



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Untuk Meningkatkan Produksi Padi Gogo (*Oryza sativa* L) Dan Jagung (*Zea mays* L) Dalam Sistem Tumpang Sari

Olivia Komansilan^{a*}, Jeanne Martje Paulus^a, Johannes Elie Xaveriano Rogi^a

^aProgram Studi Agronomi, Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi

^bProgram Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi

KATA KUNCI

PGPR
Tumpangsari
Padi Gogo
Jagung

ABSTRAK

Pemanfaatan PGPR pada sistem tanam tumpang sari padi gogo dan jagung diharapkan mampu membantu tanaman menyerap unsur hara dengan lebih efisien sehingga upaya peningkatan produksi tanaman yang lebih ramah lingkungan dapat tercapai. Penelitian bertujuan mengkaji pengaruh pemberian PGPR bagi peningkatan produksi padi gogo dan jagung pada sistem tumpangsari serta mengetahui nilai kesetaraan lahan pada sistem tumpangsari padi gogo dan jagung setelah diberikan aplikasi PGPR dengan konsentrasi yang berbeda yaitu K1= 5 ml/liter, K2 = 10 ml/liter dan K3 = 15 ml/liter. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 9 kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali sehingga didapatkan 27 petak percobaan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih padi gogo, jagung hibrida, dan PGPR. Alat yang digunakan mencakup cultivator, cangkul, sabit, meteran, jangka sorong, hand sprayer, tali dan alat pendukung lainnya. Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa perlakuan PGPR dengan konsentrasi 5 ml/liter, 10 ml/liter, 15 ml/liter pada tanaman padi gogo hanya berpengaruh nyata pada jumlah anakan produktif pada sistem tumpangsari namun tidak berbeda nyata pada variabel yang lain pada tanaman padi gogo maupun jagung. Hasil terbaik terlihat pada pemberian konsentrasi PGPR 15 ml/liter. Nilai kesetaraan lahan didapati bahwa pada perlakuan PGPR konsentrasi 5 ml/liter NKL : 1,26, konsentrasi 10 ml/liter NKL: 1,16, sedangkan konsentrasi 15 ml/liter NKL : 1,21.

KEYWORDS

PGPR
Intercropping
Upland Rice
Corn

ABSTRACT

Utilizing PGPR in the intercropping system of upland rice and maize is anticipated to boost the efficiency with which plants absorb nutrients, hence facilitating efforts to increase plant production in an environmentally responsible manner. This research's objectives are to determine the value of land equality in the upland rice and corn intercropping system following the application of PGPR at various concentrations and to examine the impact of giving PGPR to increase the production of upland rice and corn in that system K1= 5 ml/liter, K2 = 10 ml/liter and K3 = 15 ml/liter. This research implemented a randomized block design with nine treatment combinations and was performed 3 times to generate a total of 27 experimental plots. This research included upland rice seeds, hybrid maize, and PGPR as its ingredients. The implements utilized are a cultivator, hoe, sickle, meter, caliper, hand sprayer, rope, and other auxiliary implements. In accordance with the results of this research, PGPR treatment at concentrations of 5 ml/liter, 10 ml/liter, 15 milliliters per liter of upland rice had a substantial impact on the number of productive tillers in the intercropping system, but had no influence on other variables in upland rice and corn. The concentration of PGPR administered at 15 ml/liter produced the best results. The land equivalence value was determined to be 1.26 for a concentration of 5 ml/liter NKL in the PGPR treatment, 1.16 for a concentration of 10 ml/liter NKL, and 1.21 for a concentration of 15 ml/liter NKL.

TERSEDIA ONLINE

01 Februari 2023

Pendahuluan

Peningkatan produktivitas pertanian saat ini sangatlah penting untuk mengimbangi dan menjamin kecukupan pangan bagi penduduk yang juga semakin meningkat pertumbuhannya.

Tantangan yang timbul akibat dari pertambahan penduduk adalah ketahanan pangan. Demi menjaga stabilitas keamanan dan ketahanan pangan Nasional, pemerintah menjadikan komoditas pangan, terutama padi, sebagai pokok perhatian dalam pembangunan pertanian. Sejak tahun 2015,

*Corresponding author:

Email address: olivia.komansilan@gmail.com

Published by FMIPA UNSRAT (2023)

Presiden Joko Widodo melalui Kementerian Pertanian (Kementan) mencetuskan Program Upaya Khusus Padi, Jagung dan Kedelai (UPSUS Pajala) sebagai bentuk upaya mendorong tercapainya swasembada pangan. Fokus rencana Upsus Pajala adalah meningkatkan produksi dengan meningkatkan luas tanam, menerapkan inovasi teknologi di lokasi tertentu, dan meningkatkan indeks tanam melalui frekuensi spasial dan temporal (Bardono, 2019).

Penerapan inovasi teknologi yang di diharapkan dapat meningkatkan produksi tanaman pangan salah satunya adalah sistem tanam tumpang sari. Penggunaan sumber daya akan lebih efisien dalam sistem tanam tumpangsari, seperti pemanfaatan sinar matahari, unsur hara dan air, yang mengarah pada peningkatan keanekaragaman hayati dan produksi yang lebih stabil (Selvi *et al.*, 2003). Sistem tanam tumpang sari jika dibandingkan dengan sistem monokultur, memiliki banyak keuntungan, selain lebih produktif juga tanaman yang beragam akan menekan penyebaran hama dan penyakit serta mampu memperbaiki kualitas tanah sehingga mengurangi gagal panen (Ceunfin *et al.*, 2017). Sebagai usaha dalam efisiensi penggunaan lahan, padi gogo yang ditumpangsarikan dengan jagung diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomi hasil panen sehingga pemanfaatan lahan menjadi lebih optimal.

Sistem tanam tumpang sari tanaman padi gogo dan jagung mulai di dorong pemerintah di Kabupaten Tojo Una Una untuk dapat diterapkan oleh petani sejak tahun 2018. Beberapa varietas padi gogo yang diperkenalkan dan dikembangkan sejak tahun itu sampai dengan sekarang. Hal ini disebabkan oleh karena terbatasnya areal persawahan serta melihat potensi lahan kering sekitar 38.000 ha, sehingga Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kabupaten Tojo Una Una berinisiatif untuk dapat memanfaatkan potensi tersebut dengan mengembangkan varietas padi jenis Inpago (Dinas Pertanian Touna, 2018). Selain di tanam secara monokultur, petani yang biasanya hanya menanam jagung juga di dorong untuk dapat membudidayakan tanaman padi gogo secara tumpang sari dengan tanasman jagung. Upaya ini dilakukan pemerintah daerah, guna menarik minat petani dalam budidaya padi gogo sehingga mampu meningkatkan produksi beras daerah dan mampu mencukupi kebutuhan beras masyarakat Kabupaten Tojo Una Una itu sendiri.

