

Aktivitas Antagonistik Konsorsium Bakteri Rhizosfer (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) dalam Meningkatkan Penghambatan Pertumbuhan *Rhizoctonia solani* Kühn Secara In Vitro

Yuniar Harvianti¹, Rina Sri Kasiamdari²

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia.

²Jurusan Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Email: yuniarharvianti@mipa.unsri.ac.id

ABSTRACT

Sheath blight disease caused by *Rhizoctonia solani* Kühn is one of the major constraints in rice cultivation. Biological control using rhizospheric Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) offers a promising eco-friendly alternative. PGPR were chosen because they colonize roots and suppress pathogens via antibiosis, nutrient competition, lytic enzymes, and induced plant resistance. This study aimed to evaluate the antagonistic activity of PGPR bacterial consortia isolated from organic (KISO) and non-organic (KISN) rice fields in inhibiting *R. solani* under in vitro conditions. Antagonistic activity was assessed through dual culture assays, microscopic observation of hyphal abnormalities, inhibition of sclerotial germination, and lesion formation on rice leaves. KISN showed the highest inhibition of hyphal growth (85.66%), accompanied by hyphal shrinkage, curling, and lysis, whereas KISO inhibited hyphal growth by 43.33%. Both consortia completely suppressed sclerotial germination (0% germination). On rice leaves, KISO reduced lesion development by 73% (disease severity score 2), while KISN gave 100% inhibition (score 0). These findings indicate that both consortia, particularly KISN, show strong antagonistic activity against *R. solani* in vitro and merit further evaluation in greenhouse and field trials.

Keywords: PGPR, *Rhizoctonia solani*, bacterial consortium, antagonism, sheath blight

ABSTRAK

Penyakit hawar pelepah yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani* Kühn merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya padi. Pengendalian biologis menggunakan bakteri rhizosfer Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) menjadi alternatif ramah lingkungan yang potensial. PGPR dipilih karena mampu mengkolonisasi perakaran dan menekan patogen melalui antibiosis, kompetisi nutrisi, enzim litik, dan induksi ketahanan tanaman. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi aktivitas antagonistik konsorsium bakteri PGPR yang diisolasi dari sawah organik (KISO) dan nonorganik (KISN) dalam menghambat pertumbuhan *R. solani* secara in vitro. Pengujian dilakukan melalui uji antagonis *dual culture*, pengamatan abnormalitas hifa, penghambatan perkecambahan sklerotium, serta pembentukan lesi pada daun padi. KISN menunjukkan penghambatan pertumbuhan hifa tertinggi (85,66%) disertai abnormalitas hifa berupa pengecilan, pelengkungan, dan lisis, sedangkan KISO menghambat hifa sebesar 43,33%. Kedua konsorsium menghambat sepenuhnya perkecambahan sklerotium (0% perkecambahan). Pada daun padi, KISO menekan perkembangan lesi sebesar 73% (skor keparahan 2), sedangkan KISN menunjukkan daya hambat 100% (skor 0). Temuan ini menunjukkan bahwa kedua konsorsium, terutama KISN, memiliki aktivitas antagonis yang kuat terhadap *R. solani* secara in vitro dan layak diuji lebih lanjut pada skala rumah kaca dan lapang.

Kata Kunci: PGPR, *Rhizoctonia solani*, konsorsium bakteri, antagonis, hawar pelepah padi

PENDAHULUAN

Hawar pelepah yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani* Kühn merupakan salah satu penyakit padi yang paling merugikan secara ekonomi. Kehilangan hasil padi akibat penyakit ini dilaporkan rata-rata berkisar 20–35% di beberapa negara penghasil beras (Nuryanto, 2018), dan pada kondisi tertentu dapat mencapai 20% hingga 70% (Reedoy et al., 2025). Patogen ini bertahan sebagai sklerotium, yaitu sel istirahat yang dapat berkecambah kembali menjadi miselium ketika kondisi lingkungan mendukung (Ravali & Rai, 2024). Pengendalian dengan fungisida sintetik memang efektif, tetapi penggunaan yang tidak tepat berdampak buruk pada lingkungan dan hewan serta dapat memicu resistensi fungisida pada subpopulasi patogen (Reedoy et al., 2025). Karena itu, diperlukan alternatif pengendalian hayati yang lebih ramah lingkungan.

