

Pengaruh Berbagai Teknik Pengolahan Tanah yang ditambahkan Bioamelioran terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tumpangsari Jagung dan Kedelai di Lahan Kering

Effect of Various Tillage Techniques added with Bioameliorants on Growth and Yield of Corn and Soybean Intercropping in Drylands Soybean on Dry Land

Nurul Fabilla^{1*}, Wahyu Astiko², M. taufik Fauzi²

¹(Mahasiswa S1, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

²(Dosen Pembimbing, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

*corresponding author, email: nurulfabilla777@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai teknik pengolahan tanah yang ditambahkan bioamelioran terhadap pertumbuhan dan hasil tumpangsari jagung dan kedelai di lahan kering. Percobaan ini dilakukan di Desa Pemenang Barat Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara. Pengamatan mikoriza dan status hara tanah dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat ulangan dan lima perlakuan teknik pengolahan tanah, yaitu O0 : tanpa olah tanah, O1 : tanpa olah tanah hanya disemprot herbisida pra tumbuh menggunakan herbisida Gramoxone 276 SL dengan konsentrasi 30ml/liter air, disemprot secara merata sebelum tanam pada petak perlakuan, O2 : pengolahan tanah minimum hanya dicangkul saja pada petak tempat tanam, O3 : pengolahan tanah sederhana yang dicangkul dan diratakan, O4 : pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan.. Hasil penelitian ini menunjukkan (1) Perlakuan pengolahan tanah intensif dan lengkap (dicangkul, digembur, diratakan) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen tumpangsari jagung dan kedelai. (2) Perlakuan pengolahan tanah intensif dan lengkap (dicangkul, digembur, diratakan) dapat meningkatkan perkembangan mikoriza arbuskula (MA) dengan meningkatnya jumlah spora mikoriza di dalam tanah dan persentase kolonisasi MA pada akar. (3) Perlakuan pengolahan tanah intensif dan lengkap (dicangkul, digembur, diratakan) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil bobot biomassa basah dan kering jagung dan kedelai.

Kata kunci: jagung; kedelai; bioamelioran

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of various tillage techniques added with bioameliorant on the growth and yield of corn and soybean intercropping. This experiment was conducted in West Pemenang Village, Pemenang District, North Lombok Regency. Observations of mycorrhiza and soil nutrient status were carried out at the Microbiology Laboratory, Faculty of Agriculture, Mataram University. The experimental design used was a Randomized Group Design (RAK) with four replications and five treatments of tillage techniques, namely O0: no tillage, O1: no tillage only sprayed with pre-emergent herbicide using Gramoxone 276 SL herbicide with a concentration of 30ml/liter of water, sprayed evenly before planting on the treatment plots, O2: minimum tillage only hoeing the planting plots, O3: simple tillage hoeing and leveling, O4: intensive tillage by hoeing, loosening, and leveling. The results of this study showed (1) Intensive and complete tillage treatment (hoeing, digging, leveling) can increase the growth and yield of corn and soybean intercropping. (2) Intensive and complete tillage treatments (hoeing, digging, leveling) can increase the development of arbuscular mycorrhiza (MA) by increasing the number of mycorrhizal spores in the soil and the percentage of MA colonization on the roots. (3) Intensive and complete tillage treatments (hoeing, loosening, leveling) can increase the growth and yield of wet and dry biomass weights of corn and soybean

Keywords: corn; soybean; bioameliorant

PENDAHULUAN

Jagung dan kedelai merupakan komoditas pangan yang kebutuhannya di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Menurut BPS (2022) produktivitas jagung nasional mencapai 57,08 ku/ha, sementara produktivitas kedelai sebesar 15,43 ku/ha. Kebutuhan jagung dan kedelai yang terus meningkat tidak diimbangi dengan peningkatan produksi secara regional. Oleh karena itu salah satu usaha pemenuhan kebutuhan konsumsi jagung dan kedelai dapat dilakukan dengan peningkatan luas area tanam melalui pemanfaatan lahan kering. Usaha pengembangan lahan kering menjadi solusi terbaik mengingat jumlahnya yang cukup luas. Luas lahan kering di Nusa Tenggara Barat (NTB) mencapai 1,8 juta ha (84,19%) dari luas wilayah daratan, dan ada sekitar 749,000 ha yang berpotensi untuk dikembangkan untuk tanaman pangan (Suwardji, 2013). Dari potensi daya lahan kering di NTB kabupaten Lombok Utara memiliki potensi lahan kering sekitar 38,000 ha untuk pengembangan tanaman pangan (Suwardji, 2007).

Namun, pengelolaan lahan kering memiliki berbagai kendala, diantaranya yaitu distribusi curah hujan yang tidak merata dan rendahnya kualitas kesuburan tanah yang dapat menurunkan hasil, bahkan gagal panen (Yazar dan Ali, 2017). Hal ini bisa menjadi lebih parah jika teknik pengolahan tanah di lahan kering tidak tepat yang dapat menyebabkan erosi tanah dan menyebabkan tanah menjadi lebih pourus. Oleh karena itu salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan pengolahan tanah yang tepat disertai dengan penambahan bahan bioamelioran ke dalam tanah.

Pengolahan tanah ialah kegiatan manipulasi mekanik terhadap tanah untuk menciptakan keadaan tanah yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Berbagai sistem pengolahan tanah akan berpengaruh terhadap pemadatan tanah dan kandungan kadar bahan organik tanah (Fuady, 2010). Pengolahan tanah dapat dilakukan dengan beberapa metode tergantung tingkat kepadatan tanah dan tingkat porositas tanah yang diinginkan. Aplikasi herbisida juga merupakan bagian tak terpisahkan yang dilakukan pada kegiatan pengolahan tanah yang akan berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme tanah terutama jika campuran senyawa kimia itu diaplikasikan berulang kali selama bertahun-tahun. Menurut Dermiyati (1997) sebagian besar herbisida yang diaplikasikan ke tanaman akhirnya akan jatuh ke tanah, kemudian mengalami perubahan dan dalam waktu tertentu akan terjerap oleh fraksi liat dan bahan organik dalam tanah, sebagai residu herbisida. Residu herbisida beracun dalam tanah dapat membunuh mikroba tanah, yang sebenarnya bukan targetnya (*nontarget microorganism*) sehingga mengganggu aktivitas mikroorganisme tanah yang pada akhirnya dapat mempengaruhi siklus hara di dalam tanah.