Tumpangsari padi dan jagung adalah salah satu tindakan intensifikasi dalam upaya peningkatan produktivitas kedua tanaman pangan tersebut. Namun sistem tumpangsari dengan dua komoditas pangan yang hampir sama kuat dalam kompetisi akan penyerapan unsur hara tentunya membutuhkan ketersediaan unsur hara yang lebih banyak di dalam tanah. Jika unsur hara di dalam tanah cukup rendah terutama pada lahan kering seperti karakteristik sebagian besar lahan di kabupaten Tojo Una Una, maka produktivitas padi dan jagung pada sistem tanam tumpangsari tidak

akan optimal tanpa ada upaya penambahan pupuk baik organik maupun anorganik.

Kelebihan pupuk anorganik yang menjadi daya tarik petani adalah unsur haranya mudah terurai sehingga lebih cepat di serap oleh tanaman. Hasil dari penggunaan pupuk anorganik bisa terlihat lebih cepat, di mana pertumbuhan tanaman akan lebih baik dan tentunya produksi juga meningkat. Namun tanpa disadari penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus, apalagi tanpa menggunakan komposisi yang tepat justru akan berpotensi merusak kesuburan tanah itu sendiri, karena residu yang tidak terserap dan tertinggal di dalam tanah akan mengikat tanah seperti semen. Tanah dengan residu pupuk kimia di saat kondisi kering akan lengket dan mengeras, serta menjadi masam. Dalam kondisi tanah seperti ini organisme penyubur tanah akan berkurang populasinya dan tidak dapat bertahan hidup .

Degradasi kesuburan tanah akibat penggunaan pupuk anorganik akan berimbas pada penurunan produktivitas tanaman. Oleh karena itu petani perlu di perkenalkan dan didorong dalam penggunaan asupan unsur hara yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu inovasi teknologi pertanian yang mampu meningkatkan produktivitas tanaman dengan meminimalisir kerusakan ekosistem yaitu dengan pemanfaatan bakteri non patogenik dari perakaran tanaman (rizobakteri) yang tergolong ke dalam kelompok *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR).

Beberapa jenis rizobakteri pada PGPR berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman atau sebagai agensia pengendali hayati terhadap penyakit pada tanaman, sehingga produksi tanaman pertanian dapat lebih meningkat (Nafiah & Suryanto, 2019). Pengembangan dan pemanfaatan PGPR sebagai pupuk hayati terus digalakan, selain karena lebih ekonomis dan mudah di buat sendiri PGPR juga mampu menggantikan fungsi input anorganik dengan mengkoloni perakaran tanaman rizosfer dan beraktivitas menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung.

Sistem tanam tumpang sari akan meningkatkan kompetisi oleh kedua tanaman atau lebih dalam upaya penyerapan unsur hara. Oleh karena itu, dalam sistem tanam tumpang sari penting untuk memperhatikan pengaturan jarak tanam dan pemberian nutrisi yang lebih optimal. Pemanfaatan PGPR pada sistem tanam tumpang sari padi gogo dan jagung diharapkan mampu membantu tanaman menyerap usnsur hara dengan lebih efisien sehingga upaya peningkatan produksi tanaman pangan yang lebih ramah lingkungan dapat tercapai. Penelitian ini ditujukan untuk mengkaji pengaruh pemberian PGPR bagi peningkatan produksi padi gogo dan jagung pada sistem tanam Tumpang Sari.

Material dan Metode

Penelitian telah dilaksanakan pada lahan kering milik petani di Desa Sansarino, Kecamatan Ampana Kota, Kabupaten Tojo Una Una, Provinsi Sulawesi Tengah. Pelaksanaan penelitian pada Bulan November 2021 sampai dengan April 2022.

1). Variabel pertumbuhan dan produktivitas yang akan di amati pada tanaman utama padi gogo :

Tinggi tanaman

Tinggi tanaman (cm). Tinggi tanaman dilakukan dengan menggunakan penggaris dengan cara mengukur dari pangkal batang sampai ujung daun terpanjang. Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada saat menjelang panen.

Jumlah anakan produktif (batang)

Jumlah anakan produktif dihitung pada saat tanaman siap panen dengan cara menghitung jumlah anakan yang produktif menghasilkan malai.

Jumlah gabah bernas per malai (butir)

Data jumlah gabah isi per malai diperoleh dari pengambilan 10 sampel panjang malai dengan cara menghitung semua gabah isi pada setiap malai, pengambilan sampel dilakukan 2 hari sebelum panen.

Jumlah gabah hampa per malai (butir)

Data jumlah gabah hampa per malai diperoleh dari pengambilan 10 sampel panjang malai dengan cara menghitung semua gabah hampa atau kosong pada setiap malai, pengambilan sampel dilakukan 2 hari sebelum panen.

Hasil gabah kering panen per petak (kg/petak)

Untuk mengetahui produksi gabah kering panen dilakukan dengan cara menimbang gabah yang terbentuk pada semua tanaman di masing-masing petak penelitian. Hasil dari penimbangannya dinyatakan dalam kg/petak

Hasil gabah kering giling (GKG) per petak (kg/petak)

Data hasil per rumpun diperoleh dengan cara panen semua malai dalam satu petak, setelah gabah dijemur kering selama 3 hari, kemudian ditimbang dengan timbangan dan dinyatakan dalam kg/petak.

2). Variabel yang akan di amati pada tanaman tumpangsari jagung :

Tinggi tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman jagung dilakukan satu kali pada saat tanaman jagung memasuki fase produktif dengan ditandai tumbuhnya malai.

Panjang tongkol (cm)

Dilakukan dengan cara mengukur panjang tongkol tanpa kelobot dilakukan setelah panen dengan cara melepaskan kelobot pada buah, diukur dari pangkal tongkol sampai ujung tongkol dengan menggunakan meteran

Diameter tongkol (cm)

Dilakukan dengan cara mengukur diameter tongkol pada semua tanaman sampel setelah panen. Pengukuran diameter tongkol dilakukan pada pertengahan tongkol yang bijinya sudah dirontokkan dari tongkol jagung lalu diukur menggunakan jangka sorong.

