

---

## Pengujian Bahan Aktif Formula Biofertilizer Cair terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Wakegi (*Allium × wakegi* Araki)

---

Asrul<sup>\*)</sup>, Rosmini, Jusriadi, Husna, Moh. Fadail, Trihesti

Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako, Indonesia  
Jln. Soekarno-Hatta KM 9, Palu City, Central Sulawesi 94119, Indonesia

<sup>\*)</sup>Correspondence author: [asrul1203@gmail.com](mailto:asrul1203@gmail.com)

### Abstrak

Keberadaan mikrobia bermanfaat yang rendah di daerah perakaran bawang wakegi dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman mengalami hambatan karena tanah menjadi kurang subur. Penambahan mikrobia indigenus diharapkan dapat meningkatkan populasi mikrobia di daerah tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk menguji potensi bakteri indigenus *Bacillus* sp. DB12 dan *Trichoderma* sp dalam meningkatkan produksi dan hasil bawang wakegi, baik yang diaplikasikan secara tunggal maupun konsorsium dengan formula biofertilizer. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, UNTAD, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan (faktor tunggal) bahan aktif formula biofertilizer berupa jenis mikrobia yang terdiri atas P1=kontrol (tanpa mikrobia), P2= *Bacillus* sp. DB12, P3= *Trichoderma* sp, dan P4= konsorsium *Bacillus* sp. DB12 + *Trichoderma* sp. Setiap perlakuan diulang sebanyak 10 kali sehingga secara keseluruhan terdapat 40 satuan percobaan. Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah umbi, berat ubi, dan diameter umbi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biofertilizer berbahan aktif konsorsium *Bacillus* sp. DB12 dan *Trichoderma* sp (P4) merupakan perlakuan terbaik karena dapat meningkatkan tinggi tanaman (36,74 cm), jumlah daun (30,40 helai), jumlah umbi per rumpun (8,05), berat umbi per rumpun (40,19 g), dan diameter umbi per rumpun (2,21 cm).

**Kata kunci:** *Bacillus* sp DB12, konsorsium, limbah organik, *Trichoderma* sp, tunggal.

## Testing the Active Ingredients of Liquid Biofertiliser Formula on Growth and Production of Wakegi Onion (*Allium × wakegi* Araki)

### Abstract

The low presence of beneficial microbes in the root zone of wakegi onions can cause plant growth to be inhibited because the soil becomes less fertile. The addition of indigenous microbes is expected to increase the microbial population in the area. This study was conducted to test the potential of indigenous bacteria *Bacillus* sp. DB12 and *Trichoderma* sp in increasing production and yield of wakegi onions, both applied singly and in consortium with biofertiliser formulas. The research was conducted at the Plant Disease Laboratory, Faculty of Agriculture, UNTAD, using a completely randomised design (CRD) with treatment (single factor) of active ingredients of biofertilizer formula in the form of microbial species consisting of P1 = control (without microbes), P2 = *Bacillus* sp. DB12, P3 = *Trichoderma* sp, and P4 = consortium *Bacillus* sp. DB12 + *Trichoderma* sp. Each treatment was repeated 10 times so that in total there were 40 experimental units. Observations were made on plant height, number of leaves, number of tubers, yam weight, and tuber diameter. The results showed that the application of biofertiliser made from the consortium of *Bacillus* sp. DB12 and *Trichoderma* sp (P4) was the best treatment because it could increase plant height (36.74 cm), number of leaves (30.40 strands), number of tubers per clump (8.05), tuber weight per clump (40.19 g), and tuber diameter per clump (2.21 cm).

Received: 19 September 2024; Revised: 25 September 2024; Accepted: 25 October 2024

## PENDAHULUAN

Bawang wakegi (*Allium × wakegi* Araki) merupakan komoditi hortikultura unggulan di Sulawesi Tengah yang telah banyak dibudidayakan dan dikembangkan oleh petani khususnya di Kota Palu, Kabupaten Sigi, dan Donggala. Sebagian besar, bawang wakegi diperuntukkan untuk pembuatan bawang goreng sebagai oleh-oleh khas Kota Palu karena memiliki cita rasa yang gurih, renyah, garing, aromanya tajam, dan tidak ada rasa pahit, serta tetap kering meskipun telah disimpan lama.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), kebutuhan bawang merah/ wakegi di Sulawesi Tengah mencapai 6.916 kg/kapita/tahun, sedangkan produksi lokal baru mencapai 2.792 kg/kapita/tahun, menyebabkan kekurangan produksi sekitar 4.125 kg/kapita/tahun (Imanullah, 2024). Salah satu kendala dalam produksi bawang wakegi (*Allium × wakegi* Araki) adalah berkurangnya kesuburan tanah akibat keberadaan mikrobia bermanfaat yang rendah di daerah perakaran sehingga tanaman mengalami hambatan pertumbuhan dan mudah terinfeksi patogen (Novatriana & Hariyono, 2020). Hal ini disebabkan penggunaan pupuk dan pestisida kimia yang berlebihan sehingga mengurangi dan menekan populasi mikrobia tanah yang bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah (Siahaan & Tyasmoro, 2019) dan menekan penyakit terbawa tanah. Padahal kehadiran mikrobia pada daerah perakaran sangat membantu pertumbuhan tanaman dan dapat melindungi tanaman dari serangan patogen terbawa tanah.

Penambahan mikrobia biofertilizer dari bakteri dan jamur indigenous diharapkan dapat meningkatkan populasi mikrobia yang terdapat pada daerah perakaran bawang wakegi. Hal ini dilakukan agar dapat membantu meningkatkan penyerapan unsur hara menjadi tersedia bagi tanaman dan memberikan perlindungan terhadap serangan patogen. Menurut Siahaan & Tyasmoro (2019), pemberian biofertilizer dapat menambah populasi mikrobia dalam tanah sehingga mampu meningkatkan kesuburan dan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Penggunaan mikrobia biofertilizer ini dianggap sebagai teknologi yang paling menjanjikan untuk sistem pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) dan ramah lingkungan sehingga diharapkan kebutuhan nutrisi dan perlindungan terhadap tanaman dapat terpenuhi (Nawaal *et al.*, 2022).