Pengendalian penyakit ini dapat digunakan dengan menggunakan bakteri rhizosfer yang berasosiasi dengan tanaman padi tersebut. Kelimpahan bakteri rhizosfer dipengaruhi oleh komposisi tanah pada lokasi tersebut serta banyaknya bakteri-bakteri yang berkolonisasi di daerah tersebut (Harvianti & Kasiamdari, 2021). Bakteri rhizosfer merupakan bakteri yang berada di sekitar perakaran tanaman yang keberadaannya dapat menunjang pertumbuhan tanaman tersebut termasuk dalam menghambat patogen-patogen tular tanah seperti *Rhizoctonia solani*. Mikrobia rhizosfer bertindak sebagai langkah pertama pertahanan tanaman terhadap patogen yang ditularkan melalui tanah. Mekanisme yang mendasari penekanan pertumbuhan patogen dalam tanah dengan berbagai cara seperti kompetisi untuk memperoleh nutrisi, bersama dengan parasitisme, mikoparasitisme dan amensalisme di rhizosfer mengacu pada produksi suatu senyawa oleh mikroorganisme, dari metabolit sekunder dengan aktivitas antimikroba spektrum spesifik atau luas yang dapat menekan pertumbuhan cendawan patogen (Raaijmakers & Mazzola, 2012) (Roy et al., 2022). PGPR mendiami akar tanaman dan memberikan efek positif mulai dari mekanisme pengaruh langsung hingga efek tidak langsung. PGPR dapat mendukung kesehatan tanaman dengan meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan ketersediaan nutrisi dan penyerapannya (Méndez-Bravo et al., 2018).

Bakteri rhizosfer yang memiliki daya antagonisme terhadap patogen tular tanah (*soil-borne disease*) melalui mekanisme antagonis berupa persaingan hidup, parasitisme, antibiosis, dan *Induced Systemic Resistance*. (Roy et al., 2022) melaporkan bahwa cendawan *R. solani* dan mikroorganisme lain berperan sebagai saprofit pada bahan organik dan sebagian besar mikroorganisme tanah menjadi bersifat antagonistik terhadap *R. solani* pada bahan organik yang telah terdekomposisi. Pada padi, bakteri terformulasi dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* mampu menurunkan panjang lesi hawar pelepah hingga 55,25% pada uji lapang (Reedoy et al., 2025). Efektivitas *Bacillus* sp. REB711 diduga berasal dari kompetisi, antibiosis, dan/atau induksi sistem pertahanan tanaman (Maharjan et al., 2023). Sebagian besar penelitian tersebut masih menggunakan isolat tunggal. Isolat tunggal dapat kurang stabil hanya dengan efikasi satu isolat bakteri terhadap berbagai galur *R. solani* sangat bervariasi, dari 36,23% hingga 88,24% (Yu et al., 2017).

Bakteri rhizosfer membutuhkan bantuan bakteri lain untuk berkolonisasi. Kolonisasi akar yang kurang memadai juga dilaporkan menjadi salah satu penyebab isolat tunggal tidak mengendalikan penyakit dengan baik. Sebagaimana yang telah hasil penelitian dari (Fatima et al., 2009) mengatakan bahwa aplikasi isolat tunggal tidak mengendalikan penyakit dengan cara yang lebih baik mungkin terkait dengan kolonisasi akar yang tidak memadai. Penelitian oleh (De Boer et al., 2003) melaporkan bahwa hasil penghambatan WPR-51 dan campuran tiga isolat bakteri rhizosfer sangat berpotensi dalam menghambat pertumbuhan miselium *R. solani* dengan persentase penghambatan mencapai 99% dibandingkan dengan isolat bakteri rhizosfer lain. Kombinasi beberapa isolat berpotensi saling melengkapi dalam kolonisasi dan mekanisme antagonisme (Sarma et al., 2015) (James & Mathew, 2015).