Pengolahan tanah untuk memperbaiki aerasi tanah yang baik untuk perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman. Pada umumnya dalam usaha tani tanaman pangan di lahan kering dilakukan olah tanah intensif sejak awal tanam tanpa memanfaatkan sisa tanaman, yang disebut juga pengolahan tanah konvensional. Selain membutuhkan waktu dan tenaga yang besar, pengolahan tanah konvensional dapat mempercepat kerusakan struktur dan komposisi bahan organik tanah, yang pada gilirannya akan meningkatkan laju erosi, terutama di lahan berlereng (Arsyad, 2001).

Pengelolaan lahan kering memiliki kendala spesifik terutama berkaitan dengan faktor pembatas biofisik lahan yang rendah kualitas kesuburan tanahnya yang di cirikan dengan rendahnya ketersediaan hara, miskinnya bahan organik tanah (BOT) serta keterbatasan ketersediaan air bagi tanaman (Suzuki & Noble, 2007). Faktor tersebutlah yang kerap kali disinyalir sebagai penyumbang terbesar terhadap fenomena gagal panen dan rendahnya produktivitas tanaman di lahan kering serta makin merosotnya kualitas kesuburan tanah dan makin rentannya tanah terhadap proses degradasi (Bastida *et al*, 2010).

Oleh karena itu, perlu upaya untuk mengatasi kendala biofisik lahan kering yang pengairannya sangat tergantung hanya dari curah hujan. Salah satu upayanya adalah dengan melakukan pengolahan tanah secara intensif dan disertai dengan penambahan bioamelioran yang merupakan campuran agen hayati seperti mikoriza dan pembenah tanah (amelioran) seperti pupuk kandang, kompos dan arang sekam padi. Bahan amelioran organik mempunyai peranan penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Astiko *et al*, 2023; Rasyid, 2018). Peranan terhadap fisik tanah antara lain sebagai bahan perekat antar partikel tanah untuk bersatu menjadi agregat tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas tanah, meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air (Simamarta *et al*, 2019). Selain itu, penambahan mikoriza indigenus pada amelioran dapat

meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman yang dapat meningkatkan efisiensi akar tanaman untuk menyerap unsur hara sebesar dua sampai tiga kali lipat (Simamarta *et al*, 2016; Khan, 2018). Penambahan bioamelioran ke dalam tanah adalah salah satu cara yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan perubahan iklim. Bioamelioran yang diperkaya dengan ekstrak organik dan nutrisi dapat meningkatkan kesehatan tanah dan kesuburan tanah secara berkelanjutan (Ram dan Masto, 2014). Di sisi lain, efisiensi penggunaan lahan dapat ditingkatkan dengan pola tanam tumpangsari jagung dengan kedelai di lahan kering. Kemampuan pola tumpangsari ini dapat memperbaiki tingkat kesuburan tanah melalui fiksasi nitrogen tanaman legume (Lithourgidis, 2011). Keberhasilan tumpangsari antara jagung dan kedelai ditentukan oleh ketersediaan unsur hara di dalam tanah, terutama ketersediaan unsur N dan P dibandingkan pola monokultur. Berdasarkan uraian di atas, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai teknik pengolahan tanah yang ditambahkan bioamelioran terhadap pertumbuhan dan hasil tumpangsari jagung dan kedelai.

BAHAN DAN METODE

Metode Penelitian, Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2023 dengan melakukan percobaan di Desa Pemenang Barat Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara. Pengamatan mikoriza dan status hara tanah dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa oven, timbangan, mikroskop binokuler, magnetik stirrer, gelas piala, pinset, saringan bertingkat, sentrifuse, corong, petri, sekop, cangkul, sabit, meteran, hand counter dan alat tulis menulis. Sedangkan Bahan-bahan yang akan digunakan dalam percobaan ini adalah benih jagung varietas "NK 212" (deskripsi di Lampiran 3), kedelai varietas "DEGA 1" (deskripsi di Lampiran 4.), jamur mikoriza, pupuk kandang sapi, arang sekam padi, kompos, pupuk anorganik (Urea dan Phonska), pestisida OrgaNeem, herbisida Gramoxone, pupuk daun Green Tonik, tali rafia, kantong plastik, tisu, kertas label, contoh tanah, sampel akar, *metilin blue*, *lactogliserin* 5%, KOH 10%, sukrosa, aquades, dan kertas saring.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 pengulangan dan 5 perlakuan pengolahan tanah pada jagung dan kedelai yaitu O0: Tanpa olah tanah, O1: Tanpa olah tanah dengan penyemprotan herbisida pra tumbuh, O2: Olah tanah minimum, O3: Olah tanah sederhana, O4: Olah tanah intensif. Setiap perlakuan diulang empat kali sehingga diperoleh sebanyak 20 petak percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan percobaan di mulai dari pembersihan lahan yang akan digunakan. kemudian dibuat petakan-petakan sebagai tempat perlakuan pengolahan tanah dengan ukuran setiap petak percobaan yaitu 5,5 m x 5,5 m kemudian tanah di olah menggunakan cangkul, dibuat saluran irigasi antar petak selebar 50 cm dan tinggi bedengan setinggi 30 cm. Kemudian Benih yang digunakan adalah jenis benih jagung hibrida varietas "NK 212". NK 212 memiliki kemampuan beradaptasi di lahan tadah hujan (tegalan) dan lahan sawah dengan kondisi tanah yang marjinal serta kekurangan air. Sedangkan jenis benih kedelai yang digunakan yaitu varietas "DEGA 1". Kedelai Dega 1 merupakan varietas yang memiliki keunggulan umur genjah yaitu dapat dipanen 70-73 hari setelah tanam. Selain berumur genjah, Dega 1 juga memiliki keunggulan tahan rebah dan agak tahan terhadap penyakit karat daun dan agak tahan pecah polong.