Berat pipilan kering per petak (kg/petak)

Berat pipilan kering per petak diperoleh dengan cara menimbang semua biji pada setiap petak yang telah dijemur selama satu minggu kemudian dikonversikan ke satuan t/ha.

3) Nisbah kesetaraan lahan

$$NKL = (Y_i/Y_j) + (X_i/X_j)$$

Y_i = Produktivitas tanaman padi tumpangsari

Y_j = Produktivitas tanaman padi monokultur

X_i = Produktivitas tanaman jagung tumpangsari

X_j = Produktivitas tanaman jagung m

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih padi gogo, jagung hibrida, PGPR. Adapun alat-alat yang digunakan mencakup cultivator, cangkul, sabit, meteran, jangka sorong, hand sprayer, tali, dan alat pendukung lainnya.

Rancangan Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 9 kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali. sehingga di dapatkan 27 petak percobaan.

K1 = Pemberian PGPR konsentrasi 5 ml / liter air

K2 = Pemberian PGPR konsentrasi 10 ml / liter air

K3 = Pemberian PGPR konsentrasi 15 ml / liter air

4). Tahapan Pelaksanaan

Pembuatan PGPR

Bahan : biang PGPR dari akar bamboo , 15 liter air, ½ kg dedak padi, 3 sendok makan gula pasir, 1 sachet kecil terasi atau seukuran ujung ibu jari, ½ sendok teh kapur sirih

Pembuatannya dimulai dengan merebus semua bahan-bahan tersebut kecuali biang PGPR hingga mendidih. Hal ini merupakan bahan makanan dan media hidup bakteri PGPR. Sebelum digunakan rebusan bahan tersebut harus didinginkan terlebih dahulu. Kemudian dimasukan saringan larutan tersebut ke dalam wadah atau ember yang tertutup, ampasnya di sisihkan. Lalu, tambahkan satu gelas biang PGPR ke dalam larutan tersebut dan aduk merata. Ember ditutup rapat sehingga udara tidak dapat masuk dan keluar selama proses fermentasi, karena fermentasi ini bersifat anaerob. Selama proses fermentasi bakteri akan hidup berkembang biak. Proses fermentasi ini dilakukan selama satu minggu dan PGPR dari akar bambu siap untuk digunakan (Abdurrosyid, 2020).

Persiapan lahan.

Persiapan lahan meliputi pengolahan lahan dan pembuatan bedengan dua minggu sebelum tanam. Pengolahan lahan di lakukan dengan menggunakan mobil traktor dan cultivator untuk membalik dan menghancurkan agregat tanah. Pembuatan bedengan ditujukan untuk memudahkan dalam pemeliharaan seperti aplikasi PGPR yang berbeda, penyediaan drainase yang baik serta penyiangan gulma. Arah bedengan dari timur ke barat agar distribusi cahaya matahari merata ke semua tanaman sepanjang hari. Bedengan dibuat dengan ukuran 4,5 m x 3,5 m x 0,3 m baik untuk petakan tumpang sari maupun petakan monokultur.

Persiapan Benih

Sebelum tanam, benih padi direndam dengan larutan PGPR dilakukan selama 24 jam dan pemeraman selama 36 jam dengan konsentrasi 10ml/ltr dengan tujuan menginduksi mikroba baik pada benih. Untuk benih jagung, karena menggunakan benih hibrida maka tidak perlu dilakukan perlakuan.

Penanaman.

Benih jagung di tanam dengan jarak 40 cm x 20 cm, satu biji / lubang tanam. Benih padi gogo di tanam dengan jarak 20 cm x 10 cm, 3-5 biji/lubang tanam. Benih di tanam dengan cara di tugal. Pada sistem tanam tumpang sari, jumlah baris tanaman padi empat baris dan jumlah baris tanaman jagung tiga baris.

Pemeliharaan.

Pemeliharaan meliputi penyulaman, penyiangan gulma, pengairan, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit. Penyulaman dilakukan tujuh hari sesudah tanam (hst) dengan mengganti tanaman yang mati atau pertumbuhannya tidak normal. Pengendalian gulma dilakukan dengan cara penyiangan manual pada umur 21 dan 42 hst. Penyiraman dilakukan untuk menjaga kelembaban tanah dan tanaman, air diberikan jika satu minggu sekali tidak turun hujan. Pemupukan dengan PGPR dilakukan setiap minggu setelah tanaman berumur 14 HST dengan konsentrasi sesuai perlakuan.

Pemanenan.

Pemanenan dilakukan pada tanaman pangan yang telah menunjukkan ciri-ciri matang fisiologi dan umur tanaman yang cukup yakni pemanenan tanaman padi gogo pada saat 90% malai sudah menguning. Jagung dipanen saat kelobot mengering, biji kering, keras dan mengkilat.

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan ANOVA, apabila terdapat perbedaan nyata diantara perlakuan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncans Multiple Range Test*) pada taraf 5 % dengan menggunakan aplikasi SPSS 22.

(Font=Fanklin Gothiick Book, size=10) Spasi 1kloroplas..

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh PGPR Pada Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Padi Gogo

Tinggi Tanaman Padi

Hasil pada Tabel 1, menunjukkan bahwa setiap pemberian konsentrasi PGPR yang berbeda tidak memberikan pengaruh nyata untuk variabel tinggi tanaman padi dimana rerata tinggi tanaman terbaik pada sistem tumpang sari berlaku pada perlakuan konsentrasi PGPR 10 ml/liter sebesar 88,95 cm dan pada sistem monokultur pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 87,20 cm. Sedangkan hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 86,90cm untuk sistem tumpang sari dan pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 84,51 cm untuk sistem tanam monokultur.

Tinggi tanaman padi gogo terlihat paling optimum pada perlakuan PGPR dengan konsentrasi 15 ml/liter. PGPR berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung. PGPR mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan aktivitas faktor pertumbuhan di daerah akar, atau melindungi tanaman dari serangan patogen dengan bertindak sebagai penghalang terhadap infeksi. Kegiatan ini melibatkan penyediaan nutrisi, hormon, dan antibiotik yang dapat memiliki efek buruk pada patogen. (Verma *et al.*, 2010).

