

Pengaruh Teknik Budidaya Sistem Irigasi Aerobik dan Pupuk Hayati Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Beras Hitam

The Effect of Aerobic Irrigation System and Mycorrhiza Biofertilizer on Growth and Yield of Black Rice

Khopid Maulidan¹, Wayan Wangiyana^{1*}, Nihla Farida¹

¹(Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

*corresponding author, email: w.wangiyana@unram.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik budidaya sistem irigasi aerobik dan aplikasi pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil padi beras hitam, dengan melaksanakan percobaan di lahan sawah di Unram Farming, Narmada (Lombok Barat). Percobaan ditata menurut Rancangan Split Plot, yang terdiri atas dua faktor perlakuan, yaitu sistem irigasi (T1: aerobik, T0: konvensional) sebagai petak utama dan aplikasi pupuk hayati mikoriza (M0: tanpa, M1: dengan pupuk hayati) sebagai anak petak, sehingga diperoleh empat kombinasi perlakuan, yang masing-masing dibuat dalam tiga ulangan (blok). Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, berat berangkasan (jerami) kering, jumlah malai, jumlah gabah berisi, berat gabah per rumpun, berat gabah per petak, dan berat 100 gabah berisi. Data dianalisis dengan ANOVA dan uji Beda Nyata Jujur (Tukey's HSD) pada taraf nyata 5%, menggunakan program CoStat for Windows. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi aerobik secara signifikan meningkatkan jumlah daun, laju pertumbuhan rata-rata (LPR) jumlah daun, berat berangkasan kering, jumlah malai, serta berat gabah per rumpun dan per petak dibandingkan sistem irigasi konvensional. Pupuk hayati mikoriza juga berpengaruh signifikan dalam meningkatkan tinggi tanaman, Lpr jumlah daun, berat berangkasan kering, jumlah malai, jumlah gabah berisi, dan berat gabah. Sebaliknya, tidak terdapat pengaruh interaksi terhadap semua variabel pengamatan, tetapi hasil gabah lebih tinggi pada sistem irigasi aerobik (49,8 g/rumpun) dibandingkan sistem konvensional (44,6 g/rumpun), dan lebih tinggi pada padi beras hitam yang diaplikasikan pupuk hayati mikoriza (54,6 g/rumpun) dibandingkan tanpa mikoriza (39,8 g/rumpun). Jadi aplikasi pupuk hayati mikoriza maupun sistem irigasi aerobik dapat disarankan ke petani.

Kata kunci: irigasi_aerobik; mikoriza; padi_beras_hitam; pertumbuhan

ABSTRACT

This study aimed to examine the effects of aerobic irrigation system and application of mycorrhiza biofertilizer on growth and yield of black rice, by conducting the experiment on irrigated paddy field in Unram Farming, located in Narmada (West Lombok). The experiment was designed according to Split-Plot design consisting of two factors: irrigation system (aerobic or conventional) as the main plots and mycorrhiza biofertilizer application (with or without mycorrhiza) as the subplots, with three replications. The observed variables included plant height, leaf number, and their average growth rates (AGR); dry straw weight, panicle number, filled grain number, 100 grain weight, and grain yield per clump and per plot. Data were analyzed with ANOVA and Tukey's HSD at 5% significance level, using CoStat for Windows. The results showed that aerobic irrigation system significantly increased leaf number and its AGR, dry straw weight, panicle number, as well as grain weight per clump and per plot compared to the conventional system. Mycorrhiza biofertilizer application also significantly increased plant height, AGR of leaf number, dry straw weight, panicle number, filled grain number, and grain yield per clump and per plot. In contrast, there was no significant interaction effects on any parameters, but grain yield was higher under aerobic irrigation system (49.8 g/clump) than in conventional rice (44.6 g/clump) and higher under mycorrhiza biofertilizer application (54.6 g/clump) than without mycorrhiza (39.8 g/clump), so that these technologies can be recommended to the farmers.

Keywords: aerobic_irrigation; black rice; growth; mycorrhiza; yield

PENDAHULUAN

Beras hitam merupakan salah satu jenis beras yang semakin populer karena kandungan antioksidan dan nilai gizinya yang tinggi. Beras ini mengandung senyawa antosianin, yang merupakan pigmen ungu tua dengan manfaat kesehatan yang luar biasa (Barus *et al.*, 2023). Menurut Abdullah (2017), antosianin yang merupakan senyawa golongan flavonoid memiliki struktur utama tiga gugus aromatik dan berfungsi sebagai antioksidan yang dapat mencegah penuaan dini, melindungi lambung dari kerusakan, menghambat pertumbuhan sel tumor, bersifat anti inflamasi dan anti kanker, melindungi otak dari kerusakan, serta mencegah obesitas dan diabetes. Selain itu, antosianin juga dapat meningkatkan kemampuan memori otak, mencegah penyakit neurologis, dan menangkalkan radikal bebas dalam tubuh.

