^b
TS jagung+kedelai (1:1), tanpa serasah	3,53 ^{bc}	1,90 ^{cd}	5,48 ^{ab}
TS jagung+kedelai 1:1, serasah jagung	6,15 ^{hi}	2,07 ^{de}	8,20 ^e
TS jagung+kedelai 1:1, serasah kedelai	4,34 ^{de}	1,50 ^b	5,84 ^b
TS jagung+kedelai 1:1, serasah jagung+ kedelai	7,34 ⁱ	3,25 ^h	10,57 ^{gh}
TS jagung+kedelai 1:1, biochar jagung+ kedelai	4,53 ^e	1,77 ^c	6,45 ^c
TS jagung+kedelai (1:2), tanpa serasah	5,08 ^f	2,28 ^e	7,35 ^d
TS jagung+kedelai 1:2, serasah jagung	4,27 ^{de}	2,00 ^d	6,26 ^{bc}
TS jagung+kedelai 1:2, serasah kedelai	4,89 ^f	2,09 ^{de}	6,98 ^{cd}
TS jagung+kedelai 1:2, serasah jagung+kedelai	3,12 ^a	1,89 ^{cd}	5,00 ^a
TS jagung+kedelai 1:2, biochar jagung+kedelai	3,33 ^b	1,63 ^{bc}	5,00 ^a
TS jagung+kedelai (2:4), tanpa serasah	6,53 ⁱ	2,40 ^f	8,49 ^e
TS jagung+kedelai 2:4, serasah jagung	2,70 ^a	9,86 ⁱ	12,59 ⁱ
TS jagung+kedelai 2:4, serasah kedelai	5,65 ^g	2,39 ^f	8,03 ^e
TS jagung+kedelai 2:4, serasah jagung+kedelai	6,43 ⁱ	2,86 ^g	9,29 ^f
TS jagung+kedelai 2:4, biochar jagung+kedelai	7,61 ^k	3,02 ^{gh}	10,61 ^h

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 1%.



Gambar 1 Grafik regresi hubungan antara kadar klorofil dan serapan N tanaman jagung pada berbagai pola pertanaman dan pembenaman serasah jagung, kedelai serta biochar jagung+kedelai.

Tabel 5 Rata-rata aktivitas nitrat reduktase (ANR) tanaman jagung pada sistem monokultur dan pola tumpangsari dengan serasah tanam jagung dan kedelai serta biocharnya

Pola tanam	Serasah tanaman				
	Kontrol	Jagung	Kedelai	Jagung + Kedelai	Biochar Jagung+Kedelai
.....	..Aktivitas nitrat reduktase (µmol NO ₂ ⁻ /g/jam).....				
Mono jagung	6653,00 ^{lm}	4038,05 ^c	4698,80 ^f	3498,42 ^b	4637,55 ^{ef}
TS Jagung kedelai 1:1	4408,81 ^d	3009,65 ^a	3322,80 ^b	4996,97 ^{gh}	5080,93 ^h
TS jagung kedelai 1:2	7180,59 ^{pq}	6267,49 ^j	6779,48 ⁿ	7695,74 ^r	9710,86 ^s
TS Jagung+kedelai 2:4	7188,50 ^{pq}	5981,26 ⁱ	6735,29 ^{mn}	6389,56 ^k	6950,81 ^o

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 1%.

meningkatkan C-organik tanah (Salawati *et al.* 2016) yang dapat mengikat air sehingga ANR meningkat akibat penggunaan serasah dan biochar.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa serasah jagung, kedelai atau yang mengandung serasah kedelai, jagung, dan biocharnya pada pola tumpangsari yang berbeda memengaruhi aktivitas nitrat reduktase, kadar N, serapan nitrogen, kadar klorofil tanaman jagung secara nyata. Peningkatan

aktivitas nitrat reduktase tertinggi (9710,86 µmol NO₂⁻ 1g⁻¹ jam⁻¹), serapan N (2237 mg.kg⁻¹), kadar N jaringan (4,33%, dan kadar total klorofil (10,61 mg.l⁻¹) tanaman jagung dihasilkan pada pola tumpangsari jagung dan kedelai (1:2), dan (2:4) dengan pembenaman biochar jagung+kedelai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Tim laboran Laboratorium Ilmu-ilmu Tanah Universitas Tadulako dan kepala dan staf Badan Pengkajian dan Penerapan