*Bacillus sp* merupakan salah satu bakteri PGPR (*Plant Growth Promoter Rhizobia*) yang paling banyak digunakan untuk meningkatkan produksi dan kesehatan tanaman, sedangkan *Trichoderma sp* termasuk jamur PGPF (*Plant Growth Promoter Fungi*) yang menguntungkan bagi pertumbuhan dan pertanian berkelanjutan (Debasis *et al.*, 2019). *Bacillus sp* sebagai pengendali patogen mampu melindungi tanaman dari berbagai penyakit dengan jalan mengkoloni daerah perakaran (Etesami *et al.*, 2023) dan meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon pemacu pertumbuhan berupa auksin, sitokinin, dan giberelin, etilen, dan asam absisat (Miljakovic *et al.*, 2020). Hormon ini berperan dalam merangsang pembelahan sel, pengatur pembesaran sel, dan memacu menyerap air dan nutrisi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Kejela *et al.*, 2024). *Bacillus sp* juga diketahui memiliki kemampuan melarutkan fosfat anorganik yang tidak larut sehingga berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman budidaya terutama dilahan yang mengalami defisiensi fosfat (Etesami *et al.*, 2023).

Disisi lain, jamur *Trichoderma sp* juga memiliki kemampuan mengkoloni rizosfer tanaman dengan cepat untuk melindungi akar dari serangan patogen, mempercepat pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan hasil produksi tanaman (Asghar *et al.*, 2024). *Trichoderma sp* mampu menguraikan / merombak (dekomposisi) atau mendegradasi bahan organik yang ada di dalam tanah sehingga memudahkan penyerapan unsur hara bagi tanaman. Penguraian ini akan melepaskan unsur hara yang terikat dalam senyawa kompleks menjadi tersedia bagi tanaman terutama unsur N dan P. Disamping sebagai pengurai, *Trichoderma sp* dapat pula berfungsi sebagai agens hayati. *Trichoderma sp* merupakan cendawan parasit yang dapat menyerang dan mengambil nutrisi dari cendawan lain (Asghar *et al.*, 2024; Yao *et al.*, 2023).

Proses introduksi mikrobia biofertilizer ke lahan bawang wakegi diperlukan formula yang tepat. Dalam formula dibutuhkan bahan pembawa (*carrier*) sebagai tempat bernaung mikrobia agar tetap viabel dan populasi stabil sebelum diintroduksi ke lingkungan pertanaman. Formula merupakan campuran antara bahan aktif (mikrobia), bahan pembawa, dan bahan aditif (bahan tambahan) dalam suatu produk (Oktrisna *et al.*, 2017). Hasil penelitian Asrul *et al* (2024) menunjukkan bahwa bahan aktif *Bacillus sp*

## Pengujian Bahan Aktif Formula Biofertilizer Cair terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Wakegi (*Allium × wakegi* Araki)

DB12 indigenous yang diformula dengan bahan pembawa (*carrier*) seperti limbah cair tahu, limbah cair kelapa, dan limbah cair cucian beras dapat mempertahankan kepadatan populasi bahan aktif *Bacillus* sp DB12 sebesar  $10^9$  cfu/ml selama 12 minggu. Sementara itu, rata-rata kepadatan konidia *Trichoderma* sp. yang disimpan dalam waktu lama pada limbah cair tahu dan limbah cucian beras adalah  $10^6$  konidia / ml (Asiandu *et al.*, 2021). Hasil ini mengindikasikan bahwa bahan pembawa mampu menyediakan nutrisi dan mengoptimalkan daya hidup mikrobia tersebut sehingga populasinya tetap lebih stabil meskipun disimpan lama.

Penggunaan konsorsium mikrobia biofertilizer *Bacillus* sp dan *Trichoderma* sp secara bersama dalam bahan pembawa, diharapkan dapat saling berinteraksi dan bersinergi untuk meningkatkan efektifitas pertumbuhan, produksi, dan perlindungan tanaman dibandingkan dengan aplikasi secara tunggal. Hanudin *et al.* (2012) melaporkan bahwa *Bacillus subtilis* dan *T. harzianum* dapat hidup bersama dalam suatu media dan kompatibel (tidak saling menghambat) satu sama lain. Hersanti *et al.* (2019) menyatakan bahwa penggunaan konsorsium mikrobia, memiliki kelebihan yaitu mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, menekan perkembangan patogen, dan meningkatkan ketahanan tanaman karena dapat saling bersinergis.

Pada penelitian ini digunakan bakteri indigenous asal Palu yaitu *Bacillus* sp DB12 sebagai bahan aktif bersama *Trichoderma* sp untuk pembuatan biofertilizer cair berbasis limbah organik. Penggunaan bakteri indigenous ini mempunyai harapan untuk dikembangkan di masa mendatang karena memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan wilayah Sulawesi Tengah dan berpotensi untuk memperbaiki lahan pertanian bawang wakegi yang kurang subur dan mudah terinfeksi patogen. Asghar *et al.* (2023) melaporkan, pemanfaatan bakteri pemacu pertumbuhan tanaman seperti *Bacillus subtilis* indigenous dapat meningkatkan penyerapan nutrisi pada akar melalui mobilitas nutrisi di daerah rizosfer tanaman dan dapat dengan mudah beradaptasi dengan lingkungan setempat.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan bahan aktif *Bacillus* sp DB12 dan *Trichoderma* sp dalam formula biofertilizer secara konsorsium atau tunggal, terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil bawang wakegi.

### METODE PENELITIAN

#### Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, UNTAD, dan dilaksanakan pada bulan Februari - Agustus 2024.

#### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas Nutrien Agar (NA), Potato Dextrose Agar (PDA), biakan murni *Bacillus* sp DB12 dan *Trichoderma* sp, kapas, karet gelang, aluminium foil, umbi bawang wakegi, alkohol 70%, kapas, polibag, kompos, aquades, spidol, dan map plastik. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi, cawan petri, erlemeyer, gelas beker, gelas ukur, lampu bunsen, mikropipet, glass-L, jarum ose, laminar air flow, autoklaf, timbangan, pinset, panci, hotplate, meteran, dan sekop. Sedangkan

#### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan faktor tunggal bahan aktif formula biofertilizer berupa jenis mikrobia yang terdiri atas 4 perlakuan (P1=kontrol (tanpa bahan aktif), P2= *Bacillus* sp DB12, P3= *Trichoderma* sp, P4= konsorsium *Bacillus* sp DB12 + *Trichoderma* sp). Setiap perlakuan diulang sebanyak 10 kali sehingga secara keseluruhan terdapat 40 satuan percobaan. Data dianalisis secara statistika dengan dengan ANOVA (*Analysis of Varians*). Apabila terdapat perbedaan yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) pada taraf 5%.

#### Pembuatan Formula Biofertilizer Cair

Limbah organik air tahu diperoleh dari industri pembuatan tempe/tahu dan limbah air kelapa berasal dari industri penggilingan kelapa di pasar Inpres, Kota Palu. Sementara air cucian beras diperoleh dari limbah rumah tangga dengan mengambil air cucian beras pertama. Pengambilan limbah organik sebagai bahan pembawa dilakukan dengan menggunakan wadah jerigen, masing-masing sebanyak 5 lt, kemudian dibawa ke Laboratorium Penyakit Tumbuhan.