Keberadaan beras hitam saat ini tergolong langka bahkan hampir punah. Hal tersebut karena petani enggan menanam padi beras hitam karena umurnya relatif lebih panjang dibandingkan dengan padi lainnya, selain produktivitasnya relatif rendah. Saat ini beras hitam masih kurang populer sebagai makanan pokok (Putri Y.R. *et al.*, 2022). Dari perspektif ekonomi, beras hitam memiliki peluang besar untuk dikembangkan karena nilai jualnya yang tinggi dan manfaatnya sebagai pangan fungsional. Dengan demikian, kondisi kelangkaan beras hitam memerlukan upaya pelestarian agar potensi beras hitam dapat dimanfaatkan secara optimal (Kristamtini *et al.*, 2015).

Daerah produsen padi beras hitam di Indonesia salah satunya adalah di provinsi D.I. Yogyakarta, yang tersebar di Kabupaten/Kota Sleman, Bantul, Gunung Kidul, dan Kulon Progo yaitu dengan total produksi sebesar 498,51 ton GKG (Gabah Kering Giling) (Putri A.A. *et al.*, 2022). Selain di D.I. Yogyakarta, produsen padi beras hitam juga terdapat di Kabupaten Brebes, Jawa Tengah, serta 6 Kab/Kota sentra padi beras hitam Provinsi Jawa Barat yaitu Tasik, Garut, Bandung (Soreang dan Arcamanik), Subang (Cibeusi, Cipunagara, dan Blanakan), Indramayu, serta Bogor (Dewi *et al.*, 2017).

Sebagian besar varietas padi beras hitam tergolong varietas padi gogo yang dapat tumbuh di lahan kering (Aryana *et al.*, 2020). Berdasarkan laporan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN, 2024), luas lahan kering di Indonesia mencapai 144,47 juta hektar, namun belum dikelola secara maksimal. Lahan kering tersebut, sebanyak 81,8% atau 118,11 juta ha ialah lahan kering suboptimal. Wilayah Nusa Tenggara yaitu Provinsi Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur merupakan wilayah di Indonesia yang memiliki lahan kering yang cukup luas. Sebagian besar wilayah di kedua provinsi ini merupakan bertipe iklim kering. Wilayah Provinsi NTB yang memiliki tipe iklim kering seluas 2.975,47 km² atau sekitar 91,2% dari luas wilayah provinsi tersebut. Sekitar 89,2% dari luasan tersebut merupakan lahan kering dan sisanya merupakan lahan basah non rawa (Hikmat *et al.*, 2022).

Sistem budidaya padi yang dapat diterapkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan kering, bahkan di lahan sawah irigasi, adalah sistem aerobik. Pada sistem ini teknik budidaya padi tidak digenangi air secara terus-menerus dan tanah tidak dilumpurkan (Prasad, 2011). Sistem aerobik lebih hemat air dibandingkan sistem tergenang tradisional dan mendukung aerasi tanah yang optimal sehingga meningkatkan aktivitas mikroorganisme bermanfaat seperti mikoriza. Selain itu, sistem ini lebih ramah lingkungan karena mengurangi emisi gas rumah kaca seperti metana (Aryana *et al.*, 2020). Tanaman padi yang dibudidayakan dengan sistem irigasi aerobik, apalagi dalam tumpangsari dengan tanaman kacang-kacangan seperti kedelai, produktivitasnya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sistem tergenang (Wangiyana *et al.*, 2020).

Sistem tergenang sebaliknya telah lama digunakan dalam budidaya padi karena efektif dalam mengendalikan gulma dan memberikan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman padi yang adaptif terhadap lingkungan tergenang. Namun, sistem ini boros air dan menghasilkan emisi gas rumah kaca lebih tinggi. Selain itu, kondisi anaerob pada tanah tergenang menyebabkan penurunan pH tanah sehingga kurang mendukung keberlanjutan lingkungan (Aryana *et al.*, 2020).

Dalam konteks budidaya padi di lahan kering, penggunaan pupuk hayati mikoriza menjadi solusi penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Mikoriza membentuk simbiosis mutualistik dengan akar tanaman sehingga mampu meningkatkan penyerapan nutrisi esensial seperti fosfor dan membantu tanaman bertahan dalam kondisi kekeringan. Fungi mikoriza berperan sebagai perpanjangan akar untuk menyerap nutrisi dan air yang tidak terjangkau oleh akar sehingga memperluas permukaan serapan akar (Sastrahidayat, 2010). Pupuk hayati mikoriza memiliki peran penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi beras hitam, terutama pada

sistem irigasi aerobik yang cocok untuk lahan kering (Pebrianingsih *et al.*, 2023). Mikoriza membantu tanaman meningkatkan toleransi terhadap kekeringan dan serangan pathogen, dan meningkatkan kemampuan tanaman untuk penyerapan unsur hara terutama hara P (Meolyohadi *et al.*, 2012).

Dalam pemanfaatan fungi mikoriza arbuskular (FMA) untuk meningkatkan serapan hara, pertumbuhan dan hasil tanaman padi, ada perbedaan infektivitas FMA antara kondisi tanah tergenang dan tidak tergenang (atau suasana aerobik). Pada inokulasi yang dilakukan pada tanah pot yang tergenang, tingkat infeksi FMA pada padi dilaporkan rata-rata kurang dari 5%, sedangkan jika tanah tidak tergenang, tingkat infeksi mencapai rata-rata 35% (Solaiman & Hirata, 1995). Hal ini mengindikasikan bahwa inokulasi padi dengan FMA pada saat suasana tanah tergenang kurang kondusif untuk proses infeksi. Jika padi ditanam menggunakan bibit, maka inokulasi biasanya dilakukan di tanah pesemaian, dengan menggunakan pesemaian kering, sehingga saat pindah tanam ke lahan tergenang, bibit padi sudah terinfeksi FMA, bahkan dapat mencapai 56% (Solaiman & Hirata, 1998). Oleh karena itu, penelitian ini telah dilaksanakan, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh teknik budidaya sistem irigasi aerobik dan pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi beras hitam.