Pelaksanaan percobaan dimulai dengan perbanyak isolat mikoriza pada pot kultur dilakukan dengan menggunakan tanaman inang jagung dengan media campuran tanah dan pupuk kandang sapi steril (50% : 50%) sebanyak 5 kg. Inokulan mikoriza ini kemudian dicampur homogen dengan pupuk kandang sapi, arang sekam padi dan kompos dengan persentase perbandingan 25% : 25% : 25% : 25%. Campuran amelioran ini kemudian disaring dengan saringan diameter 2 mm dan produk akhir amelioran ini adalah berbentuk tepung. Pemberian bioamelioran plus mikoriza dilakukan pada saat tanam. Bioamelioran plus mikoriza yang berbentuk tepung diletakkan di kedalaman \pm 10 cm secara merata membentuk suatu lapisan.

Penanaman bibit jagung dilakukan dengan cara ditugal. Masing-masing lubang diisi 2 benih jagung dengan jarak tanam jagung 60 x 40 cm. Pemupukan dilakukan dengan pemberian pupuk dasar anorganik dengan aplikasi

setengah dosis rekomendasi yaitu pupuk urea 175 kg ha⁻¹ dan phonska 125 kg ha⁻¹(Astiko *et al.*, 2016c). Pemeliharaan tanaman meliputi penyiangan setiap ada gulma yang tumbuh dengan cara mencabutnya. Pengairan tanaman dilakukan tergantung curah hujan dilapangan atau dengan cara digembor jika tidak ada hujan. Perlindungan tanaman dilakukan dengan menggunakan fungisida organik Azadirachtin dengan nama dagang Orga Neem dengan konsentrasi 3 ml/liter air dengan cara disemprot dengan interval 7 hari sekali. Pemanenan tanaman jagung dilakukan setelah tanaman berumur 56 hst. Panen dilakukan dengan mengambil tongkol dari batangnya dengan cara mematahkan.

Parameter

Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi, tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah tajuk dan akar, bobot kering tajuk dan akar, bobot tongkol dan polong kering per tanaman, panjang tongkol dan polong, diameter tongkol dan polong, bobot pipil biji per petak, bobot 100 butir biji jagung dan kedelai, jumlah spora mikoriza, persentase infeksi pada akar.

Analisi Data

Semua data hasil pengamatan di analisa menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf nyata 5% (menggunakan co-Stat). Hasil analisis keragaman yang menunjukkan beda nyata, diuji lanjut dengan menggunakan uji bedan yata jujur (BNJ) pada taraf nyata yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O₄) memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun dibandingkan dengan kontrol (tanpa pengolahan tanah) pada saat tanaman berumur 14 – 70 HST (Tabel 1 dan Tabel 2). Seiring berjalannya waktu pada tabel tersebut menunjukkan tren perkembangan tinggi tanaman dan jumlah daunnya pada perlakuan pengolahan tanah intensif dengan cara dica ngkul, digemburkan, dan diratakan (O₄) adalah yang tertinggi dan pada umur 70 HST berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (tanpa pengolahan tanah).

Tabel 1. Pertumbuhan Tinggi Tanaman pada Beberapa Teknik Pengolahan Tanah Jagung dan Kedelai

Olah Tanah	Tinggi Tanaman (cm)				
	14 hst	28 hst	42 hst	56 hst	70 hst
Jagung					
O0	15,50 ^b	35,16 ^b	69,00 ^b	125,5 ^b	128,01 ^d
O1	21,33 ^{ab}	65,16 ^a	87,33 ^b	161,83 ^a	154,01 ^c
O2	22,33 ^{ab}	66,83 ^a	102,50 ^a	165,83 ^a	181,66 ^b
O3	22,83 ^{ab}	68,66 ^a	104,66 ^a	165,16 ^a	190,66 ^b
O4	27,50 ^a	71,00 ^a	116,50 ^a	175,16 ^a	216,50 ^a
BNJ 5%	4,85	21,08	27,55	15,25	19,01
Kedelai					
O0	12,16 ^b	19,83 ^b	28,00 ^b	42,16 ^a	46,33 ^a
O1	16,50 ^{ab}	26,16 ^a	33,66 ^{ab}	40,16 ^a	50,83 ^a
O2	17,00 ^a	28,50 ^a	33,83 ^{ab}	40,83 ^a	49,50 ^a
O3	17,66 ^a	30,16 ^a	38,83 ^a	44,66 ^a	50,83 ^a
O4	18,50 ^a	31,33 ^a	39,00 ^a	45,5 ^a	51,50 ^a
BNJ 5%	4,64	5,21	9,96	5,72	8,97

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%. O₀: tanpa olah tanah, O₁: tanpa pengolahan tanah hanya disemprot herbisida pra tumbuh sebelum tanam, O₂: pengolahan tanah minimum hanya dicangkul saja, O₃: pengeolahan tanah sederhana dicangkul dan diratakan, O₄: pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan.

Tabel 2. Pertumbuhan Jumlah Daun pada Berbagai Teknik Pengolahan Tanah Jagung dan Kedelai

Olah Tanah	Jumlah Daun (cm)				
	14 hst	28 hst	42 hst	56 hst	70 hst
Jagung					
O0	3,83 ^b	7,30 ^b	9,33 ^c	10,50 ^b	12,50 ^a
O1	5,33 ^a	9,00 ^a	10,16 ^{abc}	11,66 ^{ab}	13,50 ^a
O2	5,50 ^a	9,10 ^a	10,50 ^{abc}	11,01 ^{ab}	13,33 ^a
O3	5,50 ^a	9,30 ^a	10,83 ^a	12,50 ^a	14,50 ^a
O4	5,50 ^a	9,50 ^a	11,33 ^a	13,01 ^a	15,01 ^a
BNJ 5%	0,75	1,45	1,32	1,15	1,28
Kedelai					
O0	1,00 ^b	3,00 ^b	7,16 ^b	8,50 ^c	9,66 ^b
O1	1,16 ^{ab}	4,00 ^{ab}	8,16 ^{ab}	9,50 ^{abc}	9,83 ^{ab}
O2	1,33 ^{ab}	4,16 ^{ab}	8,33 ^a	9,66 ^{abc}	11,50 ^a
O3	1,66 ^b	4,16 ^{ab}	8,66 ^a	9,83 ^{ab}	12,50 ^a
O4	2,00 ^a	4,83 ^a	9,83 ^a	10,66 ^a	12,66 ^a
BNJ 5%	0,58	1,40	2,50	1,31	1,76

Pengolahan tanah intensif (O4) memberikan rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih banyak. Hal ini disebabkan dengan pengolahan tanah intensif menjadikan tanah menjadi remah dan gembur sehingga akar tanaman lebih mudah masuk ke dalam tanah dan lebih mudah menyerap unsur hara yang terdapat didalam tanah yang dipergunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya.