Bahan pembawa (air tahu, air kelapa, dan air cucian beras) dari limbah industri di Kota Palu sebanyak 14,850 lt (1:1:1) dimasukkan ke dalam ember lalu diaduk hingga homogen (merata). Selanjutnya, larutan disaring dengan kain kassa agar diperoleh limbah organik yang murni dan bersih, kemudian direbus dalam panci pada suhu 100°C selama 30 menit. Setelah dingin, ditambahkan bahan aditif berupa gula pasir 2% dan terasi 1%, lalu diaduk kembali sampai merata kemudian diukur pH-nya. Bahan aktif isolat *Bacillus* sp DB12 ( $10^8$  cfu/ml) dan isolat *Trichoderma* sp ( $10^8$  konidia/ml) kemudian dimasukkan ke dalam bahan pembawa masing-masing sebanyak 75 ml hingga membentuk formula biofertilizer. Formula dimasukkan ke dalam 3 jerigen, masing-masing 5 lt dan pada bagian penutup dilubangi dengan jarum untuk membuang gas hasil fermentasi. Jerigen disimpan pada suhu ruang dalam kondisi gelap selama kurang lebih 7 hari. Proses fermentasi dinyatakan berhasil apabila tercium bau khas seperti tape dan siap untuk diaplikasikan ke tanaman.

#### **Peremajaan Bahan Aktif *Bacillus* sp DB12**

Peremajaan bakteri indigenous asal Palu dilakukan dengan cara mengambil satu jarum ose biakan murni *Bacillus* sp DB12, kemudian digoreskan (streak) diatas media biakan NA baru dalam cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Bakteri yang tumbuh kemudian dibuat seri pengenceran dan dihitung kepadatan populasinya hingga diperoleh  $10^8$  cfu/ml.

#### **Peremajaan Bahan Aktif *Trichoderma* sp**

Peremajaan dilakukan dengan cara mengambil biakan murni isolat *Trichoderma* sp menggunakan jarum ose dan menginokulasikannya ke atas media PDA baru dalam cawan petri. Media PDA yang telah di inokulasi kemudian ditutup rapat dan diinkubasi selama 3 - 7 hari pada suhu ruang. Kerapatan konidia *Trichoderma* sp yang digunakan dalam biofertilizer adalah  $10^8$  konidia/ml.

#### **Persiapan Umbi Wakegi dan Media Tanam**

Umbi bawang yang digunakan adalah bawang lokal Palu (bawang wakegi) yang berasal dari Desa Sidera, Kabupaten Sigi. Umbi yang dipilih adalah umbi yang terlihat segar, padat (tidak keriput), warna cerah (tidak kusam) dan sehat (tidak busuk atau cacat karena luka), serta berukuran diameter besar.

Media tanam yang digunakan merupakan campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2 : 1. Sebelum dimasukkan ke dalam polibag ukuran 25 x 25 cm (1 umbi/ polibag) tanah disterilkan terlebih dahulu. Media tanam yang digunakan memiliki karakter tanah yang gembur dan subur, bertekstur sedang, agar pertumbuhan bibit menjadi optimum.

#### **Aplikasi Formula Biofertilizer Cair**

Aplikasi formula biofertilizer cair dilakukan dengan cara merendam umbi bawang wakegi dalam formula dan menyiram formula di sekitar lubang tanam umbi dalam polibag. Perendaman umbi bawang wakegi di dalam formula disesuaikan dengan masing-masing perlakuan (bahan aktif). Umbi dipotong kira-kira sepertiga bagian, selanjutnya direndam selama 6 jam (1 kg umbi direndam dalam 2 lt formula). Umbi bawang wakegi yang telah direndam, kemudian dikeringanginkan ditempat yang teduh sebelum proses penanaman. Selanjutnya, penyiraman formula dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu sesaat sebelum penanaman, pada saat umur tanaman 2 dan 4 minggu setelah tanam. Formula disiramkan pada lubang tanam umbi sebanyak 20 ml / polibag, dan saat tanaman berumur 2 dan 4 minggu, tanah disiram kembali di sekitar perakaran bawang wakegi. Sebagai kontrol, umbi direndam dan tanaman disiram dengan formula tanpa mikrobial biofertilizer.

#### **Parameter Pengamatan**

Pengamatan dilakukan terhadap jumlah daun, tinggi tanaman, jumlah umbi, berat ubi, dan diameter umbi. Pengamatan ini dilakukan antara 2 - 7 minggu setelah tanam dan telah memasuki fase vegetatif akhir.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Respon Pertumbuhan**

Hasil analisis ragam menunjukkan aplikasi biofertilizer berbahan aktif bakteri *Bacillus* sp dan jamur *Trichoderma* sp memberikan pengaruh nyata terhadap rata-rata tinggi tanaman dan jumlah daun. Aplikasi biofertilizer konsorsium *Bacillus* sp. DB12 + *Trichoderma* sp. (P4) menghasilkan tinggi tanaman dan jumlah

Pengujian Bahan Aktif Formula Biofertilizer Cair terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Wakegi (*Allium × wakegi* Araki)

daun terbesar (rata-rata 36,74 cm dan 30,40 helai) bila dibandingkan dengan kontrol (rata-rata 36,74 cm dan 21,08 helai). Pengaruh dari masing-masing perlakuan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur pengamatan 49 hsa disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Rerata Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun Bawang Wakegi (cm) yang Diberi Perlakuan Formula Mikrobial biofertilizer pada umur 49 hari setelah splikasi (hsa)**

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)
P1	28,67a	21,08a
P2	32,48b	27,78bc
P3	32,32b	25,64b
P4	36,74c	30,40c

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT taraf 5%

Hasil uji BNJ pada Tabel 1 terlihat bahwa rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan konsorsium *Bacillus* sp. DB12 + *Trichoderma* sp. (P4) berbeda nyata dengan perlakuan tunggal *Bacillus* sp. DB12 (P2), *Trichoderma* sp (P3), dan kontrol / (P1) (tanpa mikrobial). Begitu pula perlakuan tunggal *Bacillus* sp.DB12 (P2) dan *Trichoderma* sp (P3) berbeda nyata dengan kontrol. Sementara itu, rata-rata jumlah daun bawang wakegi per rumpun pada perlakuan konsorsium *Bacillus* sp. DB12 +*Trichoderma* sp. (P4) berbeda nyata dengan perlakuan tunggal *Trichoderma* sp (P3) dan kontrol (P1) tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan tunggal *Bacillus* sp.DB12 (P2) (Tabel 1). Hasil pengamatan tinggi tanaman dan jumlah daun bawang wakegi pada pengamatan 7 minggu setelah tanam (mst) dapat dilihat pada Gambar 1. Tinggi tanaman dan jumlah daun pada perlakuan kontrol lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya karena tidak terdapat mikrobial di dalam formula yang dapat membantu mendorong peningkatan pertumbuhan tanaman bawang wakegi.