Penelitian sebelumnya mengenai konsorsium PGPR terhadap *R. solani* pada padi masih terbatas pada satu parameter, umumnya uji antagonis pada cawan atau uji tanaman. Informasi mengenai aktivitas konsorsium bakteri rizosfer dari sawah dengan pengelolaan berbeda (organik dan

nonorganik) terhadap tiga fase *R. solani* sekaligus, yaitu pertumbuhan hifa, perkecambahan sklerotium, dan pembentukan lesi, masih belum banyak dilaporkan. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukanlah penelitian ini untuk mengetahui aktivitas antagonistik konsorsium dari bakteri PGPR yang diisolasi dari sawah organik dan nonorganik sebagai agen biokontrol yang berpotensi dalam menekan pertumbuhan cendawan patogen *R. solani* secara in vitro. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memberikan informasi lebih lanjut mengenai potensi pengembangan bakteri rhizosfer sebagai biofertilizer dalam meningkatkan produktivitas padi melalui penghambatan patogen tular tanah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Falitma Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif eksperimental yang dilakukan di laboratorium secara in vitro. Pengujian dilakukan dengan membuat konsorsium bakteri dan menguji efektivitasnya terhadap pertumbuhan *Rhizoctonia solani* Kühn meliputi hifa, perkecambahan sklerotium dan terbentuknya lesi pada daun secara in vitro. Seluruh pengujian dilakukan dengan tiga ulangan ($n = 3$) untuk setiap perlakuan (KISO, KISN, dan kontrol). Data yang dihasilkan berupa angka atau ukuran terukur, seperti panjang hifa, persentase perkecambahan sklerotium, atau luas lesi pada daun. Variabel bebas (pemberian konsorsium bakteri) dan pengamatan terhadap pengaruhnya pada variabel terikat (pertumbuhan *Rhizoctonia solani* Kühn).

Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, tabung reaksi, rak tabung, jarum ose bulat dan lurus, inkubator, inkubator shaker, Laminar Air Flow (LAF) dan hot plate and stirrer, mikropipet dan tip, Bunsen, mikroskop, kaca preparat dan deck glass.

Pada penelitian ini menggunakan bahan berupa isolat bakteri PGPR yang diperoleh dari perakaran padi pada sawah organik dengan nama isolat ISO 6, ISO 11 dan ISO 15 serta dari sawah nonorganik dengan nama isolat ISN 2, ISN 3 dan ISN 7, media PDA (Potato Dextrose Agar), NB (Nutrient Broth), reagen pewarnaan (safranin, minyak imersi).

Pembuatan Konsorsium Bakteri PGPR

Bakteri PGPR yang digunakan merupakan koleksi dari Harvianti & Kasiamdari (2021) yang merupakan bakteri yang memiliki aktivitas PGPR tertinggi yang diisolasi dari sawah organik (Kode isolat ISO 6, ISO 11 dan ISO 15) dan nonorganik (Kode isolat ISN 2, ISN 3 dan ISN 7). Masing-masing isolat dibuat dalam bentuk konsorsium yang mewakili habitatnya yaitu konsorsium bakteri dari sawah organik (kode isolat KISO) dan Konsorsium bakteri dari sawah nonorganik (KISN).

Kultur bakteri yang akan digunakan dengan kerapatan populasi 10^8 cfu/mL. Konsorsium bakteri PGPR disiapkan dengan cara bakteri dari masing-masing lokasi yang memiliki aktivitas PGPR tertinggi diremajakan pada media NA diperbanyak dengan menggunakan media NB. Selanjutnya diinkubasi pada shaker selama 1 x 24 jam dengan kecepatan 150 rpm pada suhu ruang. Pembuatan konsorsium dilakukan dengan mencampurkan kultur cair ketiga isolat PGPR (masing-masing 10^8 cfu/mL) dengan volume yang sama, yaitu 1 mL setiap suspensi bakteri, ke dalam botol kultur berisi 50 mL media NB. Konsorsium tersebut diinkubasikan pada shaker selama 18- 24 jam, dengan kecepatan 150 rpm dalam suhu ruang (James & Mathew, 2015).