Sistem perakaran tanaman dikendalikan oleh sifat genetik dari tanaman tersebut dan dipengaruhi oleh kondisi tanah atau media tumbuh tanaman. Kondisi tanah dengan pengolahan tanah intensif akan mempengaruhi pola penyebaran akar yaitu hambatan mekanis tanah, suhu tanah, aerasi, ketersediaan air dan ketersediaan unsur hara (Lakitan, 2013). Olah tanah akan menghasilkan kondisi kegemburan tanah yang baik untuk pertumbuhan akar, sehingga membentuk struktur dan aerasi tanah lebih baik dibanding tanpa olah tanah (Rachman et al, 2004). Struktur dan aerasi yang baik akan memberikan ruang gerak akar yang lebih mudah dan leluasa sehingga kemampuan akar menyerap unsur hara, air dan oksigen lebih besar serta proses fotosintesis dapat berlangsung lancar.

Selain menyerap unsur hara, akar tanaman yang masuk ke dalam tanah juga akan menyerap air yang dipergunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain sebagai bahan baku fotosintesis air juga berfungsi sebagai senyawa utama pembentuk protoplasma, menjaga turgiditas sel dan berperan sebagai tenaga mekanik dalam pembesaran sel dan perpanjangan sel dan mengatur mekanisme gerakan tanaman seperti membuka dan menutupnya stomata, membuka dan menutupnya bunga serta melipatnya daun-daun tanaman tertentu (Osakabe et al, 2014). Hal inilah yang menyebabkan jumlah daun berbeda nyata untuk setiap perlakuan pada penelitian ini. Tinggi tanaman dan jumlah daun dipengaruhi oleh genotipe dan faktor lingkungan, faktor lingkungan yang berpengaruh adalah faktor tanah, air, cahaya dan unsur hara. Pengolahan tanah intensif dapat memberikan tinggi dan jumlah daun yang terus bertambah pada semua umur pengamatan pada tanaman (Intara et al, 2011).

Penambahan jumlah daun pada akhirnya akan mempengaruhi tinggi, yang dapat dilihat pada hasil penelitian ini bahwa tinggi tanaman dan jumlah daun terbaik diperoleh pada perlakuan O4 (pengolahan tanah intensif). Tanaman yang mempunyai daun yang lebih banyak pada awal pertumbuhannya, tanaman akan lebih cepat tumbuh karena kemampuan menghasilkan fotosintesis yang lebih tinggi dari tanaman dengan jumlah daun yang lebih rendah, jumlah daun tanaman akan mempengaruhi pertumbuhan jaringan tanaman yang lain (Hunt, 2012).

Jumlah Spora Mikoriza dan Infeksi Mikoriza

Hasil analisis keragaman menunjukkan pengaruh perlakuan pengolahan tanah intensif memberikan pengaruh yang nyata. Selanjutnya dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan uji BNJ 5% yang menghasilkan perlakuan pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O4) berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol, tanpa pengolahan tanah (O0) pada parameter jumlah spora (per 100 g tanah) dan kolonisasi akar (%) tanaman jagung dan kedelai pada umur 42 dan 70 HST (Tabel 3 dan Tabel 4).

Tabel 3. Rerata Jumlah Spora (per 100 g Tanah) dan Kolonisasi Mikoriza (%) pada Perlakuan Pengolahan Tanah di Tumpangsari Jagung

Perlakuan Olah Tanah	Jagung			
	Jumlah Spora		Kolonisasi akar	
	42 hst	70 hst	42hst	70 hst
O0	383,00 ^d	573,01 ^d	31,66 ^c	57,33 ^c
O1	628,00 ^c	748,01 ^c	66,00 ^b	86,33 ^b
O2	641,00 ^c	761,01 ^c	74,33 ^b	94,33 ^b
O3	1288,33 ^b	1486,33 ^b	84,33 ^a	104,33 ^a
O4	1438,33 ^a	1648,33 ^a	89,33 ^a	109,33 ^a
BNJ 5%	10,53	10,53	5,80	5,48

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%. Keterangan perlakuan lihat Tabel 1.

Pada Tabel 3 dan Tabel 4, nilai jumlah spora dan persentase kolonisasi tertinggi terdapat pada perlakuan pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O₄).

Tabel 4. Rerata Jumlah Spora (per 100 g Tanah) dan Kolonisasi Mikoriza (%) pada Perlakuan Pengolahan Tanah di Tumpangsari Kedelai.

Perlakuan Olah Tanah	Kedelai			
	Jumlah Spora		Kolonisasi akar	
	42 hst	70 hst	42 hst	70 hst
O0	800,00 ^c	1150,01 ^b	27,66 ^d	57,66 ^d
O1	1172,56 ^b	1352,66 ^{ab}	58,33 ^c	78,33 ^c
O2	1194,66 ^b	1374,66 ^{ab}	61,66 ^c	81,66 ^c
O3	1220,00 ^b	1436,66 ^{ab}	78,33 ^b	98,33 ^b
O4	1381,66 ^a	1543,33 ^a	86,66 ^a	106,66 ^a
BNJ 5%	45,84	257,89	5,01	5,01

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji. BNJ 5%. Keterangan perlakuan lihat Tabel 1.