Teknologi Pertanian (BPPTP) Sulawesi Tengah yang telah banyak membantu dan mendukung pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad M, Khan MJ, Muhammad D. 2013. Response of maize to different phosphorous levels under calcareous soil conditions. *Sarhad Journal Agriculture*. 29(1): 43–48.
- Arif M, Ali A, Umair M, Munsif, Ali K, Inamullah M, Saleem, Ayub G. 2012. Effect of Biochar, FYM and mineral nitrogen alone and in combination on yield and yield component of maize. *Sarhad Journal Agriculture*, 28(2): 191–195.
- Aleksandra U, Pawel R, Debowska WW, Elzbieta R. 2021. Understanding Maize Response to Nitrogen Limitation in Different Light Conditions For the Improvement of Photosynthesis. *Plants*. 10: 19–32. <https://doi.org/10.3390/plants10091932>
- Alnopri. 2004. Optimasi prosedur assay aktivitas nitrat reduktase Daun Mangis. *Bengkulu Jurnal Akta Agrosia*. 7(2): 62–66.
- Baroowa B, Gogoi N. 2014. Biochemical Changes In Black Gram and Green Gram Genotypes after Imposition of Drought Stress. *Journal of Food Legumes*. 27(4): 350–353.
- Bilijana B, Marcovic A. 2009. Correlation Between Nitrogen and Chlorophyll Content In Wheat (*triticum aestivum* L). *Kragujevac J.Sci*. 31: 69–74.
- Chan KY, Van Zwieten BL, Meszaros I, Downie D, Joseph S. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*. 46: 437–444. <https://doi.org/10.1071/SR08036>
- Clevers JGPW, Kooistra L. 2012. Using hyperspectral remote sensing data for retrieving canopy chlorophyll and nitrogen content. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 5: 574–583. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2011.2176468>
- Congreves KA, Voroney RP, O'Halloran IP, Van Eerd LL. 2013. Broccoli Serasahe-Derivat Nitrogen Immobilization Following Amendments of Organic Carbon: an Incubation. *Soil Science*. 93: 23–31. <https://doi.org/10.4141/cjss2011-092>
- Dierolf T, Fairhurst. T and Ernst. M, 2001. *Soil Fertility Kit* a toolkit for acid, upland soil fertility management in Southeast Asia. P. 149. PPI, PT Jasa Katom, ProRLK, GTZ GmbH, dan Kalimantan Upland Farming (KUF).
- Dillip K, Biswas, Ma BL. 2016. Effect of Nitrogen rate and Fertilizer Nitrogen source on Physiology, Yield, Grain Quality, and Nitrogen Use Efficiency in Corn. *Canadian Journal of Plant Sciences*. 96: 392–403. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0186>
- Duong VUT, Khanh NM, Nguyen NTH, Phi NN, Duc NT, Xo DH. 2017. Impact of Biochar on the Water Holding Capacity and Moisture of Basalt and Grey Soil. *Journal of Science Ho Chi Minh City Open University*. 7(2): 36–43.
- Ende S. 2021. Nitrogen Dynamic in the corn-Soybean Intercropping Pattern Due To Application Serasahe of Corn, Soybean and Biochar. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*. 55(2): 172–182.
- Fitriani J, Pukan KK, Herlina L. 2012. Aktivitas Enzim Nitrat reduktase Kedelay Akibat Variasi Kadar Air Tanah pada Awal pengisian Polong. *Unes Journal of Life Science*. 1(1): 13–21.
- Gastal F, Lemaire G. 2002. N Uptake and Distribution in Crops: an Agronomical and Ecophysiological Perspective. *Journal of Experimental Botany*. 53(370): 789–799. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.789>
- Gomez KA. dan Gomez A.A. 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. Diterjemahkan oleh: E. Sjamsuddin dan J.S. Baharsjah. Jakarta (ID): UI Press.
- Harbone JB. 1987. Metode Fitokimia: *Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan*. Diterjemahkan oleh : Kosasi Padmawinata dan Iwang Sudiro. Bandung (ID): Penerbit ITB Bandung.
- Isnaini CL, Endang A. 2009. Nitrogen Content, Nitrate Reductase Activity, and Biomass of Kimpul (*Xantosoma sagittifolium*) on shade and Nitrogen Fertilizer Variation. *Bioscience*. 1(2): 65–71.
- Kripa A, Bandari S, Aryal KM, Mahato, Shrena J. 2021. Effect of Different Levels Of Nitrogen On Growth and Yield of Hybrid Maize (*Zea mays* L) Varieties. *Journal of Agriculture and Natural Research*. 4(2): 48–46. <https://doi.org/10.3126/janr.v4i2.33656>
- Mengel K, Kirkby EA, Kosegarten H, Appel T. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th (Ed) Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2>
- Noggle GR, Fritz GI. 1983. *Introductory to Plant Physiology*. New Jersey (US): Prentice Hall.
- Paynel F, Murray PJ, Cliquet JB. 2001. Root exudates: a pathway for short-term N transfer from clover and ryegrass. *Plant and Soil Science*. 229: 235–243. <https://doi.org/10.1023/A:1004877214831>
- Qomaria UKN. 2019. Aktivitas Nitrat Reduktase *Capsicum Annum* L secara In Vitro dengan Spektrofometri. *Exact papers in Compilation*. 1(2): 95–100.