BAHAN DAN METODE

Percobaan ini dilaksanakan pada bulan Juni - Oktober 2024 di Unram Farming Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Bahan dan alat

Alat yang digunakan saat penelitian antara lain amplop, bambu ajir, cangkul, ember, meteran, penggaris, sabit, tugal, penyemprotan, jaring burung, gunting, hand-counter, camera, timbangan digital dan alat tulis menulis. Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah benih padi beras hitam, pupuk hayati mikoriza, pupuk urea, pupuk NPK Phonska, insektisida Regent 50 SC dan Virtako 300 SC.

Rancangan percobaan

Percobaan ini terdiri atas dua faktor perlakuan, yang disusun berdasarkan rancangan *Split Plot design* dalam tiga blok (ulangan). Faktor pertama adalah teknik budidaya padi beras hitam yang terdiri atas dua taraf perlakuan (sistem irigasi aerobik dan konvensional) yang ditempatkan sebagai petak utama, dan faktor kedua adalah aplikasi pupuk hayati mikoriza yang terdiri atas dua taraf perlakuan (dengan mikoriza dan tanpa mikoriza) sebagai anak petak. Dengan mengkombinasikan faktor perlakuan dan blok didapatkan 12 unit percobaan.

Pelaksanaan percobaan

Pelaksanaan percobaan diawali dengan pengolahan lahan dan pembuatan bedengan dalam keadaan kering untuk sistem irigasi aerobik, sementara lahan sistem konvensional diolah tanahnya dalam kondisi tergenang seperti cara petani tanpa dibuat bedengan. Benih padi beras hitam dikecambahkan sebelum ditanam di bedeng pada sistem irigasi aerobik dan disemaikan di pesemaian untuk teknik konvensional, lalu dipindah tanam setelah bibit berumur dua minggu.

Aplikasi pupuk hayati mikoriza untuk padi di bedeng dilakukan dengan memasukkan 5 g pupuk hayati mikoriza ke dalam lubang tanam, seperti dalam penelitian sebelumnya (Wangiyana & Farida, 2019), sedangkan untuk sistem konvensional dilakukan di pesemaian dengan menaburkan pupuk hayati mikoriza, lalu ditutup dengan tanah sekitar 1 cm, lalu benih yang telah dikecambahkan (sisa penanaman di bedeng) ditaburkan di atasnya, dan pesemaian dirawat dalam keadaan tidak digenangi (Solaiman & Hirata, 1998), sedangkan untuk sistem konvensional, pesemaian dibuat dengan sistem tergenang. Penanaman dilakukan dengan jarak tanam 20 cm x 25 cm, yang diubah menjadi pola barisan *double-row* (Wangiyana *et al.*, 2019), dan menanam lima kecambah per lubang dan kemudian disisakan dua tanaman terbaik per lubang pada umur 14 hari setelah tanam.

Pemupukan dilakukan menggunakan NPK Phonska sebanyak 300 kg/ha pada umur 12 hari setelah tanam, sedangkan pemupukan urea dilakukan pada umur 30 dan 50 hari setelah tanam masing-masing sebanyak 150 kg/ha. Pengairan pada sistem aerobik diberikan setiap minggu melalui parit, sedangkan untuk padi konvensional, tanah dipertahankan selalu tergenang. Pengendalian gulma dilakukan secara manual dan pengendalian hama serta penyakit dilakukan dengan pemasangan jaring untuk mencegah burung dan penyemprotan insektisida untuk walang sangit. Pemanenan dilakukan pada umur 120 hari setelah tanam saat sekitar 95% bulir padi sudah menguning.

Variabel pengamatan dan analisis data

Tanaman sampel pengamatan sebanyak lima rumpun per perlakuan, yang dipilih secara acak pada garis diagonal dengan tidak memilih tanaman pinggir. Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, berat berangkasan kering per rumpun, jumlah malai per rumpun, panjang malai, jumlah gabah berisi dan hampa per malai, berat 100 gabah berisi, berat gabah kering per rumpun, dan berat gabah kering per petak perlakuan, yang ditimbang pada kondisi kering giling. Data dianalisis dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) dan uji Beda Nyata Jujur (Tukey's HAD) pada taraf nyata 5%, menggunakan program CoStat for Windows.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh interaksi yang signifikan, tetapi sistem irigasi aerobik berpengaruh signifikan dalam meningkatkan laju pertumbuhan rata-rata (LPR) jumlah daun, jumlah daun 84 HST, berat berangkasan (jerami) kering, jumlah malai, dan berat gabah per rumpun, maupun berat gabah per petak dibandingkan sistem padi konvensional, sedangkan aplikasi pupuk hayati mikoriza berpengaruh signifikan dalam meningkatkan LPR jumlah daun, tinggi tanaman 84 HST, berat berangkasan kering per rumpun, jumlah gabah berisi per malai, jumlah malai, berat gabah per rumpun, dan berat gabah per petak.