Perbaikan kesuburan tanah pasiran di lahan kering Lombok Utara dapat dilakukan dengan pengolahan intensif disertai dengan penambahan bioamelioran yang mengandung mikoriza. Penambahan populasi jumlah spora mikoriza dan persentase kolonisasi terlihat lebih tinggi pada perlakuan pengolahan tanah yang intensif dibandingkan dengan tanpa pengolahan tanah. Jamur mikoriza membutuhkan senyawa organik tertentu sebagai sumber karbon dan nutrisinya untuk melangsungkan aktifitas metabolik pertumbuhan dan perkembangannya (Medina *et al*, 2010). Berdasarkan hasil total jumlah spora dan kolonisasi mikoriza, terlihat bahwa pengolahan tanah intensif yang disertai dengan penambahan bioamelioran organik menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibanding dengan tanpa pengolahan tanah. Pengolahan tanah intensif dengan penambahan bioamelioran mampu meningkatkan efektivitas mikoriza pada infeksi akar tanaman. Substrat organik merupakan sumber energi bagi mikoriza, sedangkan hormon tumbuh yang juga terdapat dalam bahan organik akan merangsang pertumbuhan dan regenerasi akar tanaman dan akan menghasilkan eksudat akar yang akan mempercepat terjadinya hubungan simbiosis antara jamur mikoriza dengan tanaman (Brundrett *et al*, 1996 ; Ingham 2005 ; Talbot *et al*, 2008).

Bobot Biomassa Basah dan Kering Tanaman

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O₄) memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot biomassa basah dan kering akar dan tajuk tanaman dibandingkan dengan kontrol (tanpa pengolahan tanah) pada saat tanaman berumur 70 HST (Tabel 5).

Tabel 5. Bobot Biomassa Akar dan Tajuk Tanaman pada Perlakuan Pengolahan Tanah umur 40 dan 70 hst (g/tanaman)

Perlakuan Olah Tanah	Jagung				Kedelai			
	Akar		Tajuk		Akar		Tajuk	
	42 hst	70 hst	42 hst	70 hst	42 hst	70 hst	42 hst	70 hst
Bobot Biomassa Basah								
O0	5,53 ^b	65,36 ^e	47,35 ^e	180,11 ^e	1,62 ^c	1,87 ^d	3,37 ^d	12,33 ^e
O1	8,81 ^{ab}	130,20 ^d	53,18 ^d	188,38 ^d	1,77 ^c	2,85 ^c	5,59 ^c	13,68 ^d
O2	18,76 ^{ab}	155,41 ^c	148,48 ^c	322,67 ^c	1,89 ^c	3,06 ^c	12,75 ^b	15,60 ^c
O3	62,12 ^{ab}	212,62 ^b	192,80 ^b	352,54 ^b	3,51 ^b	3,8 ^b	13,83 ^b	18,74 ^b
O4	65,32 ^a	422,60 ^a	368,57 ^a	456,46 ^a	4,52 ^a	4,87 ^a	32,60 ^a	33,77 ^a
BNJ 5%	39,10	0,56	2,47	0,35	0,32	0,16	1,38	0,58
Bobot Biomassa Kering								
O0	1,12 ^d	39,56 ^e	10,85 ^e	60,6 ^e	0,18 ^d	0,41 ^d	1,02 ^e	1,72 ^e
O1	2,72 ^d	81,27 ^d	18,28 ^d	64,40 ^d	0,22 ^d	0,69 ^c	1,94 ^d	2,07 ^d
O2	5,78 ^c	84,43 ^c	71,33 ^c	102,22 ^c	0,34 ^c	0,73 ^c	3,21 ^c	3,37 ^c
O3	32,43 ^b	117,37 ^b	78,55 ^b	107,93 ^b	1,65 ^b	1,72 ^b	4,66 ^b	4,81 ^b
O4	44,58 ^a	173,63 ^a	189,14 ^a	130,41 ^a	2,68 ^a	2,21 ^a	8,26 ^a	12,58 ^a
BNJ 5%	1,42	0,08	1,74	0,09	0,038	0,03	0,026	0,19

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji. BNJ 5%. Keterangan perlakuan lihat Tabel 1.

Hasil bobot biomassa basah dan kering jagung dan kedelai memberikan hasil tertinggi dan signifikan pada pengolahan tanah intensif (O₄) dibandingkan dengan kontrol, tanpa olah tanah. Hal ini disebabkan oleh pengolahan tanah intensif menyebabkan tanah menjadi gembur dan remah serta bersih dari gulma sehingga dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan akar dan tajuk tanaman (Wasaya *et al*, 2019; Korres *et al*, 2016; Bonifas *et al*, 2005). Tanaman jagung dan kedelai memerlukan tanah yang gembur agar akar tumbuh dan berkembang dengan optimal. Bobot biomassa kering akar dan tajuk jagung dan kedelai tertinggi terdapat pada perlakuan pengolahan tanah intensif (O₄) yang berbeda nyata dengan tanpa pengolahan tanah (O₀). Rendahnya bobot biomassa basah dan kering akar dan tajuk pada perlakuan tanpa olah tanah disebabkan terjadinya persaingan antara tanaman dengan gulma pada awal pertumbuhan. Gulma lebih responsif terhadap pemberian pupuk dan air dibandingkan tanaman jagung dan kedelai (Guan *et al*, 2015). Selain itu, proses penyerapan unsur hara dan ketersediaan air bagi tanaman dipengaruhi oleh pengolahan tanah yang intensif sehingga dapat menyediakan air dalam tanah yang dapat mempengaruhi bobot biomassa basah dan kering akar dan tajuk tanaman (Sorokina *et al*, 2021; Long *et al*, 2006; Fageria *et al*, 2011).

Hasil Tumpangsari Tanaman Jagung dan Kedelai

Hasil analisis keragaman dan uji BNJ pada taraf 5% menunjukkan perlakuan pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O₄) memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot brangkasan tanaman per petak (kg/petak), bobot tongkol jagung dan polong kedelai kering panen per petak (kg/petak) dan bobot tongkol jagung dan polong kedelai per tanaman (g/tanaman) umur 84 hst dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan tanah intensif yang dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O₄) unsur hara dan air telah mencukupi untuk proses pembentukan brangkasan tanaman. Bobot brangkasan tanaman berhubungan dengan penyerapan air dan unsur hara dalam tanah. Penyerapan air oleh tanaman berperan penting karena merupakan media masuknya unsur –unsur hara ke dalam tanaman yang akan digunakan untuk pertumbuhan tanaman, salah satunya adalah untuk membentuk brangkasan tanaman pada tanaman jagung maupun kedelai.