Uji Antagonis Konsorsium Bakteri Rhizosfer terhadap Cendawan *Rhizoctonia solani*

Uji antagonis terhadap *R. solani* dilakukan dengan menggunakan suspensi bakteri rhizosfer campuran (konsorsium). Suspensi konsorsium (10^8 cfu/mL) digoreskan lurus sepanjang 6 cm pada cawan Petri berdiameter 9 cm berisi PDA, berjarak 3 cm dari tepi cawan. Plug miselium *R. solani* berdiameter 6 mm diletakkan di sisi berseberangan, berjarak 3 m dari tepi cawan, sehingga jarak

antara goresan bakteri dan plug jamur berkisar 2,5 cm. Kontrol hanya berisi plug *R. solani* pada posisi yang sama. Semua perlakuan diinkubasi pada suhu 25 ± 2 °C selama tujuh hari. Pada hari ke-7, jari-jari koloni jamur menuju dan menjauhi goresan bakteri diukur dengan penggaris untuk menghitung persentase penghambatan pertumbuhan miselia. Semua isolat bakteri diuji aktivitas antagonisnya dilakukan dengan tiga ulangan ($n = 3$). Jari-jari koloni cendawan menuju dan menjauh dari koloni bakteri dicatat untuk menghitung persentase penghambatan pertumbuhan miselia, menggunakan rumus:

$$\% \text{ Penghambatan} = [(R-r)/R \times 100\%]$$

Dimana R adalah jari-jari pertumbuhan cendawan menjauhi bakteri, dan r adalah jari-jari pertumbuhan cendawan menuju perlakuan bakteri (Méndez-Bravo et al., 2018).

Pengamatan struktur hifa abnormal

Pengamatan struktur hifa yang abnormal dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Pengamatan difokuskan pada ujung miselium di daerah yang menjadi zona hambat cendawan patogen. Abnormalitas hifa cendawan seperti pembengkokan ujung hifa, hifa lisis, hifa kerdil, hifa melilit ataupun hifa putus diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x (Riquelme et al., 2018).

Penghambatan Perkecambahan miselium dari sklerotium *R.solani*

Efek penambahan suspensi konsorsium bakteri rhizosfer pada perkecambahan sklerotium *R. solani* diamati mengikuti metode sebelumnya oleh Kazempour, 2004. Secara singkat, sklerotium yang dikumpulkan dari miselia *R. solani* yang ditanam pada PDA (42 gr/L) disterilkan dengan larutan natrium hipoklorit 2% selama 2 menit dan dicuci dengan aquadest steril. Sklerotium yang disterilkan permukaan dimasukkan ke dalam kultur bakteri rhizosfer (10^8 cfu/ml) yang diinkubasi dalam inkubator shaker selama 24 jam pada suhu 25 °C dengan kecepatan 200 rpm. Sklerotium yang diinkubasi dalam kultur bakteri rhizosfer kemudian dikeluarkan dan ditempatkan di media PDA baru. Tingkat perkecambahan miselium dari sklerotium ditentukan setelah 72 jam inkubasi pada 25 °C (Maslennikova et al., 2023a). Setiap percobaan dilakukan dengan tiga ulangan ($n = 3$).

Penghambatan Bakteri Rhizosfer terhadap Perkembangan Lesi *R. solani* pada Daun Tanaman Padi