Perbandingan tinggi tanaman antar sistem tanam juga dapat dinyatakan bahwa tinggi tanaman padi sistem tumpang sari lebih tinggi dibandingkan sistem monokultur. Tumpang sari tanaman padi gogo dengan tanaman jagung mempengaruhi jumlah cahaya yang dapat diterima tanaman padi. Pertumbuhan tanaman jagung lebih cepat dibandingkan tanaman padi, yang mengakibatkan lebih sedikit cahaya yang mencapai tajuk padi. Tanaman yang menghadapi cekaman naungan dapat mengadopsi strategi adaptasi, seperti perubahan morfologi dan fisiologi tanaman. Perubahan ini terjadi untuk agar tanaman lebih efisien dalam menangkap energi cahaya sehingga pertumbuhan tetap dapat berlangsung dengan baik dalam situasi di mana ada sedikit cahaya. (Soepandi *et al.*, 2003).

Tabel 1. Pengaruh PGPR Pada Pertumbuhan Tanaman Padi gogo

Perlakuan	Tinggi Tanaman Menjelang Panen (cm)	Jumlah Anakan Produktif (batang)	Jumlah Gabah Bernas (butir)	Jumlah Gabah Hampa (butir)
Tumpang sari				
K1 : 5ml/liter	86,90 a	14,53 a	62,86 a	18,81 a
K2 : 10 ml/liter	88,95 a	15,87 a	61,48 a	18,72 a
K3 : 15 ml/liter	88,49 a	17, 87 b	63, 80 a	18,57 a
Monokultur				
K1 : 5ml/liter	84,90 a	14,73 a	67,63 a	18,30 a
K2 : 10 ml/liter	86,05 a	16,27 a	67,97 a	18,07 a
K3 : 15 ml/liter	87,20 a	18,80 a	69,33 a	17,40 a

Jumlah Anakan Produktif

Hasil pada Tabel 1, menunjukkan bahwa setiap pemberian konsentrasi PGPR yang berbeda memberikan pengaruh nyata untuk variabel jumlah anakan produktif, namun hanya berlaku pada sistem tumpangsari. Rataan tertinggi jumlah anakan produktif sistem tumpangsari terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 17,87 dan sistem monokultur pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 18,80. Hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 14,53 untuk sistem tumpangsari dan pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 14,73 untuk sistem tanam monokultur.

Jumlah anakan produktif berkaitan erat dengan daya hasil tanaman padi. Jumlah anakan produktif merupakan salah satu faktor yang memengaruhi produktivitas tanaman melalui jumlah malai yang terbentuk (Mulyaningsih *et al.*, 2016). Pemberian PGPR dengan konsentrasi 15 ml/l terbukti memberikan pengaruh yang paling signifikan dari pada perlakuan yang lain bagi pembentukan anakan produktif pada sistem tumpangsari. Hasil ini juga sesuai dengan penelitian Nizar *et al.*, (2021) yang menyatakan konsentrasi PGPR 15 ml/liter yang paling optimum dalam meningkatkan jumlah anakan produktif.

IRRI (2013) mengategorikan jumlah anakan total ke dalam beberapa kategori yaitu sangat banyak (> 25 batang/rumpun), banyak (20-25 batang/rumpun), sedang (10-19 batang/rumpun), sedikit (5-9 batang/rumpun) dan sangat sedikit (<5 batang/rumpun). Berdasarkan kategori itu, maka jumlah anakan padi pada penelitian ini dikategorikan sedang. Perbandingan jumlah anakan pada sistem tanam yang ada dapat dinyatakan bahwa jumlah anakan pada sistem tanam monokultur lebih banyak dari pada jumlah anakan produktif sistem tanam tumpangsari. Hal ini diduga karena rendahnya tingkat kompetisi tanaman padi terhadap tanaman jagung dalam memperoleh unsur hara dan intensitas cahaya matahari, sehingga pembentukan anakan produktif padi pada sistem tumpangsari tidak optimal.

Jumlah Gabah Bernas

Hasil pada Tabel 1, juga menunjukkan bahwa setiap pemberian konsentrasi PGPR yang berbeda tidak memberikan pengaruh nyata untuk variabel gabah bernas. Rata-rata hasil tertinggi untuk sistem tumpangsari pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 63,80 dan sistem monokultur pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 69,33. Hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 10 ml/liter sebesar 61,48 untuk sistem tumpangsari dan pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 67,63 untuk sistem tanam monokultur.

Bernas atau tidaknya gabah ditentukan oleh hasil fotosintat yang berasal dari dua sumber. Yang pertama oleh produk asimilasi sebelum pembuahan yang kemudian disimpan dalam jaringan daun dan batang lalu diubah menjadi zat-zat gula dan dibawa

ke biji, dan yang kedua dari hasil asimilasi yang terbentuk selama fase pematangan (Suyani & Wahyono, 2017). Jika pati atau makanan yang terbentuk tinggi maka hasil gabah bernas juga tinggi. Produktivitas tanaman padi dapat ditentukan dengan jumlah gabah isi per malai, semakin banyak gabah isi per malai yang terbentuk maka semakin tinggi produktivitas padi. Jumlah gabah bernas pada penelitian ini menunjukkan terjadi peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi PGPR, dan hasil yang paling optimum ada pada perlakuan dengan konsentrasi PGPR 15 ml/liter.

PGPR diyakini mampu mengekstrak unsur hara dari dalam tanah untuk mendukung aktivitasnya sebagai mikroorganisme yang dapat membantu pertumbuhan dan hasil tanaman. Menurut Muhayat *et al.* (2020), PGPR berperan penting dalam peningkatan ketersediaan dan pengambilan unsur hara di tanah bagi tanaman, sehingga jumlah gabah bernas per malai juga meningkat. PGPR yang mengandung bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus* dapat meningkatkan kandungan nitrogen dan serapan nitrogen di tajuk tanaman, yang mengarah pada peningkatan pembentukan butir (Ainy, 2008). Unsur hara Nitrogen berperan penting dalam hal pembentukan hijau daun yang berguna dalam proses fotosintesis, pembentukan seperti daun, yang merupakan tempat pembentukan pati bagi tanaman.

Jumlah Gabah Hampa

Hasil pengamatan pada Table 1, menunjukkan bahwa rata-rata jumlah gabah hampa pada setiap konsentrasi pemberian PGPR memberikan nilai rata-rata tertinggi yaitu untuk sistem tumpangsari pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 18,81 dan sistem monokultur pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 18,30. Hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 18,37 untuk sistem tumpangsari dan pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 17,40 untuk sistem tanam monokultur. Hasil statistika menyatakan bahwa pemberian PGPR dengan konsentrasi berbeda tidak memberikan pengaruh yang signifikan untuk rata-rata gabah hampa.