Tabel 6. Bobot Brangkas Tanaman per petak (kg/petak), Bobot Tongkol Jagung dan Polong Kedelai Panen Per petak (kg/petak) dan Bobot Tongkol Jagung dan Polong Kedelai Per tanaman (g/tan) pada perlakuan pengolahan tanah umur 70 hst.

Perlakuan Olah Tanah	Jagung			Kedelai		
	BBJ (kg/petak)	BTt (g/tan)	BTP (kg/petak)	BBK (kg/petak)	BPT (g/tan)	BPP (kg/petak)
Bobot kering panen						
O0	24,10 ^d	84,03 ^e	18,6 ^a	3,62 ^d	11,81 ^e	1,61 ^d
O1	27,90 ^{abc}	120,86 ^d	17,5 ^{ab}	4,14 ^{cd}	13,64 ^d	2,21 ^{cd}
O2	29,50 ^{abc}	149,84 ^c	21,2 ^a	4,79 ^{bc}	15,28 ^c	2,86 ^{bc}
O3	29,96 ^{ab}	162,34 ^b	22,2 ^a	5,64 ^b	17,95 ^b	3,52 ^b
O4	30,80 ^a	213,29 ^a	25,3 ^a	6,75 ^a	19,39 ^a	4,22 ^a
BNJ 5%	3,53	2,75	6,67	0,63	0,87	0,45
Bobot Kering jamur						
O0	12,05 ^d	60,75 ^e	11,2 ^b	1,81 ^d	8,81 ^e	1,31 ^d
O1	13,95 ^{bc}	83,67 ^d	12,4 ^{ab}	2,07 ^{cd}	10,64 ^d	1,91 ^{cd}
O2	14,75 ^{ab}	121,47 ^c	12,4 ^{ab}	2,39 ^{bc}	12,28 ^c	2,56 ^{bc}
O3	14,98 ^{ab}	132,47 ^b	13,96 ^{ab}	2,81 ^b	14,95 ^b	3,22 ^b
O4	15,40 ^a	184,23 ^a	19,03 ^a	3,37 ^a	16,39 ^a	3,92 ^a
BNJ 5%	1,26	2,66	5,05	0,31	0,87	0,45

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%. Keterangan perlakuan lihat Tabel 1.

Fakta di atas menunjukkan bahwa ada kesesuaian simbiosis antara tumpangsari jagung dan kedelai dengan penambahan bioamelioran sebagai tambahan sumber nutrisi yang sangat penting untuk meningkatkan hasil tanaman. Hal ini terkait erat dengan peran sumber nutrisi selain sebagai penyedia unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, juga sebagai sumber energi dan hara bagi pertumbuhan pupuk hayati. Kedua hal tersebut diperlukan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman yang antara lain dipacu oleh adanya hormon tumbuh yang dihasilkan oleh pupuk hayati (Pattern dan Glick, 2002).

Hal ini membuktikan bahwa tanaman jagung termasuk dalam tanaman C4 yaitu tanaman yang berfotosintesis semakin efektif pada intensitas cahaya yang semakin tinggi. Selain itu jagung tergolong tanaman yang mampu beradaptasi dengan baik pada faktor pembatas pertumbuhan dan produksi, karna fotosintesisnya semakin efektif maka semakin besar jumlah energi yang tersedia dan akan memperbesar jumlah hasil fotosintesis sampe dengan optimum (maksimum). Fotosintesis ini nantinya akan ditransfer ke organ-organ tanaman jagung sehingga dapat membuat bobot jagung menjadi tinggi (Suzuki, *et al*, 2007).

Selain itu hal ini juga berhubungan karena kedelai merupakan tanaman C3 yaitu tanaman didalam fisiologinya terjadi proses fotorespirasi. Fotorespirasi ini harus ditekan seminimal mungkin yaitu dengan cara memberikan naungan yaitu tanaman jagung sehingga intensitas cahaya yang diterima tidak terlalu tinggi, dan fotosintat yang dihasilkan ini selanjutnya ditranslokasikan ke organ-organ tanaman kedelai salah satunya adalah brangkas, sehingga berat brangkas dapat lebih tinggi (Damarjaya, 2004).

Tabel 7. Bobot biji pipilan kering panen (kg/petak) dan bobot 100 butir biji kering jagung dan kedelai (g) pada perlakuan pengolahan tanah umur 70 HST

Perlakuan Olah Tanah	Bobot Jagung		Bobot Kedelai	
	100 Butir (g)	Biji Pipilan (kg)	100 Butir (g)	Biji Pipilan (kg)
O0	157,01 ^d	4,33 ^d	43,66 ^d	1,64 ^e
O1	168,01 ^{cd}	5,43 ^c	58,66 ^c	2,26 ^d
O2	173,33 ^{bc}	6,22 ^{bc}	68,66 ^c	2,69 ^c
O3	180,66 ^{ab}	6,66 ^b	86,33 ^b	3,16 ^b
O4	188,66 ^a	8,06 ^a	117,66 ^a	3,52 ^a
BNJ 5%	7,36	0,67	9,26	0,15

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%. Keterangan perlakuan lihat Tabel 1.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O₄) memberikan pengaruh yang nyata terhadap Bobot biji pipilan kering panen

(kg/petak) dan bobot 100 butir biji kering jagung dan kedelai (g) pada tumpangsari beberapa varietas umur 70 hst dibandingkan dengan kontrol tanpa olah tanah (O_0).

Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan tanah intensif yang ditambahkan bioamelioran terjadi keseimbangan dalam menyerap unsur hara, air, dan cahaya matahari, sehingga asimilat hasil fotosintesis tanaman ditranslokasikan secara seimbang untuk membentuk organ generatif terutama pembentukan biji sehingga pipilan biji dan berat bobot 100 biji pada perlakuan tanah intensif tanaman jagung dan kedelai lebih tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Pada perlakuan pengolahan tanah intensif dapat menunjang pengangkutan unsur hara, faktor-faktor yang berperan dalam menentukan berat 100 biji adalah faktor genetik serta unsur hara. Dengan ketersediaan unsur hara yang cukup maka proses pembentukan inti sel, lemak dan protein dapat berlangsung baik. Pada akhirnya proses pembentukan dan produksi tanaman akan berlangsung dengan baik pula seperti pembentukan biji-biji dengan bobot yang normal. (Ainun *et al*, 2012) menyatakan bahwa selain faktor genetik, faktor lingkungan terutama kelembaban dan suhu disekitar tanaman sangat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman.