Uji penghambatan perkembangan lesi pada bagian daun padi oleh bakteri rhizosfer dilakukan mengikuti metode (Shrestha et al., 2016) dengan beberapa modifikasi. Bagian tanaman padi yang terdiri atas daun dari tanaman padi berumur dua bulan akan dipotong berukuran 6 cm. Potongan daun akan disterilkan permukaan dengan larutan natrium hipoklorit 1% selama 1 menit dan dicuci dengan aquadest steril. Potongan daun yang disterilkan kemudian ditempatkan pada cawan petri yang berisi kertas saring basah, dan ditekan dengan slide steril agar daun rata selama percobaan. Kultur bakteri rhizosfer akan ditumbuhkan dalam media NB dan diinkubasi dalam inkubator shaker pada 25 °C pada 200 rpm. Sebanyak 1 mL suspensi konsorsium bakteri rhizosfer (10^8 cfu/mL) diusapkan pada seluruh permukaan daun dengan kapas swab steril hingga merata. Selanjutnya miselium *R. solani* yang ditempatkan di tengah setiap potongan daun. Masing-masing perlakuan tersebut dilakukan dengan tiga ulangan ($n = 3$). Potongan daun ditambah miselium tanpa perlakuan bakteri rhizosfer digunakan sebagai kontrol. Cawan petri yang berisi potongan daun padi dan miselium *R.solani* diinkubasi pada suhu 25 °C selama 7 hari dengan periode cahaya 12 jam per hari. Perkembangan gejala pada potongan daun diamati secara visual setiap 24 jam. Panjang lesi diukur dengan penggaris dan tingkat keparahan lesi dinilai pada hari ke-7 setelah inkubasi. Panjang lesi relatif pada potongan pelepah daun dihitung dengan menggunakan rumus (Roy et al., 2022)

$$\text{Panjang Lesi Relatif (\%)} = (\text{Panjang Lesi})/(\text{Panjang Pelepah}) \times 100$$

Penilaian Tingkat Keparahan Lesi pada Daun

Setelah diinkubasi selama 7 hari, tingkat keparahan lesi pada daun dinilai dengan skala keparahan penyakit mulai dari 0 sampai 5. Peringkat 0 berarti tidak ada bukti infeksi, dan peringkat 1, 2, 3, 4 dan 5 mencerminkan luas permukaan lesi dengan persentase masing-masing sebesar 5, 25, 50, 75, dan 99-100% (Schwanck & Del Ponte, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi bakteri PGPR dalam bentuk konsorsium mampu menekan pertumbuhan miselium *R. solani* secara in vitro, dengan isolat konsorsium KISN mencapai penghambatan sebesar 85,66% dan KISO sebesar 43,33%. Selain itu, kedua isolat konsorsium (KISO dan KISN) juga mampu menghambat perkecambahan sklerotium *R. solani* hingga 100%. Pada pengujian penghambatan lesi daun padi, KISO menunjukkan penghambatan sebesar 73%, sedangkan KISN mampu menekan pembentukan lesi hingga 100% atau tanpa lesi sama sekali. Nilai penghambatan ini lebih tinggi dibandingkan hasil aplikasi secara tunggal pada penelitian sebelumnya oleh Harvianti & Kasiandari, 2021, yang melaporkan penghambatan miselium *R. solani* secara in vitro maksimum sebesar 81,33% oleh isolat tunggal ISN7 (*Pseudomonas aeruginosa*), dengan penghambatan lesi daun sebesar 100% (tanpa lesi) setelah 7 hari inkubasi. Hal ini mendukung bahwa kombinasi beberapa isolat bakteri PGPR dalam bentuk konsorsium memberikan efek antagonis yang lebih efektif dan konsisten dibandingkan aplikasi isolat tunggal, sejalan dengan pernyataan (James & Mathew, 2015) dan Sarma et al., 2015 bahwa kombinasi mikroorganisme dalam bentuk konsorsium dapat mengendalikan patogen tanaman dengan lebih efektif melalui kombinasi berbagai mekanisme pengendalian secara bersamaan.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa inokulasi bakteri memberikan efek pertumbuhan jamur ke arah bakteri menjadi terhambat, yaitu tanpa perlakuan dengan bakteri rhizosfer menyebabkan panjang hifa tumbuh lebih cepat memenuhi cawan petri dalam waktu 7 hari, sedangkan aktivitas penghambatan tertinggi ditunjukkan pada perlakuan dengan KISN untuk perlakuan isolat konsorsium yang merupakan bakteri-bakteri yang diisolasi dari sawah nonorganik. Sedangkan untuk isolat unggul dari sawah organik yang diformulasikan menjadi bentuk isolat konsorsium dengan kode isolat KISO. Semua perlakuan dengan pemberian bakteri menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Perbandingan pertumbuhan hifa *R. solani* pada perlakuan kontrol, KISO, dan KISN ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Uji *dual culture* isolat konsorsium bakteri rhizosfer dan *R.solani*