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pemberian mikrobial biofertilizer baik secara tunggal maupun konsorsium dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman yang ditandai dengan pertambahan tinggi tanaman dan jumlah daun pada minggu ke-7.



**Gambar 1. Pertumbuhan daun bawang wakegi pada pengamatan 7 MST (minggu setelah tanam) pada perlakuan kontrol (P1), *Bacillus* sp (P2), *Trichoderma* sp (P3), dan konsorsium *Bacillus* sp + *Trichoderma* sp. (P4)**

Aplikasi mikrobial konsorsium mampu mengaktivasi dan meningkatkan kinerja mikrobial biofertilizer yang ditunjukkan dengan peningkatan pertumbuhan tanaman lebih baik dibanding secara tunggal. Kedua jenis mikrobial memiliki perilaku kooperatif, mampu berinteraksi dan bersinergi, serta tidak saling mengganggu dalam suatu habitat. Satu jenis mikrobial biofertilizer yang bekerja sendiri belum tentu mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara optimal bila dibandingkan dengan bekerja bersama-sama (konsorsium).

Konsorsium mikrobia kemungkinan telah membentuk sebuah komunitas dalam tanah yang bekerja sama dalam mengkolonisasi perakaran bawang wakegi dan merangsang pertumbuhan dengan cara memproduksi berbagai macam metabolit sekunder termasuk zat pengatur tumbuh (hormon) secara signifikan. Mikrobia telah mengoptimalkan perannya dalam mengkolonisasi akar dan menghasilkan hormon yang dibuktikan dengan meningkatnya tinggi tanaman dan jumlah daun. Silva *et al.*, (2023) menyatakan, aplikasi konsorsium *B. subtilis* dan *T. harzianum* akan meningkatkan peluang keberhasilan kolonisasi mikrobia dan interaksi dengan tanaman. Hasil penelitian Hafiz *et al.* (2022) membuktikan bahwa pemberian konsorsium *Bacillus velezensis* FZB42 dan *T. harzianum* OMG16 meningkatkan laju kolonisasi *Trichoderma* pada akar sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman rapa (*Brassica napus* L.). Selain itu, strain *Bacillus* sp. dan *Trichoderma* sp diketahui menghasilkan berbagai hormon pertumbuhan yang bertanggung jawab terhadap peningkatan hasil tanaman (Kariuki *et al.*, 2020). Pertumbuhan tanaman dirangsang oleh berbagai mekanisme dan kinerja mikrobia seperti sekresi hormon asam indole-3-asetat (IAA) atau auksin, etilen, sitokinin, dan giberelin yang semuanya berkontribusi terhadap hasil yang lebih besar (Moreira *et al.*, 2022). El-Khair *et al.*, (2018) menyatakan, mikrobia yang mengkolonisasi akar dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui stimulasi secara langsung dengan memproduksi zat pengatur tumbuh. Hasil penelitian da Costa *et al.* (2022) menunjukkan efek sinergis dari aplikasi konsorsium *B. subtilis* dan *T. asperellum* pada rumput marandu (*Brachiaria brizantha*) dapat mendorong peningkatan tinggi tanaman, luas daun, produksi biomassa, dan mempercepat kemunculan daun, serta meningkatkan serapan unsur N, P, dan K. Aplikasi konsorsium *B. subtilis* dan *T. harzianum* pada tanaman apel juga dapat meningkatkan tinggi tanaman (Mannai & Boughalleb-M'Hamdi, 2023). Pada penelitian berbeda, penggunaan bahan pembawa berupa *talk* yang diperkaya dengan konsorsium *T. viride* dan *Pseudomonas fluorescens* dapat meningkatkan jumlah anakan produktif tanaman padi (Poveda & Eugui, 2022).

Chieb dan Gachomo (2023) melaporkan, kemampuan *Bacillus* sp. mengkolonisasi akar tanaman dapat digunakan sebagai biofertilizer untuk meningkatkan panjang akar dan akar lateral, serta jumlah akar lateral yang lebih banyak sehingga menghasilkan sistem akar yang lebih efektif menyerap unsur hara. Bakteri ini tertarik ke akar tanaman melalui gerakan kemotaksis yang mengarah pada proses kolonisasi akar (Tsotetsi *et al.*, 2022). Setelah kolonisasi, *Bacillus* sp. secara langsung meningkatkan dan mendorong pertumbuhan tanaman melalui sekresi hormon auksin, giberelin, dan sitokinin. Hormon tersebut berperan dalam merangsang pembelahan sel, mememacu pertumbuhan tunas dan akar, meningkatkan massa akar, serta pertumbuhan dan hasil tanaman (Kejela *et al.*, 2024). Peningkatan pertumbuhan akar akibat hormon yang diproduksi mikrobia menyebabkan peningkatan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dari dalam tanah. Ketersediaan nutrisi ini akan dimanfaatkan oleh tanaman untuk meningkatkan proses metabolisme yang akan mempercepat pertumbuhan seperti penambahan tinggi tanaman dan jumlah daun wakegi. Aziz *et al.* (2023) menyatakan, kapasitas pasokan nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman yang kuat dan subur mengakibatkan modifikasi morfologi pada kanopi tanaman dan peningkatan jumlah daun. Mirskaya *et al.* (2022) melaporkan bahwa aplikasi *Bacillus* sp. V2026 yang memproduksi giberelin pada tanaman gandum akan mempercepat pertumbuhan dengan memperpendek masa vegetasi pada tahap awal perkembangan mulai dari semai hingga pemanjangan batang. *B. subtilis* CBMT51 penghasil auksin dapat meningkatkan pertumbuhan bibit cabai habanero (*Capsicum chinense*), jumlah daun, luas daun dan biomassa bibit (Mejia-Bautista *et al.*, 2022). Dalam laporan lain, aplikasi *B. subtilis* yang memproduksi sitokinin dapat mendorong pertumbuhan dan hasil tanaman selada. Efek pemacu pertumbuhan ini disebabkan oleh penyerapan sitokinin yang dihasilkan *B. subtilis* oleh akar (Blake *et al.*, 2021).