Pada bobot biji pipilan kering dan bobot 100 butir biji kering tanaman, (Budiman, 2009) mengatakan bahwa berat kering tanaman sangat dipengaruhi oleh optimal proses fotosintesis, berat kering yang terbentuk mencerminkan banyaknya fotosintat sebagai hasil fotosintesis, karena bahan kering sangat tergantung pada laju fotosintesis asimilat yang lebih besar memungkinkan pembentukan biomasa tanaman yang lebih besar.

Pada Tabel 8 dapat dilihat hasil analisis keragaman dan uji BNJ pada taraf 5% menunjukkan perlakuan pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O_4) memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang tongkol, diameter tongkol jagung, panjang polong dan lebar polong kedelai dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Tabel 8. Rerata panjang tongkol, diameter tongkol jagung, panjang polong dan lebar polong kedelai

Perlakuan Olah Tanah	Panjang tongkol (cm)	Diameter tongkol (cm)	Panjang polong (cm)	Lebar polong (cm)
O1	15,66 ^d	3,45 ^d	3,46 ^d	0,69 ^d
O2	16,34 ^c	3,75 ^c	3,78 ^c	0,81 ^c
O3	17,01 ^b	3,9 ^b	4,23 ^b	0,94 ^b
O4	17,84 ^a	4,18 ^a	4,52 ^a	1,35 ^a
BNJ 5%	0,32	0,09	0,09	0,01

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%. Keterangan perlakuan lihat Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8, perlakuan pengolahan tanah intensif dengan cara dicangkul, digemburkan, dan diratakan (O_4) menghasilkan bobot brangkas kering panen, bobot brangkas kering jamur, bobot tongkol/polong kering jamur jagung, kedelai per petak, bobot biji pipilan kering panen, bobot 100 butir biji kering jagung dan kedelai, serta panjang tongkol, diameter tongkol jagung, panjang polong dan lebar polong kedelai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pengolahan tanah sempurna dapat merubah komposisi agregat dan porositas tanah menjadi lebih lepas dan pori tanah lebih banyak terisi oleh pori makro. Selain itu, terjadi penurunan berat partikel tanah yang disebabkan oleh perubahan yang terjadi pada tanah yang diolah secara sempurna sehingga terjadi pembalikan tanah sampai pada kedalaman tertentu dan terjadi pertukaran udara di dalam tanah. Berat partikel tanah sangat penting peranannya terhadap budidaya tanaman karena dengan berat volume dan porositas digunakan untuk mengetahui kemampuan tanah menyerap dan menyimpan air, dinamika air di dalamnya dan ketersediaan air dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman. Penurunan berat partikel tanah berkaitan dengan daya simpan air yang bermanfaat dalam pertumbuhan tanaman. Semakin kecil berat partikel tanah semakin banyak ruang pori mikro yang terbentuk sehingga tanah akan mempunyai daya simpan lengas yang semakin meningkat. Lengas tanah akan mengisi ruang pori-pori tanah, biasanya ruang pori tanah yang pertama terisi adalah pori-pori makro, kemudian pori-pori mikro. Kebutuhan air terhadap pertumbuhan tanaman berasal dari ketersediaan air dalam pori makro kemudian menyusul dari pori mikro. Semakin tinggi nilai partikel tanah dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat karena keadaan tanah semakin padat sehingga akar sulit menembus tanah, akibatnya akar tidak dapat menyerap air yang tersedia dalam pori mikro tanah (Guan D *et al*, 2015; Arsyad S, 2006). Pemberian bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti peningkatan stabilitas agregat tanah,

porositas, kadar air tanah dan penurunan berat isi tanah. Hal ini menyebabkan distribusi dan penetrasi akar lebih luas, sehingga serapan hara dan air menjadi lebih besar dan berdampak pada peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman (Sudaryono, 2001; Yatno E, 2011).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam dan pembahasan penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan pengolahan tanah intensif dan lengkap (dicangkul, digembur, diratakan) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen tumpangsari jagung dan kedelai; Perlakuan pengolahan tanah intensif dan lengkap (dicangkul, digembur, diratakan) dapat meningkatkan perkembangan mikoriza arbuskula (MA) dengan meningkatnya jumlah spora mikoriza di dalam tanah dan persentase kolonisasi MA pada akar; Perlakuan pengolahan tanah intensif dan lengkap (dicangkul, digembur, diratakan) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil bobot biomassa basah dan kering jagung dan kedelai.