Jumlah gabah hampa sangat ditentukan oleh seberapa baik tanaman padi dapat mengangkut fotosintat ke biji. Menurut Yoshida (1981), selama proses pengisian biji, gabah per malai ada yang terisi penuh, terisi sebagian dan bahkan kosong. Semakin tinggi jumlah gabah bernas dari total jumlah gabah per malai maka semakin rendah persentase gabah hampa. Tingginya gabah hampa pada tanaman padi disebabkan oleh rendahnya tingkat kematangan bulir padi, salah satu penyebabnya adalah rendahnya kapasitas gabah untuk mengakumulasi unsur hara. Apabila pada malai yang terbentuk terdapat gabah yang sebagian besar hampa, hal tersebut dapat menyebabkan rendahnya produktivitas tanaman (Mulyaningsih *et al.* 2016).

Hasil Gabah Kering Panen

Pada Tabel 2, menunjukkan bahwa rata-rata jumlah gabah kering panen padi pada setiap konsentrasi pemberian PGPR memberikan nilai rata-

rata tertinggi yaitu untuk sistem tumpangsari pada perlakuan K3 sebesar 1,84 kg/petak dan sistem monokultur pada perlakuan K3 sebesar 3,32 kg/petak. Hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 1,66 kg/petak untuk sistem tumpangsari dan pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 2,69 kg/petak untuk sistem tanam monokultur. Perbedaan nyata terlihat pada sistem monokultur namun tidak pada sistem tumpangsari.

Hasil gabah kering panen padi pada sistem tumpang sari lebih rendah dibanding hasil sistem monokultur. Hal ini diduga selain disebabkan oleh populasi tanaman yang lebih sedikit juga oleh kondisi lingkungan yang berbeda. Pada tumpang sari diduga terjadi interaksi dengan sistem tanam serta kompetisi baik antar tanaman padi itu sendiri karena jarak tanam lebih rapat daripada monokultur, juga dengan tanaman jagung sebagai kompetitor utama dalam penyerapan unsur hara. Namun dapat terlihat juga seiring dengan bertambahnya konsentrasi PGPR terjadi peningkatan hasil gabah panen sekalipun tidak berbeda nyata.

Hasil gabah kering panen yang terbaik didapati pada perlakuan pemberian konsentrasi PGPR 15 ml/liter. Peningkatan hasil pada padi pada penelitian ini diduga karena adanya pengaruh hormon IAA yang dihasilkan oleh rizobakteria PGPR pada perlakuan benih padi sehingga mampu menunjang perbaikan fisiologis dan biokimia sekalipun pada kondisi tanah dengan status hara rendah. Perbaikan fisiologis dan biokimia berhubungan erat dengan keserempakan, kecepatan, perbaikan dan peningkatan potensi perkecambahan benih (Situngkir et al., 2021)

Tabel 2. Pengaruh PGPR Pada Produksi Tanaman Padi gogo

Perlakuan	Jumlah Gabah Kering Panen (kg/petak)	Jumlah Gabah Kering Giling (kg/petak)
Tumpangsari		
K1 : 5ml/liter	1,66 a	1,49 a
K2 : 10 ml/liter	1,70 a	1,53 a
K3 : 15 ml/liter	1,84 a	1,62 a
Monokultur		
K1 : 5ml/liter	2,69 ab	2,33 a
K2 : 10 ml/liter	3,23 a	2,79 a
K3 : 15 ml/liter	3,32 b	2,87 a

Hasil Gabah Kering Giling

Pengamatan dari rata-rata hasil gabah kering giling didapati bahwa pemberian PGPR dengan konsentrasi berbeda tidak memberikan pengaruh beda nyata (Tabel 2). Rata-rata jumlah gabah kering giling padi pada setiap konsentrasi pemberian PGPR memberikan nilai rata-rata tertinggi yaitu untuk sistem tumpangsari pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 1,62 kg/petak dan sistem monokultur juga pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 2,87 kg/petak. Hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 1,49 kg/petak untuk sistem tumpangsari

dan pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 2,33 kg/petak untuk sistem tanam monokultur.

Produksi merupakan hasil dari pertumbuhan vegetatif yang ditunjukkan oleh produksi gabah kering panen tanaman padi dan fungsi fisiologis dan metabolisme dari struktur vegetative tersebut dalam memasok senyawa karbon pada biji. Pada proses ini suplai hara dan peran hormone akan berpengaruh terhadap perlakuan yang diberikan. Dalam hasil penelitian ini, diperoleh hasil gabah kering giling basah terbaik pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter yaitu sebesar 1,62 kg/petak dengan hasil konversi per Ha sebesar 1,02 ton/ha untuk sistem tanam tumpangsari, sedangkan untuk sistem tanam monokultur dengan konsentrasi yang sama mencapai 2,87 kg/ha dengan hasil konversi 1,8 ton/ha.

Melihat dari capaian gabah kering giling tersebut, maka capaian ini masih jauh dari potensi hasil dari varietas Inpago 12 Agritan. Hal ini diduga karena kebutuhan unsur hara baik dari bahan organik maupun kimia belum mencukupi. Konsentrasi pupuk organik sangat penting dalam menentukan keberhasilannya pertumbuhan suatu tanaman. Untuk mendapatkan pertumbuhan dan hasil terbaik dari tanaman yang dibudidayakan, penting untuk menggunakan konsentrasi pupuk organik yang tepat. Jika konsentrasi pupuk terlalu banyak dapat membahayakan tanaman, sedangkan jika terlalu sedikit maka tidak dapat memenuhi nutrisi yang mereka butuhkan untuk tumbuh secara optimal. (Lingga & Marsono, 2013).

Pengaruh PGPR Pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung.

Tinggi Tanaman

Pada Tabel 3, menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman jagung pada setiap konsentrasi pemberian PGPR memberikan nilai rata-rata tertinggi yaitu untuk sistem tumpangsari pada perlakuan K3 sebesar 155,98 cm dan sistem monokultur pada perlakuan K3 sebesar 173,58 cm. Hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 146,53 cm untuk sistem tumpangsari dan pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter sebesar 162,11 cm untuk sistem tanam monokultur. Pada hasil pengamatan ini memperlihatkan bahwa pemberian PGPR berbeda konsentrasi tidak memberikan pengaruh beda nyata bagi tinggi tanaman jagung.

Hasil penelitian ini menunjukkan, bahwa tinggi tanaman jagung tidak dipengaruhi secara signifikan oleh pemberian PGPR, namun dapat terlihat tinggi tanaman jagung bertambah seiring dengan pertambahan konsentrasi PGPR. Tinggi maksimum kedua sistem tanam tergambar pada perlakuan dengan konsentrasi PGPR 15 ml/liter. Hal ini di duga karena peran bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas* pada PGPR.