Selanjutnya, Hossain *et al.*, (2023) menyatakan jamur *Trichoderma* sp dapat melakukan kolonisasi pada daerah rizosfer dan filosfer, serta mendorong pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman. *Trichoderma* sp mendorong perkembangan akar melalui hormon (Aziz *et al.*, 2023) yang disekresikan seperti auksin, giberelin, dan sitokinin (Zani & Anhar, 2021). Jamur tersebut mengkoloni akar dan tumbuh berasosiasi dengan perakaran tanaman membentuk cabang akar yang lebih banyak. Cabang akar yang banyak akan memudahkan proses penyerapan unsur hara sehingga serapannya lebih besar. Hasil penelitian Rizal & Susanti (2018) menunjukkan, akar kedelai yang terinfeksi *Trichoderma* sp membentuk cabang akar yang lebih banyak dibandingkan dengan akar yang tidak terinfeksi. Pertumbuhan akar mentimun meningkat dengan pemberian *T. asperellum* Q1, yang mampu menghasilkan hormon pertumbuhan auksin dan giberelin (Tyskiewicz *et al.*, 2022). *Trichoderma* sp membantu meningkatkan hormon tanaman dengan meningkatkan pertumbuhan akar dan rambut akar sehingga penggunaan nitrogen, fosfor, kalium dan unsur hara mikro lebih efisien (Mahato *et al.*, 2018). Perakaran yang banyak ini dapat membantu penyerapan unsur hara menjadi lebih besar, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan

baik. Hasil penyerapan unsur hara akan diedarkan ke seluruh organ tanaman seperti daun yang akan digunakan dalam proses fotosintesis. Selanjutnya, hasil fotosintesis berupa karbohidrat juga akan didistribusikan ke bagian tanaman terutama digunakan dalam proses pertumbuhan vegetatif termasuk pembentukan daun baru. Sudantha *et al.* (2023) melaporkan, aplikasi *T. harzianum* dapat memacu tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman kedelai dengan memproduksi hormon giberelin dan auksin. Auksin yang dihasilkan *Trichoderma* sp juga dapat mendorong perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman baru.

### Respon Hasil

Hasil analisis ragam menunjukkan aplikasi biofertilizer berbahan aktif bakteri *Bacillus* sp DB12 dan jamur *Trichoderma* sp berpengaruh nyata terhadap rata-rata jumlah umbi, berat umbi, dan diameter umbi per rumpun bawang wakegi. Hasil uji BNT pada pengamatan jumlah dan berat umbi terlihat bahwa aplikasi tunggal *Bacillus* sp. DB12 (P2), *Trichoderma* sp (P3), dan konsorsium *Bacillus* sp. DB12 + *Trichoderma* sp (P4) memberikan respon hasil bawang wakegi lebih tinggi dibandingkan kontrol (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki potensi yang sama dalam meningkatkan jumlah dan berat umbi. Pemberian mikrobial *Bacillus* sp. DB12 dan *Trichoderma* sp baik secara tunggal maupun kombinasi diduga telah berperan cukup besar memberikan kontribusi dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman sehingga meningkatkan jumlah dan berat umbi. Kehadiran mikrobial tersebut dalam formula biofertilizer terbukti secara efektif dapat membantu meningkatkan hasil tanaman.

*Bacillus* sp. dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah dengan memfiksasi N, melarutkan P, K, dan seng (Zn), serta menghasilkan siderofor (Etesami *et al.*, 2023). Molekul dinitrogen (N<sub>2</sub>) di atmosfer difiksasi dan dirubah dalam bentuk amonia (NH<sub>3</sub>) agar mudah diserap oleh akar tanaman (Miljakovic *et al.*, 2020) sehingga meningkatkan akumulasi karbohidrat dalam umbi. *B. subtilis* juga mampu melarutkan P di dalam tanah sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara tersebut diserap oleh tanaman (Blake *et al.*, 2021). Penyerapan P oleh akar melalui sekresi fosfatase dan asam organik dengan berat molekul rendah seperti asam format, asam asetat, asam laktat, asam glikolat, asam fumarat, dan asam suksinat yang mengasamkan lingkungan untuk membantu konversi fosfat anorganik menjadi fosfat bebas (Tsotetsi *et al.*, 2022). *Bacillus* sp dapat pula melarutkan K yang tidak larut karena terikat dengan dengan mineral lain menjadi bentuk nutrisi yang tersedia bagi tanaman melalui pengasaman (Etesami *et al.*, 2023). Selain itu, *B. subtilis* memfasilitasi ketersediaan Fe di daerah rizosfer melalui pengasaman oleh siderofor yang dihasilkan bakteri tersebut (Blake *et al.*, 2021). Siderofor memiliki kemampuan pengkelat dan menyediakan hara Fe sehingga mudah diserap oleh akar (Tsotetsi *et al.*, 2022) untuk meningkatkan kapasitas fotosintesis tanaman (Mahapatra *et al.*, 2022). Dengan demikian, *Bacillus* sp. membantu mengubah bentuk kompleks nutrisi penting menjadi bentuk sederhana yang tersedia bagi tanaman.

*Trichoderma* sp. berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman melalui produksi vitamin, meningkatkan kelarutan nutrisi yang terkandung dalam rizosfer (fosfat, Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Mn<sup>4+</sup>, ZnO), dan melengkapi tanaman dengan unsur-unsur yang diperlukan (terutama nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikro) (Tyskiewicz *et al.*, 2022). Tanaman tidak dapat menyerap nutrisi secara langsung tetapi *Trichoderma* sp mengubah unsur hara organik menjadi anorganik yang dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam tanah sehingga mudah diserap akar tanaman (Asghar & Kataoka, 2021; Araujo *et al.*, 2023). Asghar & Kataoka (2021) melaporkan, pemberian *Trichoderma* RW309 mampu meningkatkan perombakan bahan organik sehingga berdampak pada pelepasan unsur hara yang tersedia bagi tanaman. *Trichoderma* sp menghasilkan enzim glikosidase, fosfatase, dan β-glikosidase yang berperan dalam merombak bahan organik.

Pada penelitian ini, limbah organik cair berupa air tahu, air kelapa, dan air bekas cucian beras berperan sebagai bahan pembawa yang menyediakan bahan organik untuk dirombak oleh *Bacillus* sp dan *Trichoderma* sp. dari senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hasil perombakan berupa nutrisi akan dimanfaatkan bawang wakegi untuk meningkatkan hasil jumlah dan berat umbi. Ini dibuktikan dengan kinerja *Bacillus* sp dan *Trichoderma* sp. yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai menggunakan bahan pembawa butiran jagung (Poveda & Eugui, 2022).

Pada pengamatan diameter umbi menunjukkan bahwa perlakuan konsorsium *Bacillus* sp.DB12 + *Trichoderma* sp (P4) berbeda nyata dengan semua perlakuan. Perlakuan konsorsium *Bacillus* sp.DB12 + *Trichoderma* sp (P4) memberikan hasil diameter umbi (2,21 cm) lebih tinggi dari pada perlakuan tunggal (1,83 – 1,87 cm) dan kontrol (1,61 cm).