Pertumbuhan padi beras hitam

Berdasarkan pengaruh faktor tunggal (*main effect*) terhadap beberapa variabel pertumbuhan tanaman padi beras hitam (Tabel 1), secara umum dapat dilihat bahwa sistem irigasi aerobik meningkatkan pertumbuhan tanaman padi beras hitam jika dibandingkan dengan sistem irigasi konvensional (tergenang), walaupun pada beberapa variabel pengamatan, pengaruhnya tidak signifikan, seperti tinggi tanaman dan Lpr tinggi tanaman. Aplikasi pupuk hayati mikoriza juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman padi beras hitam kecuali pada jumlah daun dan Lpr tinggi tanaman terlihat pengaruhnya tidak signifikan.

Adanya perbaikan pertumbuhan tanaman padi beras hitam akibat perubahan dari sistem irigasi tergenang (konvensional) menjadi sistem irigasi aerobik diduga karena sistem irigasi aerobik menyebabkan tanah mengandung oksigen atau aerasi yang lebih baik, sehingga mikroorganisme yang menguntungkan (*beneficial*) dalam tanah dapat bekerja lebih aktif, misalnya mikroorganisme pengurai bahan organik. Proses penguraian bahan organik pada bedeng aerobik diduga lebih tinggi daripada petak irigasi tergenang sehingga pelepasan jumlah unsur hara yang lebih banyak pula, yang menambah jumlah unsur hara yang tersedia bagi tanaman padi beras hitam. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Chen *et al.* (2019) bahwa irigasi aerobik secara signifikan mampu memperbaiki kondisi aerasi tanah yang selanjutnya berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman dan kualitas hasil. Penelitian sebelumnya di lokasi yang sama juga melaporkan pertumbuhan padi beras merah, terutama jumlah daun dan jumlah anakan per rumpun, yang signifikan lebih tinggi pada bedeng sistem irigasi aerobik dibandingkan dengan sistem konvensional (Wangiyana *et al.*, 2020).

Tabel 1. Rerata tinggi tanaman dan jumlah daun 84 HST, Laju pertumbuhan rata-rata (Lpr) tinggi tanaman dan jumlah daun, dan berat kering (BK) jerami padi beras hitam pada setiap taraf faktor perlakuan

Perlakuan	Tinggi tan 84 HST (cm)	Jumlah daun 84 HST (helai)	Lpr-tinggi tan (cm/hari)	Lpr-jumlah daun (helai/hari)	BK jerami (g/rumpun)
T0: Konvensional	116,457	64,900b	1,111	0,939b	42,043b
T1: Sistem aerobik	128,410	126,966a	1,024	2,051a	56,678a
BNJ 5%	-	7,723	-	0,236	9,535
M0: Tanpa mikoriza	118,673b	93,766	1,047	1,302b	45,553b
M1: Dengan mikoriza	126,193a	98,100	1,088	1,687a	53,168a
BNJ 5%	4,464	-	-	0,239	6,742

Keterangan: Lpr = Laju pertumbuhan rata-rata; BK = berat kering; HST = hari setelah tanam; Angka pada setiap kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antar taraf faktor perlakuan

Aerasi tanah yang baik memungkinkan lingkungan yang lebih optimal bagi mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Kondisi ini mempercepat proses dekomposisi bahan organik dan memperkaya ketersediaan unsur hara di dalam tanah, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih optimal. Peningkatan ketersediaan unsur hara ini diduga berdampak langsung pada peningkatan komponen pertumbuhan vegetatif tanaman padi. Sebelumnya, hasil penelitian Dulur *et al.* (2016) menunjukkan adanya peningkatan laju pertumbuhan jumlah anakan padi beras merah pada sistem irigasi aerobik, mencapai 6,47 anakan per minggu, jauh lebih tinggi

dibandingkan sistem irigasi konvensional yang hanya sebesar 1,76 anakan per minggu dan juga secara konsisten berdampak pada peningkatan jumlah daun. Berat berangkasan kering tanaman pada perlakuan irigasi aerobik sejalan dengan laju pertumbuhan jumlah daun dan jumlah daun 84 HST. Peningkatan laju pertumbuhan jumlah daun dengan laju pertumbuhan jumlah anakan tampaknya menyebabkan peningkatan berat berangkasan kering. Penelitian yang dilakukan Safriyani *et al.* (2018) menunjukkan bahwa jumlah anakan dan jumlah daun per rumpun berkorelasi nyata dan positif dengan berat kering jerami per rumpun. Hal ini mengindikasikan bahwa tanaman dengan jumlah daun yang lebih banyak akan menghasilkan biomassa yang lebih tinggi.

Selain itu, suasana anaerob pada sistem perakaran padi sawah yang tergenang dilaporkan signifikan meningkatkan kehilangan unsur hara N melalui volatilisasi menjadi gas amoniak (Choudhury & Kennedy, 2005). Selain itu, kehilangan N dan P tersedia melalui air infiltrasi juga dilaporkan cukup signifikan (Peng *et al.*, 2011), dan hal ini tidak terjadi pada sistem irigasi aerobik, karena pengairan hanya dilakukan melalui parit antar bedeng, dengan mempertahankan tinggi permukaan air di parit 10-15 cm di bawah permukaan bedeng pada sistem irigasi aerobik (Wangiyana *et al.*, 2020).