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan untuk pengolahan tanah intensif dan lengkap dengan penambahan bioamelioran yang dapat berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tumpangsari jagung-kedelai yang adaptif perubahan iklim di lahan kering. Perlu penelitian lebih lanjut tentang Pengaruh Berbagai Pengolahan Tanah yang Dikombinasikan dengan Penambahan Bioemelioran Berbasis Mikoriza Indegenus untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Hasil Tumpangsari Jagung-Kedelai di Lahan Suboptimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainun M., Taufan H., dan Nasliyah H., 2012. Pengaruh Varietas Dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Kedelai. *Jurnal Agrista*. Vo. 16. No. 1. Hal. 22 – 28.
- Arsyad A.R. 2001. Pengaruh olah tanah konservasi dan olah tanam terhadap sifat fisika tanah Ultisol dan hasil jagung. *J. Agronomi*. 8(2):111-116.
- Arsyad S. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor. 2006
- Astiko W., Fauzi MT & Muthahanas I. 2023. The Effect of Several Biomeiorant Doses on Increasing Soil Fertility and Corn Growth in Suboptimal Land. In *Suboptimal Land National Seminar* (Vol. 10, No. 1, pp. 78-87).
- Bastida F., Hernández T dan Garcia C. 2010. Soil degradation and rehabilitation: micro- organisms and functionality. In: *Insan H., I. Franke-Whittle, M. Goberna (editor). Microbes at Work – From Wastes to Resources Heidelberg: Springer Verlag*. p. 253-270
- Badan Pusat Statistik. 2022. Analisis produktivitas jagung dan kedelai di Indonesia. <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/12/14>
- Bonifas K.D., Walters DT, Cassman KG & Lindquist JL. 2005. Nitrogen supply affects root: shoot ratio in corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*, 53(5), 670-675.
- Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grove T. dan Malajczuk N. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. The Australian Centre for International Agriculture Research (ACIAR) Monograph 32. pp. 374
- Budiman H. 2009. *Sukses Bertanam Jagung*. Penerbit Pustaka Baru Press. Yogyakarta.
- Damarjaya K. 2004. Pertumbuhan dan Hasil Jagung Semi Dengan Kerapatan Dan Orientasi Berbeda. *Agroekoteknologi* 13 (4). Fakultas Pertanian Universitas Mataram.
- Dermiyati. 1997. Pengaruh mulsa terhadap aktivitas mikroorganisme tanah dan produksi jagung hibrida C-1. *J. Tanah Trop*. 5: 63-68
- Fageria N. K., & Moreira, A. 2011. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *Advances in agronomy*, 110, 251-331.
- Fuady Z. 2010. Pengaruh sistem olah tanah dan residu tanaman terhadap laju mineralisasi nitrogen tanah. *J. Ilmiah Sains dan Teknologi* 10(1): 94-101.
- Guan D., Zhang Y., Al-Kaisi M.M., Wang Q., Zhang M., & Li Z. 2015. Tillage practices effect on root distribution and water use efficiency of winter wheat under rain-fed condition in the North China Plain. *Soil and Tillage Research*, 146, 286-295.
- Hunt R. 2012. *Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners*. Springer Science & Business Media.
- Ingham E. 2005. *The compost tea brewing manual* (Vol. 728). Corvallis, OR, USA: Soil Foodweb Incorporated

- Intara Y.I., Sapei A., Erizal N., Sembering dan Djoefrie M. H. B. 2011. Mempelajari pengaruh pengolahan tanah dan cara pemberian air terhadap pertumbuhan tanaman cabai. *Jurnal Embryo*. Vol. 8 No. 1.
- Khan H.I. 2018 Nov. Appraisal of biofertilizers in rice: To supplement inorganic chemical fertilizer. *Rice Science*. 1;25(6):357-62.
- Korres N. E., Norsworthy, J. K., Tehranchian, P., Gitsopoulos, T. K., Loka, D. A., Oosterhuis, D. M., & Palhano, M. (2016). Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1-22.
- Lakitan B. 2013. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lithourgidis A. S. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *AJCS*. 5(4): 396-410.
- Long S. P., ZHU, X. G., Naidu, S. L., & Ort, D. R. 2006. Can improvement in photosynthesis increase crop yields?. *Plant, cell & environment*, 29(3), 315-330.
- Medina A., dan Azcón, R. 2010. Effectiveness of the application of arbuscular mycorrhiza fungi and organic amendments to improve soil quality and plant performance under stress conditions. *Journal of soil science and plant nutrition*, 10(3), 354-372.
- Osakabe Y, Osakabe K, Shinozaki K & Tran LSP. 2014. Response of plants to water stress. *Frontiers in plant science*, 5 (86).
- Rachman A., Ai A. dan Husen E. 2004. *Teknologi konservasi tanah pada lahan kering berlereng*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Ram L. C., Mastro R. E. 2014. Fly ash for soil amelioration: a review on the influence of ash blending with inorganic and organic amendments. *Earth-Science Reviews*.128:52-74.
- Rasyid B. 2018. Collaboration of liquid bio-ameliorant and compost effect to crop yield and decreasing of inorganic fertilizer utilization for sustainable agriculture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 157, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.
- Sorokina S. Y., Sorokin, N. S., Sychev, S. M., & Okorokova, O. A. (2021, March). Effectiveness of preparations for increasing the activity of plant growth processes at no-till technology. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 650, No. 1, p. 012084). IOP Publishing.
- Sudaryono. 2009. Pengelolaan lahan kering masam untuk budidaya kedelai. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*. 4 (1): 51-58.
- Sudaryono. Pengaruh Pemberian Bahan Pengkondisi Tanah Terhadap Sifat Fisika Dan Kimia Tanah Pada Lahan Marginal Berpasir. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2001, Vol. 2, No. 1 Hal 106.
- Sutresna I. W., Kisman, Yakop U. M, Ujiyanto L dan Hemon F. 1991. Upaya Peningkatan Produktivitas Lahan Kering Melalui Sistem Tanam Tumpang Sari Jagung Kedelai Di Desa Surodadi. Laporan Penelitian Fakultas Pertanian Universitas Mataram.
- Suwardji. 2013. *Pengelolaan Sumberdaya Lahan Kering*. Mataram: Universitas Mataram
- Suwardji, Suardiari G. dan Hippo A. 2007. The application of sprinkle irrigation to increase of irrigation efficiency at North Lombok, Indonesia. Paper present edat the Indonesian Soil Science Society Congress IX, Gajah Mada University, Yogyakarta
- Suzuki S. dan Noble A. D. 2007. Improvement in water-holding capacity and structural stability of a sandy soil in Northeast Thailand. *Arid Land Research and Management*. 21:37-493
- Sylvia D.M. 2005. Mycorrhizal symbioses. In Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J. Hartel, P.G. Zuberer, D.A. (eds.). *Principles and applications of soil microbiology*. Upper saddle river, New Jersey. p. 263-282
- Talbot J. M., Allison S. D. & Treseder K. K. 2008. Decomposers in disguise: mycorrhizal fungi as regulators of soil C dynamics in ecosystems under global change. *Functional ecology*, 22(6): 955-963
- Wasaya A., Yasir, T. A., Ijaz, M., & Ahmad, S. 2019. Tillage effects on agronomic crop production. *Agronomic Crops: Volume 2: Management Practices*, 73-99.
- Yatno E. 2011. Peranana bahan organik daam memperbaiki kualitas fisik tanah dan produksi tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 5 (1), 11-18