**Tabel 2. Rerata Jumlah Umbi, Berat Umbi (g), dan Diameter Umbi (cm) Bawang Wakegi per Rumpun Setelah Aplikasi Formula Mikrobia biofertilizer**

Perlakuan	Jumlah Umbi	Berat Umbi (g)	Diameter Umbi (cm)
P1	5,38a	35,77a	1,61a
P2	7,91b	38,14b	1,87b
P3	7,71b	39,01b	1,83b
P4	8,05b	40,19b	2,21c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT taraf 5%

*Bacillus* sp dan *T. harzianum* dikenal memiliki kemampuan merombak bahan organik menjadi unsur hara yang tersedia bagi tanaman (Silvi *et al.*, 2023), meningkatkan laju penyerapan dan akumulasi makronutrien, serta memiliki kontribusi terhadap ketersediaan nutrisi (da Costa *et al.*, 2022). Li *et al.* (2023) melaporkan, aplikasi *Bacillus* sp dan *T. harzianum* pada tanaman tembakau dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara berupa bahan organik, nitrogen, fosfat, dan kalium lebih baik dibanding kontrol (tanpa mikrobia). Selain itu, aktivitas enzim yang disekresikan mikrobia tersebut seperti  $\beta$ -glukosidase, dehidrogenase, selulase, sukrase, asam fosfatase, urease, aryl-acylamidase dan katalase sangat berperan dalam proses dekomposisi bahan organik juga meningkat.

Peningkatan diameter umbi bawang wakegi pada penelitian ini diduga disebabkan oleh ketersediaan unsur hara yang cukup dan peningkatan penyerapan unsur hara oleh akar yang mengakibatkan peningkatan aktivitas fotosintesis. Poromarto *et al.* (2022) menyatakan, ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman akan meningkatkan penyerapan unsur hara sehingga meningkatkan kemampuan tanaman dalam berfotosintesis dan meningkatkan hasil tanaman. Pemanfaatan *Bacillus* sp DB12 dan *Trichoderma* sp dalam formula biofertilizer ini terbukti mampu menambah ukuran diameter umbi karena kehadiran mikroba tersebut dapat meningkatkan aksesibilitas unsur hara oleh akar tanaman. Li *et al.* (2023) melaporkan, sinergitas *Bacillus* sp dan *Trichoderma* sp dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar sehingga meningkatkan penyerapan unsur hara yang lebih efektif. Semakin banyak unsur hara dan air yang dapat diserap oleh tanaman maka semakin cepat terjadi pembelahan dan pertumbuhan sel sehingga mendorong pertumbuhan daun baru yang lebih banyak. Jumlah daun yang semakin banyak mendukung penyerapan cahaya yang semakin besar sehingga proses fotosintesis semakin meningkat (Lestari *et al.*, 2017). Hasil fotosintesis berupa fotosintat di daun kemudian didistribusikan ke umbi yang akan mendorong pertumbuhan sel-sel umbi menjadi lebih besar. Menurut Prasetyo & Ernita (2022), pembelahan dan pembesaran sel dapat menyebabkan jumlah dan ukuran sel bertambah sehingga mengakibatkan diameter umbi bertambah lebar. Penumpukan fotosintat menyebabkan pembentukan biomassa umbi semakin meningkat sehingga ukuran umbi menjadi lebih besar. Hasil fotosintesis ini menyediakan karbohidrat untuk pertumbuhan dan penyimpanan di dalam umbi (Bachie *et al.*, 2019). Fansyuri & Armaini (2019) melaporkan, unsur hara yang diserap tanaman akan ditranslokasikan ke daun untuk meningkatkan laju fotosintesis dan fotosintat yang dihasilkan akan digunakan untuk pembentukan dan pengisian umbi. Semakin tinggi serapan unsur hara oleh akar bawang merah maka akan semakin besar diameter umbi yang dihasilkan (Suntari *et al.*, 2023). Pertambahan ukuran diameter umbi pada bawang wakegi ini tampaknya sangat bergantung pada ketersediaan hara yang cukup melalui peranan mikrobia yang diaplikasikan dalam bentuk formula biofertilizer.

Kemampuan konsorsium *Bacillus* sp. DB12 + *Trichoderma* sp. (P4) meningkatkan diameter umbi mengindikasikan bahwa keduanya saling berinteraksi dan bekerjasama dalam formula berbentuk konsorsium. Asri & Zulaika (2016) menyatakan, komunitas mikrobia yang hidup dalam bentuk konsorsium akan lebih berhasil merombak senyawa kimia dibandingkan mikrobia tunggal. Hasil penelitian Abdelgalil *et al.* (2016) telah membuktikan bahwa kinerja kombinasi *Bacillus* sp dan *Trichoderma* sp lebih baik dalam meningkatkan hasil gandum bila dibandingkan dengan isolat mikrobia secara tunggal. Hal ini disebabkan kehidupan mikrobia dalam suatu konsorsium akan saling bersinergi bila keadaan nutrisi cukup tersedia dan menghasilkan produk yang dapat menunjang pertumbuhan suatu mikrobia tunggal untuk dimanfaatkan bersama-sama.