Tabel 3. Pengaruh PGPR Pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Panjang Tongkol (cm)	Diameter Tongkol (cm)	Berat Pipilan Kering (kg/petak)
Tumpangsari				
K1 : 5ml/liter	146,53 a	15,94 a	2,05 a	2,20 a
K2 : 10 ml/liter	147,46 a	16,19 a	1,91 a	2,37 a
K3 : 15 ml/liter	155,98 a	16,86 a	2,27 a	2,58 a
Monokultur				
K1 : 5ml/liter	162,11 a	16,53 a	2,01 a	3,67 a
K2 : 10 ml/liter	163,86 a	16,56 a	2,08 a	4,08 a
K3 : 15 ml/liter	173,58 a	17,16 a	2,15 a	4,16 a

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% pada berdasarkan uji Duncan

Salah satu sifat tanaman C4 seperti tanaman jagung adalah memiliki daun dengan laju fotosintesis yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanaman C3 seperti tanaman padi gogo. Tanaman C4 juga lebih efisien dalam memanfaatkan air, serta proses fotorespirasi dan transpirasi yang dilakukan lebih rendah (Goldsworthy & Fisher, 1992). Oleh karena itu tanaman jagung menjadi pesaing yang kuat bagi tanaman padi yang merupakan tanam C3 dalam penyerapan unsur hara dan pemanfaatan cahaya matahari. Jarak tanam yang lebih rapat pada sistem tumpangsari berdampak pada meningkatnya kompetisi antar kedua tanaman dalam penyerapan unsur hara dan pemanfaatan cahaya matahari dalam proses tumbuh. Sohel dan kawan kawan (2009) menyatakan bahwa jarak tanam yang lebih lapang akan memberikan kesempatan lebih baik bagi tanaman dalam pemanfaatan cahaya matahari dengan memaksimalkan pertumbuhan bagian puncak tanaman. Bagian perakaran juga akan bertumbuh lebih optimum sehingga unsur hara yang terserap juga lebih banyak. Sebaliknya, persaingan antar dua tanaman dalam penyerapan unsur hara, air dan cahaya matahari juga akan lebih hebat jika jarak tanam yang dibuat terlalu rapat. Hal ini tentunya akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman dan produksi yang di dapatkan juga rendah..

Hasil rata-rata tinggi tanaman jagung pada penelitian ini menunjukkan tinggi tanaman jagung pada sistem tumpangsari lebih rendah daripada sistem monokultur. Hal ini diduga selain karena jarak tanam yang rapat juga waktu tanam padi gogo pada kegiatan tumpang sari dilakukan lebih awal dengan selang waktu empat pekan sebelum penanaman jagung, sehingga akar tanaman padi lebih optimum dalam penyerapan unsur hara di awal masa tumbuh tanaman jagung. Perbedaan waktu tanam antar kedua komoditi dimaksudkan agar tanaman padi gogo dapat lebih leluasa dalam penyerapan unsur hara dan cahaya matahari pada masa awal tumbuh mengingat sifat tanaman jagung yang lebih cepat dan dominan dalam menguasai dan bersaing untuk

mendapatkan factor utama bagi pertumbuhan yaitu air, unsur hara, dan cahaya matahari. Hal ini diperparah dengan tumbuhnya secara lebih cepat dan lebih tinggi beberapa jenis gulma selama stadia pertumbuhan awal jagung. Gulma juga merupakan pesaing yang agresif dalam mendapatkan sarana tumbuh bagi tanaman. Perebutan ini akan berdampak negatif bagi pertumbuhan tanaman jagung, sehingga tanaman jagung tidak mampu mencapai tinggi tanaman optimal.

Panjang Tongkol

Pada Tabel 3, menunjukkan tidak terdapat beda nyata pada rata-rata tongkol jagung dengan pemberian PGPR berbeda konsentrasi. Pemberian PGPR memberikan nilai rata-rata tertinggi pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/l yaitu sistem tumpangsari sebesar 16,86 cm dan sistem monokultur sebesar 17,16 cm. Hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter masing-masing sebesar 15,94 cm untuk sistem tumpangsari dan pada 16,53 cm untuk sistem tanam monokultur.

Panjang tongkol adalah salah satu keragaan morfologi pada jagung yang pertumbuhannya tidak terlalu dipengaruhi oleh lingkungan, sehingga karakter ini dapat digunakan untuk mengukur karakter fenotifik pada tanaman jagung. Sebagian besar hasil penelitian pada parameter keragaan tongkol memiliki nilai yang sesuai atau tidak berbeda nyata dengan sifat aslinya karena factor genetik lebih dominan (Mustofa *et al.*, 2013). Namun panjang tongkol berpengaruh pada jumlah biji pertongkol, semakin panjang tongkol yang dihasilkan, maka jumlah biji per baris dalam satu baris juga semakin banyak. Jumlah biji yang semakin banyak secara linier akan mempengaruhi kemampuan varietas menghasilkan produksi biji (Girsang *et al.*, 2017).

Menurut Tarigan (2007), unsur hara nitrogen mempengaruhi pembentukan tongkol dan nitrogen merupakan komponen utama dalam proses sintesa protein. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa panjang tongkol paling maksimal ada pada hasil perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter. Hal ini diduga juga merupakan peran baketri yang terdapat

dalam PGPR. *Bacillus* mampu memfiksasi N₂, melarutkan fosfat serta mensintesis fitohormon IAA (Indole 3- Acetic Acid) . IAA atau Asam indole asetat adalah pengatur pertumbuhan tanaman yang mempengaruhi lebar dinding sel, ekstensi sel dan pembelahan sel merangsang pertumbuhan tanaman. Asam indole asetat merangsang aktivitas enzim untuk mendegradasi dinding sel. Rhizobacteria meningkatkan laju pertumbuhan dan indeks toleransi serta memberikan indeks hasil jagung lebih tinggi dibandingkan non-rhizobakteri yang dapat membantu jagung untuk bertahan hidup dalam perubahan iklim (Maryani et al., 2020).