Gambar 1 dari hasil pengujian *dual culture* menunjukkan bahwa inokulasi konsorsium bakteri menyebabkan pertumbuhan hifa *R. solani* ke arah bakteri menjadi terhambat yang ditunjukkan dengan sebagian besar hifa *R.solani* tumbuh menjauhi bakteri rhizosfer setelah inkubasi selama 7 hari. Penelitian oleh Nasiroh et al., 2015 menyatakan ketika koloni jamur bertemu dengan koloni bakteri, kitin dari jamur akan menginduksi pembentukan kitinase pada bakteri. Bakteri akan memanfaatkan kitin dari hifa jamur menjadi sumber karbon, sehingga mampu menyebabkan hifa dan dinding sel jamur lisis dan tumbuh menjauhi bakteri. (Siti Ferniah et al., 2011) mengungkapkan bahwa mekanisme kitinolitik bakteri dalam menghambat pertumbuhan jamur terdapat dua tahap. Tahap pertama bakteri

akan menghasilkan enzim kitinase dan merusak komponen struktural jamur yaitu dinding selnya. Tahap kedua kerusakan dinding sel tersebut akan mempengaruhi permeabilitas membran sel jamur, sehingga sistem transpor zat antar sel jamur menjadi terganggu.

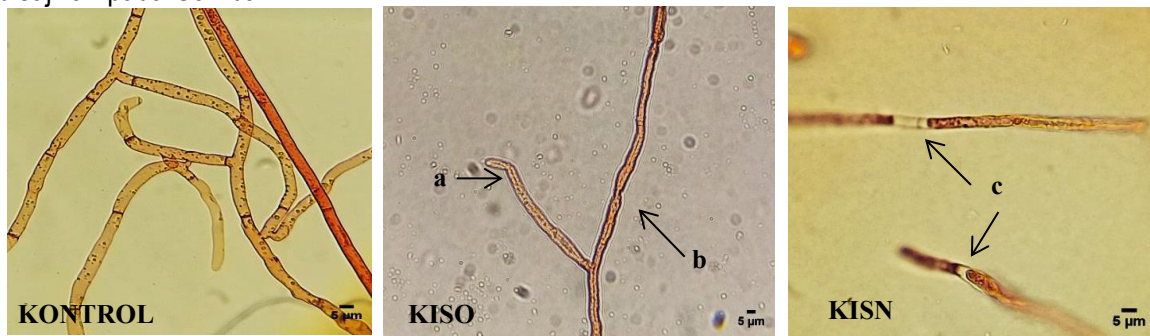
Adanya variasi persentase hambatan isolat bakteri konsorsium terhadap jamur *R.solani* dapat disebabkan oleh perbedaan kemampuan bakteri dalam menghasilkan kitinase (Khairah et al., 2023). Hal serupa ditunjukkan pada penelitian Muharni et al (2011) bahwa isolat bakteri kitinolitik BRK6 dari tanaman karet yang memiliki IK yang lebih tinggi dari isolat BRK7 memperoleh hasil tidak mampu menghambat pertumbuhan jamur. Penelitian (Suharti et al., 2023) juga menunjukkan bahwa isolat bakteri KR04 dan KR06 yang memiliki aktivitas kitinolitik yang tinggi memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan jamur lebih kecil dari pada isolat bakteri LK08 yang memiliki aktivitas kitinolitik lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya perbedaan jenis kitinase yang dihasilkan oleh masing-masing isolat bakteri rhizosfer yang digunakan.