## KESIMPULAN

Aplikasi biofertilizer berbahan aktif *Bacillus* sp. DB12 dan *Trichoderma* sp, dalam formula limbah organik cair, baik secara tunggal maupun konsorsium, dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil bawang wakegi. Formula berbahan aktif konsorsium *Bacillus* sp. DB12 dan *Trichoderma* sp (P4) merupakan perlakuan terbaik karena dapat meningkatkan tinggi tanaman (36,74 cm), jumlah daun (30,40 helai), jumlah umbi per rumpun (8,05), berat umbi per rumpun (40,19 g), dan diameter umbi per rumpun (2,21 cm).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, yang telah memberikan fasilitas dana hibah internal kepada Peneliti untuk Penelitian Unggulan berdasarkan Nomor Kontrak : 755.o/UN28.2/PL/2024.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelgalil, M. AS., Osama MS Harb, O. MS., Abo-Elhamd, A. E. S., Ibrahim, M. M., & Hassan. A. A. (2016). The Integration of microbial inoculation and organic fertilization to improve the productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) in New Land. *Journal of Advanced Laboratory Research in Biology*, 7(3): 66 – 75.
- Araujo, T. B., Schuelter, A. R., Souza, I. R. P., Coelho, S. R. M., & Christ, D. (2023). Growth promotion in maize inoculated with *Trichoderma harzianum*. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 22(1269): 1 - 19. <https://doi.org/10.18512/rbms2023v22e1269>
- Asghar, I., Ahmed, M., Farooq, M.A., Ishtiaq, M., Arshad, M., Akram, M., Umair, A., Alrefaei, AF., Jat Baloch, MY & Naeem A (2023). Characterizing indigenous plant growth promoting bacteria and their synergistic effects with organic and chemical fertilizers on wheat (*Triticum aestivum*). *Front. Plant Sci.* 14:1232271. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1232271>
- Asghar, W. & Kataoka, R. (2021). Effect of co-application of *Trichoderma* sp. with organic composts on plant growth enhancement, soil enzymes and fungal community in soil. *Archives of Microbiology*. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02413-4>
- Asghar, W., Craven, K. D., Kataoka, R., Mahmood, A., Asghar, N., Raza, T. & Iftikhar, F. (2024). Review: The application of *Trichoderma* sp., an old but new useful fungus, in sustainable soil health intensification: A comprehensive strategy for addressing. *Plant Stress* 12, 100455. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100455>
- Asiandu, A. P., Widjajanti, H., & Rosalina, R. (2021). The potential of tofu liquid waste and rice washing wastewater as cheap growth media for *Trichoderma* sp. *J. Environ. Treat. Tech.* 9(4): 769-775. [https://doi.org/10.47277/JETT/9\(4\)775](https://doi.org/10.47277/JETT/9(4)775)
- Asri, A. C. & Zulaika, E. (2016). Sinergisme antar isolat azotobacter yang dikonsorsiumkan. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 5(2): 2337-3520. <https://media.neliti.com/media/publications/129674-ID-sinergisme-antar-isolat-azotobacter-yang.pdf>
- Asrul, Rosmini, Layukan, S., Nurafifah, Suryani, L., & Mifda. (2024). Utilization of liquid organic waste as a formulation of biopesticide with *Bacillus* sp. DB12 for controlling *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. The 2nd international interdisciplinary conference on environmental sciences and sustainable development (IICESD) 7 – 8 November 2022. [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-334-4\\_34](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-334-4_34)
- Aziz, M., Ara, N., Zubair, S., Ullah, A., Ahmad, N., Hayat, W. & Shah, S. (2023). Effect of *Trichoderma harzianum* on Growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Xi'an Shiyou University, Natural Science Edition*. 19(2): 1795- 1805. <http://xisdxjxsu.asia>

- Bachie, O. G., Santiago, L. S. & McGiffen, M. E. (2019). Physiological responses of onion varieties to varying photoperiod and temperature regimes. *Agriculture* 9(214): 1 – 9; doi:10.3390/agriculture9100214
- Blake, C., Christensen, M. N. & Kov. A. T. (2021). Molecular aspects of plant growth promotion and protection by *Bacillus subtilis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 34(1): 15–25. <https://doi.org/10.1094/MPMI-08-20-0225-CR>
- Chieb, M. & Gachomo, E. W. (2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC Plant Biology*, 23:407. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04403-8>
- da Costa, S. D. A., Cardoso, A. F., de Castro, G. L., S., Junior, D. D. da S., da Silva, T. C., & da Silva, G. B. (2022). Co-Inoculation of *Trichoderma asperellum* with *Bacillus subtilis* to promote growth and nutrient absorption in Marandu grass. *Hindawi Applied and Environmental Soil Science*, 2022, Article ID 3228594, 13 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/3228594>
- Debasis, M., Snezana, A., Panneerselvam P., Manisha, Ansuman, S., Tanja, V., Ganeshamurthy A.N., Devvret, V., Poonam, Radha T.K. & Divya, J. (2019). Review paper: plant growth promoting microorganisms (PGPMs) helping in sustainable agriculture: current perspective. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 7 (2): 50 – 74.
- El-Khair, H., A., Haggag, K. H. E., & El-Nasr, H. I. S. (2018). Field application of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis* combined with Rhizobium for controlling Fusarium root rot in Faba bean in organic farming. *Middle East J. Appl. Sci.*, 8(3): 865-873.
- Etesami, H., Jeong, B. R., & Glick, B. R. (2023). Potential use of *Bacillus* sp. as a effective biostimulant against abiotic stresses in crops—A review. *Current Research in Biotechnology* 5 (100128):1 – 25. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2023.100128>
- Fansyuri, H. & Armaini. (2019). Pengaruh pemberian pupuk guano terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jom Faperta*, 6(1): 1 – 8. <https://doi.org/10.33059/jupas.v6i2.1767>
- Hafiz, F. B., Moradtab, N., Goertz, S., Rietz, S., Dietel, K., Rozhon, W., Humbeck, K., Geistlinger, J., Neumann, G., & Schellenberg, I. (2022). Synergistic effects of a root-endophytic *Trichoderma* fungus and *Bacillus* on early root colonization and defense activation against *Verticillium longisporum* in Rapeseed. *MPMI* 35(5):380–392. <https://doi.org/10.1094/MPMI-11-21-0274-R>
- Hanudin, Marwoto, B., Hersanti, & Muharam, A. (2012). Compatibilities of *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, and *Trichoderma harzianum* to control *Ralstonia solanacearum* on potato. *J. Hort.* 22(2):172-179. <https://doi.org/10.21082/jhort.v22n2.2012.p173-180>
- Hersanti, Sudarjat, & Damayanti, A. (2019). Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. dalam silika nano dan serat karbon untuk menginduksi ketahanan bawang merah terhadap penyakit bercak ungu (*Alternaria porri* (Ell.) Cif). *Jurnal Agrikultura*, 30(1): 8-16. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v30i1.22698>
- Hossain, M. A., Swarna F. T., Al Arabi, R., & Hamim, I. (2023). *Trichoderma asperellum* suppresses viral diseases and promotes the growth and yield of country bean. *Front. Agron.* 5:1150359. <https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1150359>
- Imanullah, A. 2024. Produksi Bawang Merah di Sulawesi Tengah Mencapai 2.792 Ton, Pemprov Optimis Meningkatkan. Diakses pada Oktober 2024 dari artikel : <https://monitorday.com/produksi-bawang-merah-di-sulawesi-tengah-mencapai-2-792-ton-pemprov-optimis-meningkat/>

Pengujian Bahan Aktif Formula Biofertilizer Cair terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang  
Wakegi (*Allium × wakegi* Araki)