- Salawati, Basir M, Kadekoh I, Thaha AR. 2016. Potensi Biochar Sekam Padi Terhadap Perubahan pH, KTK, C Organik dan P Tersedia pada Tanah Sawah Inceptisol. *Agroland*. 23(2): 101–109. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.4.630>
- Salawati, Ende S, Basir M, Kadekoh I, Thaha AR. 2021. Peningkatan Kadar Zn Beras Peach-Kulit pada System Penggenangan Berselang, Melalui Aplikasi Pupuk Kandang di Perkaya Zn Heptahidrat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 26(4): 630–638.
- Santi LP, Goenadi DH. 2010. Pemanfaatan biochar Sebagai Pembawa Mikroba untuk Pemantapan Agregat Tanah Ultisol dari Taman Bogo-Lampung. *Menara Perkebunan*. 78(2): 52–60.
- Schlemmer M, Gitelson AA, Schepers AAJ, Ferguson RY, Peng J, Shanahan. 2013. Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 25: 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.04.003>
- Sukmawati T, Fitrihidajati H, Indah NK. 2015. Penyerapan Karbon Dioksida pada Tanaman Hutan Kota di Surabaya. *Letera Bio*. 4(1): 108–111.
- Suryono E. 2016. Analisis Nitrat Reduktase Secara “In-Vivo” Pada Tanaman Jagung, Kacang Hijau, Tebu, Uwi Dan Cabai. *Integrated Lab Journal*. 4(1): 11–18.
- Suyatman. 2020. Menyelidiki energy pada Fotosintesis Tumbuhan. *Journal Inkuiri*. 9(2): 134–140. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50085>
- Trannin WS, Urquiza S, Guerra G, Ibijbjen J, Cadisch, G. 2000. Interspecies competition and N transfer in a tropical grass-legume mixture. *Biol. Fertility Soils*. 32: 441–448. <https://doi.org/10.1007/s00374-0000271>
- Yuwariah YD, Ruswandi, Irwan AW. 2017. Pengaruh Pola Tanam Tumpangsari Jagung dan Kedelai terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Hibrida dan Evaluasi Tumpangsari di Arjasari kabupaten Bandung. *Jurnal Kultivasi*. 16(3): 514–521. <https://doi.org/10.24198/kltv.v16i3.14377>
- Zhang XC, Shangguan ZP. 2007. Nitrogen Regulatory Metabolism in leaf membrane superoxidation on winter wheat with different drought resistant abilities. *Plant Nutrition. Fertility Science*. 13(1): 106–112.
- Ziadi N, Brassard M, Belanger G, Cambouris AN, Tremblay N, Nolin MC, Claessens A, Parent LE. 2008. Critical Nitrogen Curve and Nitrogen Nutrition Index For Corn in Eastern Canada. *Agronomy Journal*. 100(2): 271–276. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0059>