Faktor pupuk hayati mikoriza pada aras perlakuan dengan aplikasi mikoriza (M1) menyebabkan laju pertumbuhan jumlah daun, tinggi tanaman 84 HST dan berat berangkasan kering tanaman padi beras hitam signifikan lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk mikoriza (M0). Lebih tingginya laju pertumbuhan jumlah daun, tinggi tanaman 84 HST dan berat berangkasan kering pada perlakuan pupuk mikoriza ini diduga karena mekanisme simbiosis mutualisme antara FMA dan akar tanaman yang meningkatkan luas daerah serapan akar karena pembentukan hifa. Dugaan tersebut sejalan dengan pendapat Agustini *et al.* (2024) bahwa FMA dapat meningkatkan serapan hara fosfor dari dalam tanah oleh akar karena dibantu oleh hifa-hifa FMA yang bertindak sebagai penambahan bidang penyerapan hara. Menurut Khan *et al.* (2022), struktur hifa yang menjalar dari akar tanaman ke dalam tanah, memperluas daerah penyerapan hara. Hifa ini mampu menyerap unsur hara seperti fosfor dan nitrogen dari daerah yang tidak dapat dijangkau oleh akar tanaman, kemudian mentranslokasikannya ke dalam akar. Proses ini meningkatkan efisiensi penyerapan hara oleh tanaman. Riskiani dan Wangiyana (2022) juga melaporkan bahwa aplikasi pupuk hayati mikoriza terbukti meningkatkan jumlah daun tanaman padi beras hitam secara signifikan pada 80 HST, yaitu 99,58 helai per rumpun dibandingkan tanpa mikoriza yang hanya sebesar 82,92 helai per rumpun. Hasil penelitian Ginting (2023) juga menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza arbuskular meningkatkan luas daun, bobot kering daun, dan laju pertumbuhan tanaman padi secara signifikan.

Hasil dan komponen hasil padi beras hitam

Berdasarkan nilai rata-rata hasil gabah per rumpun atau per petak dan komponen hasil tanaman padi beras hitam (Tabel 2), sistem irigasi aerobik berpengaruh nyata dalam meningkatkan jumlah malai dan berat gabah per rumpun maupun per petak, jika dibandingkan dengan sistem irigasi konvensional, tetapi sebaliknya menunjukkan rata-rata jumlah gabah berisi per malai yang cenderung lebih rendah pada sistem irigasi aerobik, namun tidak berbeda nyata. Walaupun demikian, berat gabah per rumpun tetap menjadi lebih tinggi pada sistem irigasi aerobik, diduga akibat jumlah malai per rumpun yang jauh (46,7%) lebih tinggi pada sistem irigasi aerobik dibandingkan dengan sistem konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa sistem irigasi aerobik ini lebih mendukung pembentukan malai dan hasil gabah dibandingkan sistem irigasi konvensional.

Atmayadi *et al.* (2021) dalam penelitiannya mendapatkan bahwa sistem irigasi aerobik menghasilkan jumlah malai dan hasil gabah per rumpun yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan sistem irigasi konvensional. Hasil penelitian oleh Fitriah *et al.* (2022) juga menunjukkan bahwa sistem irigasi aerobik menghasilkan jumlah malai dan hasil gabah per rumpun yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem irigasi konvensional. Trend ini juga sejalan dengan peningkatan pertumbuhan vegetatif pada sistem irigasi aerobik, seperti jumlah daun pada umur 84 HST dan berat jerami kering (Tabel 1). Menurut Taiz *et al.* (2015), fase pertumbuhan vegetatif menyediakan fondasi bagi fase reproduktif tanaman; pertumbuhan vegetatif yang baik memungkinkan tanaman untuk mengembangkan sistem fotosintetik yang efisien dan sistem perakaran yang kuat, yang keduanya berkontribusi pada peningkatan hasil panen, terutama organ fotosintetik, yaitu daun.

Tabel 2. Rerata jumlah malai, jumlah gabah berisi per malai, berat 100 gabah berisi, berat gabah kering per rumpun dan per petak pada setiap taraf perlakuan

Perlakuan	Jumlah malai per rumpun (helai)	Jumlah gabah berisi per malai (butir)	Berat 100 gabah (g)	Berat gabah per rumpun (g)	Berat gabah per petak (g)
T0: Konvensional	13,33b	172,74	2,91	44,60b	2230,18b
T1: Sistem aerobik	19,55a	169,65	2,94	49,82a	2491,17a
BNJ 5%	1,32	NS	NS	1,55	77,88
M0: Tanpa mikoriza	14,62b	156,80b	2,88	39,81b	1990,47b
M1: Dengan mikoriza	18,27a	185,58a	2,97	54,62a	2730,88a
BNJ 5%	1,61	16,83	NS	2,88	136,03

Keterangan: Angka pada setiap kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antar taraf faktor perlakuan