Diameter Tongkol

Hasil pengamatan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata diameter tongkol jagung pada setiap konsentrasi pemberian PGPR memberikan nilai rata-rata tertinggi yaitu untuk sistem tumpangsari pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 2,27 cm dan sistem monokultur pada perlakuan perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 2,15 cm. Hasil terendah terlihat pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter masing-masing sebesar 2,05 cm untuk sistem tumpangsari dan sebesar 2,01 cm untuk sistem tanam monokultur. Pengamatan pada variabel ini menunjukan tidak ada pengaruh nyata pada diameter tongkol dengan perlakuan konsentrasi PGPR yang berbeda.

Pada variabel diameter tongkol terdapat interaksi dengan nilai rerata yang lebih tinggi pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter. Sekalipun setiap konsentrasi PGPR tidak memberikan hasil yang berbeda nyata, namun PGPR memberikan dampak baik terhadap produksi tanaman jagung. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Christi (2020) yang juga mendapatkan bahwa perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam dengan PGPR 15ml/liter mampu menghasilkan diameter tongkol yang terbaik. Hal ini diduga oleh karena peran PGPR yang memanfaatkan sumber energi dari pupuk kandang ayam yang diaplikasikan sebelum tanam untuk menyediakan unsur hara N walaupun tidak optimal. Bakteri pada PGPR diketahui mampu melarutkan unsur hara fosfor dalam tanah. Unsur P tersebut berperan penting dalam proses pengisian tongkol oleh biji yang juga berkaitan dengan diameter tongkol yang terbentuk. Hal itu sejalan dengan penelitian Hasanudin dan Bambang (2004), yang menyatakan bahwa asam organik yang dihasilkan oleh mikroba pelarut fosfat membantu pelarutan fosfat dalam tanah sehingga lebih banyak nutrisi tersedia untuk tanaman. Peningkatan serapan fosfat oleh tanaman akan menyebabkan peningkatan hasil tanaman. Ketersediaan unsur P memungkinkan lebih banyak fotosintat dialokasikan ke tongkol, menghasilkan ukuran dan diameter buah yang lebih besar.

Hasil Pipilan Kering

Hasil pada Tabel 3, menunjukan bahwa rata-rata berat pipilan kering jagung pada setiap konsentrasi pemberian PGPR memberikan nilai rata-rata tertinggi yaitu untuk tumpangsari pada perlakuan dengan

konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 2,58 kg/petak dan sistem monokultur juga pada perlakuan dengan konsentrasi PGPR 15 ml/liter sebesar 4,16 kg/petak. Hasil terendah terlihat pada perlakuan K1 sebesar 2,20 kg/petak untuk sistem tumpangsari dan pada perlakuan K1 sebesar 3,67 kg/petak untuk sistem tanam monokultur.

Diduga bahwa tidak signifikannya pengaruh peningkatan konsentrasi PGPR terhadap berat pipilan kering disebabkan oleh waktu yang dibutuhkan pupuk hayati seperti PGPR untuk mengurai unsur hara yang dibutuhkan tanaman apalagi pada kondisi tanah dengan status hara dan C-organik yang rendah. Kondisi ini menyebabkan tanaman kurang peka terhadap aplikasi pupuk hayati. (Novizan, 2005) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman relatif kurang peka terhadap aplikasi pupuk hayati, karena sifat pupuk hayati lebih kepada memperbaiki sifat fisik tanah, penyerapan pupuk hayati oleh tanaman juga memerlukan waktu yang lebih lama daripada pupuk kimia.

Dalam hasil penelitian ini, diperoleh hasil pipilan kering terbaik pada perlakuan konsentrasi PGPR 15 ml/liter yaitu sebesar 2,58 kg/petak dengan hasil konversi per Ha sebesar 1,82 ton/ha untuk sistem tanam tumpangsari, sedangkan untuk sistem tanam monokultur dengan konsentrasi yang sama mencapai 4,16 kg/ha dengan hasil konversi 3,27 ton/ha. Parameter hasil panen per hektar menunjukkan hasil yang meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi PGPR, hal ini diduga terjadi karena ketersediaan unsur hara pada tanah juga mengalami peningkatan sejalan dengan peningkatan konsentrasi PGPR. Viveros et al. (2010) menyatakan bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman bergantung pada ketersediaan unsur hara pada tanah untuk meningkatkan hasil panen.

Nisbah Kesetaraan Lahan

Pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa semua perlakuan memiliki nilai Nilai Kesetaraan Lahan lebih dari satu. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tumpangsari padi dan jagung dengan perlakuan konsentrasi PGPR lebih efisien dan produktif dibanding sistem tanam monokultur padi dan jagung. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Saleh et al. (2020) yang mendapatkan bahwa semua kombinasi varietas pada tumpangsari padi- jagung memberikan NKL lebih besar dari satu. Saputri et al. (2018) juga mendapatkan nilai NKL rata-rata lebih dari satu hasil penelitian jagung dan padi hitam.

Francis (1989) menyatakan bahwa keuntungan tingkat produktivitas sistem tumpangsari 20%-60% lebih tinggi dibandingkan dengan sistem tanam monokultur. Nilai NKL pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pada perlakuan konsentrasi PGPR 5 ml/liter keuntungan sistem tumpangsari sebesar 26% pada daripada sistem monokultur, pada perlakuan konsentrasi PGPR 10 ml/liter keuntungan sistem tumpangsari daripada sistem monokultur sebesar 16%, dan pada perlakuan konsentrasi PGPR 10 ml/liter keuntungan sistem tumpangsari daripada sistem monokultur sebesar 21%

Tabel 4. Nisbah kesetaraan lahan pada sistem tanam tumpangsari padi gogo dan jagung

Perlakuan	Nisbah Kesetaraan Lahan	
K1		1,26
K2		1,16
K3		1,21

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini antara lain :

Perlakuan PGPR pada konsentrasi 5 ml/liter, 10 ml/liter, 15 ml/liter hanya berpengaruh signifikan pada jumlah anakan produktif pada sistem tumpangsari dan jumlah gabah kering panen pada sistem monokultur, namun tidak berpengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman, pembentukan gabah bernas, dan gabah hampa, sehingga hasil produksi padi juga tidak mengalami peningkatan yang signifikan pada sistem tumpangsari. Hasil terbaik dalam penelitian ini terlihat pada pemberian konsentrasi PGPR 15 ml/liter.

Perlakuan PGPR pada konsentrasi 5 ml/liter, 10 ml/liter, 15 ml/liter tidak berpengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman, panjang tongkol dan diameter tongkol sehingga hasil produksi jagung juga tidak mengalami peningkatan yang signifikan pada sistem tumpangsari. Hasil terbaik dalam penelitian ini terlihat pada pemberian konsentrasi PGPR 15 ml/liter.