- Kariuki, C. K., Mutitu, E. W., and Muiru, W. M. (2020). Effect of *Bacillus* sp. and *Trichoderma* sp species in the management of the bacterial wilt of tomato (*Lycopersicum esculentum*) in the field. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 30(109):1 -8. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00310-4>
- Kejela, T. (2024). Phytohormone-Producing Rhizobacteria and Their Role in Plant Growth. In: Ali, B. dan Iqbal, J. New Insights Into Phytohormones. *Licensee IntechOpen*. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.1002823>
- Lestari, M., Listiawati, A., & Arifin, N. (2017). Pengaruh paket nutrisi terhadap pertumbuhan dan hasil selada secara hidroponik. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 6(1): 1 – 9. doi: <http://dx.doi.org/10.26418/jspe.v6i1.19692>
- Li, J., Deng, G., Liu, H., Wang, X., U. Zaman, Q., Sultan, K., Saud, S., El-Kahtany, K., Fahad, S., Facong Qian, F., & Chen, S. (2023). Plant-Growth-Promoting Bioagents: A sustainable tool for improving the soil health, enhancing the growth and antioxidative defense system of tobacco. *Plant Stress* 10(100238): 1 – 14. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100238>
- Mahapatra, S., Yadav, & Ramakrishna. (2022). *Bacillus subtilis* impact on plant growth, soil health and environment. *J Appl Microbiol*, 132:3543–3562. <https://doi.org/10.1111/jam.15480>.
- Mahato, S., Bhuju, S., & Shrestha, J. (2018). Effect of *Trichoderma viride* as biofertilizer on growth and yield of wheat. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture (MJSA)* 2(2): 01-05. <http://doi.org/10.26480/mjsa.02.2018.01.05>
- Mannai, S. & Boughalleb-M'Hamdi, N. (2023). Evaluation of *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* and *i* species efficacy in controlling *Pythium ultimum* associated with apple seedlings decline in nurseries and their growth promotion effect. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 33:59. <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00705-z>
- Mejia-Bautista, M. A., Cristobal-Alejo, J., Pacheco-Aguilar, J. R., and Reyes-Ramirez. (2022). *Bacillus* sp. on the growth and yield of *Capsicum chinense* Jacq. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 13(1): 115 – 126. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2664>
- Miljakovic, D., Marinkovic, J., & Balešević-Tubić, S. (2020). The Significance of *Bacillus* sp. in disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops. *Microorganisms*, 8(1037):1 – 19. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071037>
- Mirskaya, G.V., Khomyakov, Y.V., Rushina, N.A., Vertebny, V.E., Chizhevskaya, E.P., Chebotar, V.K., Chesnokov, Y.V., & Pishchik, V.N. (2022). Plant development of early-maturing spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under inoculation with *Bacillus* sp. V2026. 11, 1817. <https://doi.org/10.3390/plants11141817>
- Moreira, V. d. A., Oliveira, C. E. d. S., Jalal, A., Gato, I. M. B., Oliveira, T. J. S. S., Boleta, G. H. M., Giolo, V. M., Vitória, L. S., Tamburi, K. V., & Filho, M. C. M. T. (2022). Inoculation with *Trichoderma harzianum* and *Azospirillum brasilense* increases nutrition and yield of hydroponic lettuce. *Archives of Microbiology*, 204:440. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03047-w>.
- Nawaal, N., Guniarti, Moeljani, I. R., & Suryaminarsih, P. (2022). Application of *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. for promoting generative plants growth of cherry tomato (*Lycopersicum cerasiformae* Mill.). *Journal of Agro Science* 10(2): 126 – 131. <https://doi.org/10.18196/pt.v10i2.11706>
- Novatriana, C. & Hariyono, D. (2020). Application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and effect on growth and yield of shallot (*Allium ascalonicum* L.). *Plantropica: Journal of Agricultural Science* 2020. 5(1): 1-8. <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2020.005.1.1>
- Oktrisna, D., Puspita, F., & Zuhry, E. (2017). Test of endophytic *Bacillus* sp. bacteria formulated with some waste toward paddy (*Oryza sativa* L.). *Jom Faperta* 4(1): 1 – 12

- Poromarto, SH., R Putri, R., Widono, S., Supyani, & Hadiwiyono. (2022). Effectiveness and Compatibility of *Bacillus* and *Trichoderma* in increasing disease tolerance of garlic to basal rot caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1018 (012009). *1st International Conference on Agriculture, Food, and Environment*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1018/1/012009>
- Poveda, J. & Eugui, D (2022). Combined use of *Trichoderma* and beneficial bacteria (mainly *Bacillus* and *Pseudomonas*): Development of microbial synergistic bio-inoculants in sustainable agriculture. *Biological Control*, 175, 105100 Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105100>
- Prasetyo, A., & Ernita. (2022). Respon pertumbuhan serta produksi tanaman bawang merah (*Allium Ascalonicum* L.) terhadap pupuk NPK organik dan POC urin sapi. *Jurnal Agroteknologi Agribisnis dan Akuakultur*, 2(2), 1–13. <https://doi.org/10.25299/jaaa.v2i2.11155>
- Rizal, S. & Susanti, T. D. (2018). Peranan jamur *Trichoderma* sp yang diberikan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L.). *Sainmatika*, 15(1): 23 – 29. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v15i1.1759>
- Siahaan, G. F. & Tyasmoro, S. Y. (2019). Uji efektivitas penggunaan pupuk hayati kayabio pada pertumbuhan dan hasil tanaman kubis (*Brassica oleraceae* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* 7(6): 1090–1099.
- Silva, P.H.V., Souza, A.G.V., de Araujo, L.D., Frezarin, E.T., de Souza, G.V.L., da Silveira, C.M., & Rigobelo, E.C. (2023). *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis* in Association with Rock Powder for the Initial Development of Maize Plants. *Agronomy*,13(872): 1 - 15. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030872>
- Sudantha, I. M., Aryana, I. G. P. M., & Ernawati, N. M. L. (2023). Pengaruh komposisi biokompos dan biochar *Trichoderma* sp. dari limbah kotoran sapi sebagai media tanam terhadap pertumbuhan dan ketahanan terinduksi bibit pisang terhadap penyakit layu *Fusarium*. *Prosiding Saintek LPPM Universitas Mataram*, 5: 55 – 66.
- Suntari, R., Hapsari, S. M., & Kurniawan, S. (2023). Upaya peningkatan serapan unsur hara dan hasil bawang merah di inceptisols malang melalui optimalisasi dosis pupuk majemuk. *Agrika*, 17(1): 104 - 118. doi: <https://doi.org/10.31328/ja.v17i1.4574>
- Tsotetsi, T., Nephali, L., Malebe, M., & Tugizimana, F. (2022). *Bacillus* for plant growth promotion and stress resilience: what have we learned?. *Plants*, 11, 2482. <https://doi.org/10.3390/plants11192482>
- Tyskiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszek-Scisiel, J. (2022). *Trichoderma*: the current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23, 2329. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>
- Yao X, Guo H, Zhang K, Zhao M, Ruan J & Chen J. (2023). *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Front. Microbiol* 14:1160551. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>
- Zani, R. Z. & Anhar, A. (2021). Respon *Trichoderma* sp. terhadap indeks vigor benih dan berat kering kecambah padi varietas sirandah batuampa. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 8(1): 1-6. <https://doi.org/10.29407/jbp.v8i1.15606>