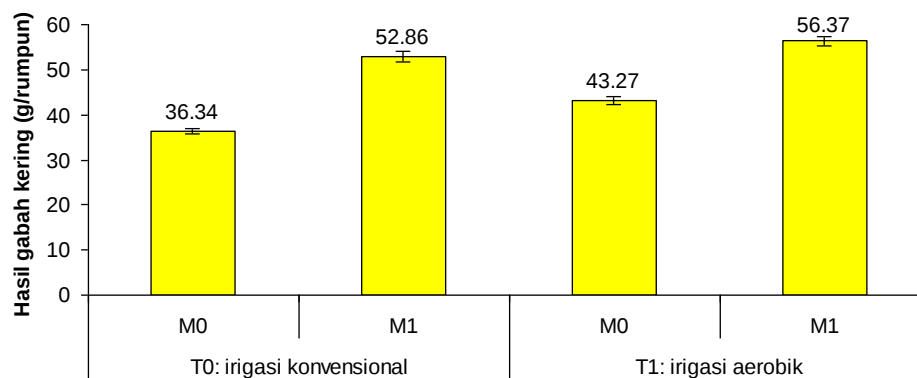
Aplikasi pupuk hayati mikoriza (M1) juga mampu meningkatkan hasil gabah dan komponen hasil dibandingkan tanpa aplikasi pupuk hayati mikoriza (M0), kecuali berat 100 gabah berisi yang peningkatannya tidak signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa mikoriza memberikan dampak yang positif pada peningkatan hasil dan komponen hasil tanaman padi beras hitam. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Pebrianingsih *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa aplikasi FMA pada padi beras hitam mampu meningkatkan komponen hasil seperti jumlah malai, berat gabah per rumpun, dan berat 100 biji, meskipun peningkatannya tidak selalu signifikan secara statistik. Peningkatan hasil gabah juga sejalan dengan peningkatan pertumbuhan terutama berat jerami sebagai ukuran produksi biomasa, yang menunjukkan respons positif terhadap aplikasi pupuk hayati mikoriza (Tabel 1).

Selain itu, berdasarkan uji regresi, koefisien determinan (R^2) yang paling besar adalah regresi antara hasil gabah per rumpun sebagai variabel respons (Y) dan jumlah malai per rumpun ($R^2 = 57,2\%$, $p\text{-value} < 0,01$), sedangkan dengan berat jerami kering per rumpun lebih rendah ($R^2 = 45,4\%$, $p\text{-value} < 0,05$). Sebaliknya, koefisien determinan untuk jumlah malai per rumpun sebagai variabel respons menunjukkan nilai R^2 paling besar jika diregresikan dengan jumlah daun per rumpun pada umur 84 HST sebagai komponen pertumbuhan vegetatif, dengan $R^2 = 76,3\%$ ($p\text{-value} < 0,001$). Hal ini berarti, jumlah daun per rumpun pada umur 84 HST (fase keluar malai) sangat menentukan jumlah malai per rumpun, dan jumlah malai per rumpun sangat menentukan hasil gabah kering per rumpun.

Dari penelitian terdahulu pada padi beras merah, aplikasi pupuk hayati mikoriza dilaporkan signifikan meningkatkan jumlah anakan dan jumlah malai per rumpun (Wangiyana *et al.*, 2019). Yang lebih penting lagi, pupuk hayati mikoriza signifikan meningkatkan persentase jumlah anakan yang menghasilkan malai, yaitu signifikan lebih tinggi pada tanaman padi beras merah yang mendapat aplikasi pupuk hayati mikoriza (93.9%) dibandingkan tanpa mikoriza, yaitu hanya 87.4% (Wangiyana *et al.*, 2019). Hal ini berarti, tanpa aplikasi pupuk hayati mikoriza, persentase jumlah anakan yang menghasilkan malai menjadi lebih rendah. Kondisi seperti ini akan berdampak pada berkurangnya kemampuan tanaman padi untuk menyempurnakan proses pengisian gabah karena sebagian fotosintat digunakan untuk membesarkan anakan yang tidak menghasilkan malai pada tanaman padi yang tidak mendapat pupuk hayati mikoriza dibandingkan dengan aplikasi pupuk hayati mikoriza.

Pengaruh interaksi faktor perlakuan

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa tidak ada interaksi yang signifikan antara sistem irigasi dan pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap semua variabel pengamatan. Hal ini berarti bahwa respons tanaman padi beras hitam dalam hal ini, tidak berbeda secara statistik antara sistem irigasi aerobik dan sistem irigasi konvensional, yang walaupun ada perbedaan tetapi tidak signifikan bedanya (Gambar 1). Namun demikian, perlakuan sistem irigasi aerobik dan pemberian pupuk hayati mikoriza menunjukkan rata-rata pertumbuhan dan hasil yang lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional dan tanpa pemberian pupuk hayati mikoriza. Implementasi sistem irigasi aerobik diduga dapat menciptakan aerasi tanah yang lebih baik, sehingga mendukung pertumbuhan dan penyebaran hifa mikoriza dari akar tanaman secara lebih efektif dibandingkan dengan sistem tergenang. Hal ini sejalan dengan hasil temuan Nugroho & Prasetya (2023) bahwa air yang menggenang pada lahan sawah menyebabkan pasokan oksigen di dalam tanah terhambat. Penghambatan ini pada akhirnya menyebabkan terhambatnya perkembangan mikoriza, yang berarti ketika kondisi tanah aerob maka pasokan oksigen akan terjaga untuk kehidupan dan perkembangan FMA. Sebelumnya Nurhalimah *et al.* (2014) juga menyatakan bahwa kelembaban tinggi di tanah menyebabkan sedikit spora yang tersedia.