Sistem tanam tumpangsari padi gogo dan jagung lebih menguntungkan dan produktif daripada sistem tanam monokultur.

Daftar Pustaka

- Abdurrosyid. (2020). Cara Membuat PGPR Dari Akar Bambu. Kampus Tani.com. diakses 13 Oktober 2021. <https://www.kampustani.com/cara-membuat-pgpr-dari-akar-bambu/>
- Ainy, I. T. El. (2008). Kombinasi Antara Pupuk Hayati dan Sumber Nutrisi Dalam Memacu Serapan Hara, Pertumbuhan, Serta Produktivitas Jagung (*Zea mays L*) dan Padi (*Oryza sativa L*). Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Bardono, S. (2019). Teknologi Turiman: Maksimalkan Lahan Tingkatkan Produktivitas. Technology-Indonesia.Com. <http://technology-indonesia.com/pertanian-dan-pangan/inovasi-pertanian/teknologi-turiman-maksimalkan-lahan-tingkatkan-produktivitas/>
- Ceunfin, S., Prajitno, D., Suryanto, P., & Putra, E. T. S. (2017). Penilaian Kompetisi dan Keuntungan Hasil Tumpangsari Jagung Kedelai di Bawah Tegakan Kayu Putih. *Savana Cendana*, 2(01), 1–3. <https://doi.org/10.32938/sc.v2i01.76>
- Christi, Y.;Sudiarso. (2020). Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) Effects of Giving of Chicken Manure and

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and Yield of. *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(9), 856–863.

- Francis, C. A. (1989). Biological Efficiencies in Multiple-Cropping Systems. *Advances in Agronomy*, 42(C), 1–42. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60522-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60522-2)
- Girsang, W., Purba, R., & Purba, J. (2017). Keragaan Hasil Beberapa Jenis Varietas Jagung Hibrida Dan Toleransinya Terhadap Penyakit Busuk Tongkol Di Dataran Tinggi Kabupaten Simalungun.
- Goldsworthy, P. R., & Fisher, N. . (1992). Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik (P. Tohari & P. Soedharoedjian (eds.)). Universitas Gajah Mada.
- Hasanudin, & M., B. G. (2004). Pemanfaatan Mikrobia Pelarut Fosfat Dan Mikoriza. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 6(1), 8–13.
- IRRI. (2013). Standard Evaluation System For Rice (SES) (Vol. 59).
- Lingga, P., & Marsono. (2013). Petunjuk Penggunaan Pupuk (Cetakan I). Penebar Swadaya.
- M.A.T.Sohel, M.A.B.Siddque, M.Asaduzzaman, M.N.Alam, & M.M.Karim. (2009). Varietal Performance Of Transplant Aman Rice Under Diffrent Hill Densities. 34(March), 33–39.
- Maryani, Y., Widiatmi, S., Satyaka, W., & Widata, S. (2020). Rhizobacteria response to the yield of corn variety (*Zea mays L.*) in Sleman Regency, Yogyakarta, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 423(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/423/1/012011>
- Muhayat, Y., Dukat, D., & Budirokhman, D. (2020). Pengaruh Dosis Kompos Jerami Padi Dan Konsentrasi Pgpr (Plant Growth Promoting Rhizobacter) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Padi (*Oryza sativa L.*) Kultivar Ciherang. *Agrowagati Jurnal Agronomi*, 8(2). <https://doi.org/10.33603/agrowagati.v8i2.4946>
- Mulyaningsih, S., Perdani, A. Y., Sri, I., & Suwarno, S. (2016). Seleksi Fenotipe Populasi Padi Gogo untuk Hasil Tinggi, Toleran Alumunium dan Tahan Blas di Tanah Masam. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21082/jppt.p.v35n3.2016.p191-197>
- Mustofa, Z., Budiarsa, I. ., Binti, G., & Samdas, N. (2013). Variasi Genetik Jagung (*Zea mays L.*) Berdasarkan Karakter Fenotipik Tongkol Jagung yang Dibudidaya di Desa Jono Oge. 1, 33–41.
- Nafiah, V. I., & Suryanto, A. (2019). Kajian PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Pada Berbagai Tingkat Aplikasi Nitrogen Terhadap Padi Gogo (*Oryza Sativa L.*) Varietas Situ Bagendit. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(7), 1588–1596. <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/815>
- Nizar, A., Permadi, G., & Rahmi, A. (2021). Pengaruh

- Umur Bibit Dan Aplikasi Pgpr Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Padi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 27(1), 8. <https://doi.org/10.55259/jiip.v27i1.571>
- Novizan. (2005). *Petunjuk Pemupukan Yang Efektif*. Agromedia Pustaka.
- Saleh, T. W., Sumarno, J., & Rouf, A. A. (2020). Optimalisasi Lahan Budidaya Tumpangsari Padi dan Jagung: Pengaruh Kombinasi Varietas terhadap Produktivitas. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 4(2), 105. <https://doi.org/10.21082/jpntp.v4n2.2020.p105-111>
- Saputri, A. R., Yuwariah, Y., Wahyudin, A., & Ruswandi, D. (2018). Pengaruh Pola Tanam Tumpangsari Jagung (*Zea mays* L.) dengan Padi Hitam (*Oryza sativa* L.) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung di Arjasari Kabupaten Bandung. *Agrotek Indonesia*, 14(4), 131–141.
- Selvi, R. V, Kalpana, R., & Rajendran, P. (2003). Biological Efficiencies in Multiple Cropping Systems - a Review. *Agricultural Reviews*, 24(2), 147–151.
- Situngkir, N. C., Sudana, I. M., & Singarsa, I. D. P. (2021). Pengaruh Jenis Bakteri PGPR dalam Beberapa Jenis Media Pembawa untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Ketahanan Tanaman Padi Beras Merah Lokal Jatiluwih terhadap Penyakit. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 10(2), 233–243.
- Suyani, I. S., & Wahyono, D. (2017). Korelasi Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) Dengan Teknik Penanaman Dan Dosis Pupuk Organik. *Jurnal Agrotechbiz*, 4(1), 9–16.
- Verma, J. P., Yadav, J., Tiwari, K. N., Singh, L., & Singh, V. (2010). Impact of PGPR on crop production.pdf. In *International Journal of Agricultural Research* (Vol. 5, pp. 954–983).
- Viveros, M., O.mJorquera, Crowley, M. A., Gajardo, D. E., & G. Mora, M. L. (2010). Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by Rhizobacteria. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(3), 293–319. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162010000100006>
-