Gambar 1. Rata-rata (Mean $\pm$ SE) hasil gabah per rumpun akibat aplikasi pupuk hayati mikoriza antara sistem irigasi aerobik dan konvensional (tergenang)

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa aplikasi pupuk hayati mikoriza mampu meningkatkan hasil gabah 45,5% pada sistem konvensional, sedangkan pada sistem irigasi aerobik hanya 30,3%. Hal ini bukan berarti aplikasi pupuk hayati mikoriza kurang menguntungkan pada sistem irigasi aerobik, tetapi jika tanpa aplikasi pupuk hayati mikoriza, penanaman padi dengan sistem tergenang akan menyebabkan hasil gabah lebih rendah dibandingkan dengan sistem irigasi aerobik (Gambar 1). Hal ini diduga dapat terjadi karena pada budidaya padi sistem tergenang, terjadi kehilangan unsur hara yang sangat besar, terutama melalui volatilisasi unsur hara N hilang ke atmosfer (Choudhury & Kennedy, 2005), maupun hilangnya N dan P tersedia bersama aliran air irigasi melalui infiltrasi (*leaching*) maupun perembesan ke samping bahkan mungkin juga melalui aliran permukaan (Peng *et al.*, 2011). Dengan demikian, bukan hanya pada sistem irigasi aerobik tanaman padi membutuhkan aplikasi pupuk hayati mikoriza, tetapi juga pada sistem konvensional, asalkan inokulasinya dilakukan di pesemaian dengan melaksanakan pesemaian kering (Solaiman & Hirata, 1998).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem irigasi aerobik maupun aplikasi pupuk hayati mikoriza berpengaruh signifikan dalam meningkatkan pertumbuhan, komponen hasil dan hasil gabah kering padi beras hitam, dengan hasil gabah rata-rata lebih tinggi pada sistem irigasi aerobik (49,8 g/rumpun) dibandingkan sistem konvensional (44,6 g/rumpun), dan lebih tinggi pada padi beras hitam yang mendapat aplikasi pupuk hayati mikoriza (54,6 g/rumpun) dibandingkan tanpa mikoriza (39,8 g/rumpun). Namun demikian, tidak terdapat pengaruh interaksi antar kedua faktor perlakuan terhadap semua variabel pengamatan.

Ucapan Terima Kasih

Percobaan dan data yang dipergunakan untuk menyusun artikel ini merupakan bagian dari penelitian skripsi Penelitian Guru Besar tahun 2024; untuk itu, melalui artikel ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Mataram atas dana yang diberikan, dengan kontrak No: 1226/UN18.L1/PP/2024, tanggal 13 Maret 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, B. (2017). Peningkatan Kadar Antosianin Beras Merah dan Beras Hitam Melalui Biofortifikasi. *Jurnal Litbang Pertanian*, 36(2), 91-98.
- Agustini, F., Sembiring, M.B., & Damanik, R.I.M. (2024). Pengaruh Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (*Glomus* sp.) dan Giberelin terhadap Pertumbuhan Fase Vegetatif Tanaman Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) di Tanah Ultisol. *Agrikultura*, 35(2), 321-330.
- Aryana, I.G.P.M., Santoso, B.B., Febriandi, A., & Wangiyana, W. (2020). *Padi Beras Hitam*. LPPM Unram Press. Mataram.
- Atmayadi, M.I., Dulur, N.W.D., Farida, N., Kusnarta, I.G.M., & Wangiyana, W. (2021). Pengaruh Limbah Padi Terhadap Komponen Hasil Padi Beras Merah Teknik Konvensional dan Sistem Irigasi Aerobik. Dalam *Prosiding SAINTeK* (hal. 632-638). LPPM Universitas Mataram

- Barus, W.A., Rauf, A., Tarigan, D.M., Sabrina, R., & Nufus, N.H. (2023). *Padi Beras Hitam (Black Rice)*. UMSU Press. Medan.
- BRIN (2024). *Optimisasi SDG Lokal Tanaman Pangan Lahan Kering di Indonesia*. <https://brin.go.id/orpp/posts/kabar/optimisasi-sdg-lokal-tanaman-pangan-lahan-kering-di-indonesia> [23 Maret 2025]
- Chen, H., Shang, Z., Cai, H., & Zhu, Y. (2019). Irrigation Combined with Aeration Promoted Soil Respiration through Increasing Soil Microbes, Enzymes, and Crop Growth in Tomato Fields. *Catalysts*, 9 (94), 1-17.
- Choudhury, A. T. M. A., & Kennedy, I. R. (2005). Nitrogen fertilizer losses from rice soils and control of environmental pollution problems. *Communications in soil science and plant analysis*, 36(11-12), 1625-1639.
- Dulur, N.W.D., Farida, N., Wiresyamsi, A., & Wangiyana, W. (2016). Yield of Two Red Rice Genotypes between Flooded and Aerobic Rice Systems Intercropped With Soybean. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 9(12), 1-6.
- Dewi, T.K., Nurmala, T., Ruminta, Djali, M., & Margana, D.M. (2017). Eksplorasi Padi Hitam (*Oryza sativa* L.) Jawa Barat. Di dalam.: *Prosiding Seminar Nasional PERIPI*. Hal. 29-37.
- Fitriah, E., Wangiyana, W., & Farida, N. (2022). Respon Pertumbuhan dan Hasil Padi Beras Merah (*Oryza Sativa* L.) Teknik Konvensional dan Aerobik pada Bedeng Permanen Terhadap Aplikasi Berbagai Limbah Organik pada Tahun Ketiga. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 18 (1), 38-51.
- Ginting, Y S K B. (2023). *Pengaruh Takaran Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi (Oryza Sativa L.) pada Interval Penyiraman Berbeda*. [Skripsi, unpublished]. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Indonesia.
- Hikmat, M., Hati, D.P., Pratamaningsih, M.M., & Sukarman, S. (2022). Kajian Lahan Kering Berproduktivitas Tinggi di Nusa Tenggara untuk Pengembangan Pertanian. *Jurnal Sumber Daya Lahan*, 16(2), 119-133.
- Khan, Y., Shah, S., & Tian, H. (2022). The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Influencing Plant Nutrients, Photosynthesis, and Metabolites of Cereal Crops. *Agronomy*, 120(9), 1-19.
- Kristantini, Widyayanti, S., Sutarno, Sudarmaji, & Wiranti, E.W. (2015). Pelestarian Partisipatif Padi Beras Hitam Lokal di Yogyakarta. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Genetik Pertanian*. Hal. 101-109.
- Moelyohadi, Y., Harun, M.U., Hayati, R., & Gofar, N. 2012. Pemanfaatan Berbagai Jenis Pupuk Hayati pada Budidaya Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Efisien Hara di Lahan Kering Marginal. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 1(1): 31-39
- Nugroho, W. A., & Prasetya, B. (2023). Eksplorasi Mikoriza Arbuskular Pada Beberapa Sistem Penggunaan Lahan Pertanian di Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10 (1), 25-35.
- Nurhalimah, S., Nurhantika, S., & Muhibuddin, A. (2014). Eksplorasi Mikoriza Vesikular Arbuscular (MVA) Indegenous pada Tanah Regosol di Pamekasan Madura. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(1),30-34.
- Pebrianingsih, F., Wangiyana, W., & Yakop, U.M. (2023). Pengaruh Pupuk Hayati Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Galur Padi Beras Hitam pada Sistem Irigasi Aerobik. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(2), 1742-1750.
- Peng, S. Z., Yang, S. H., Xu, J. Z., Luo, Y. F., & Hou, H. J. (2011). Nitrogen and phosphorus leaching losses from paddy fields with different water and nitrogen managements. *Paddy and water environment*, 9(3), 333-342.
- Prasad, R. (2011). Aerobic rice systems. *Advances in Agronomy*, 111, 207-247.
- Putri, A. A., Ismoyowati, D., & Pamungkas, A.P. (2022). Analisis Saluran Pemasaran dan Marjin Pemasaran Beras Hitam di Kabupaten Bantul. *agriTECH*, 42(2), 147-154.
- Putri, Y.R., Ismoyowati, D., & Jumeri, J. (2022). Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Persepsi Petani Beras Hitam Lokal di Daerah Istimewa Yogyakarta. *agriTECH*, 42(2), 94-101.
- Riskiani, E., & Wangiyana, W. (2022). Aplikasi mulsa Jerami dan pupuk hayati mikoriza untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi beras hitam system aerobik. *Agrika: jurnal ilmu-ilmu pertanian*, 16(1), 27-41.

- Safriyani, E., Hasmeda, M., Munandar, M., & Sulaiman, F. (2018). Korelasi Komponen Pertumbuhan dan Hasil pada Pertanian Terpadu Padi-Azolla. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 7(1), 59-65.
- Sastrahidayat, I.R. (2010). *Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza dalam Meningkatkan Produksi Pertanian*. UB Press. Malang.
- Solaiman, M.Z., & Hirata, H. (1995). Effects of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in paddy fields on rice growth and N, P, K nutrition under different water regimes. *Soil Science and Plant Nutrition*, 41: 505-514.
- Solaiman, M.Z., & Hirata, H. (1998). Glomus-wetland rice mycorrhizas influenced by nursery inoculation techniques under high fertility soil conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 27: 92-96.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development* (6th edition). Sinauer Associates.
- Wangiyana, W., & Farida, N. (2019). Application bio-fertilizers to increase yields of zero-tillage soybean of two varieties under different planting distances in dry season on vertisol land of Central Lombok, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2199, 040009. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5141296>.
- Wangiyana, W., Aryana, I.G.P.M., & Dulur, N.W.D. (2019). Increasing Yield Components of Several Promising Lines of Red Rice through Application of Mycorrhiza Bio-Fertilizer and Additive Intercropping with Soybean in Aerobic Irrigation System. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(5), 1619-1624.
- Wangiyana, W., Farida, N., Zubaidi, A., & Suliartini, N.W.S. (2020). Improvement of Red Rice Yield by Changing from Conventional to Aerobic Irrigation Systems Intercropped with Soybean at Different Dates. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, 5(6): 1653-1658.