Jenis kitinase yang berbeda mampu mempengaruhi aktivitas hidrolisis kitin dari isolat bakteri. Aktivitas enzim ChiA, ChiB, dan ChiC sangat bergantung pada bentuk dan kelarutan substrat kitin atau kitosan (Liu et al., 2023). ChiA diketahui memiliki kemampuan dalam menghidrolisis kitin paling cepat dibandingkan ChiB dan ChiC. ChiB mampu menghidrolisis kitin lebih cepat dari ChiC. Aktivitas ChiA, ChiB, dan ChiC juga dipengaruhi oleh jenis substrat kitin. ChiA paling baik dalam menghidrolisis koloidal kitin, sedangkan ChiC yang paling rendah aktivitasnya dalam menghidrolisis koloidal kitin. ChiA memiliki aktivitas paling tinggi dalam menghidrolisis kitin serbuk/padat dan kitosan, sementara ChiB memiliki aktivitas terendah. ChiC memiliki aktivitas tertinggi dalam menghidrolisis kitin yang terlarut dalam air dan glycol chitin, sedangkan ChiA memiliki aktivitas terendah (Liu et al., 2023). Oleh karena itu sangat penting mengetahui jenis kitinase yang dihasilkan dari setiap mikrobia. Bormann et al. (1999) menyatakan bahwa aktivitas penghambatan dari bakteri dapat pula dipengaruhi oleh jumlah enzim kitinase yang diproduksi dan jenis kitinase yang diproduksi. Aktivitas penghambatan pertumbuhan jamur dipengaruhi pula oleh kemampuan bakteri dalam menghasilkan protein pengikat kitin (*chitin binding protein*) yang dihasilkan saat perombakan kitin (Wang et al., 2021).

Tabel 1. Analisis hasil pengujian *dual culture* konsorsium bakteri rhizosfer dan *R.solani*

Kode isolat	R (pertumbuhan cendawan dari pusat lempeng menjauhi bakteri) (n=3)	R (pertumbuhan cendawan dari pusat lempeng mendekati bakteri) (n=3)	% Penghambatan = [(R-r)/R x 100%] (n=3)
K ISO	3 cm	1,7 cm	43,33 %
K ISN	3 cm	0,43 cm	85,66 %

Pengamatan struktur hifa abnormal dengan menggunakan mikroskop binokuler perbesaran 400x dapat diketahui bahwa *R.solani* memiliki diameter hifa yang relatif besar dengan percabangan dekat septum distal dari sebuah sel hifa dan terjadi penyempitan cabang hifa pada titik asal. Perubahan bentuk hifa *R. solani* akibat perlakuan konsorsium bakteri rhizosfer diamati di bawah mikroskop dan disajikan pada Gambar 2.

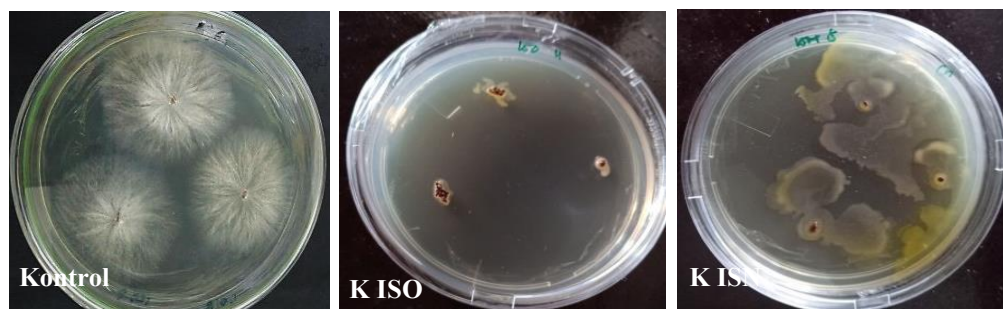


Gambar 2 Hasil pengamatan hifa abnormal *R.solani* dengan mikroskop perbesaran 400x (a) hifa melengkung (b) hifa mengecil (c) hifa lisis

Gambar 2 menunjukkan bahwa hifa *R. solani* mengalami perubahan bentuk setelah perlakuan uji *dual culture* dengan bakteri rhizosfer. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hifa jamur *R. solani* mengalami perubahan setelah diuji *dual culture* dengan bakteri rhizosfer dan diinkubasi selama 7 hari. Hifa tersebut mengalami perubahan bentuk menjadi mengecil, melengkung dan lisis. Ukuran Hifa normal dari jamur *R. solani* memiliki diameter berkisar antara 6-7 μm . Setelah uji *dual culture* hifa terlihat lebih mengecil terutama di daerah yang keriting mengalami penyempitan di beberapa titik. Selain itu, perubahan terlihat bahwa bagian pinggir hifa mengalami perubahan dari rata menjadi lebih keriting. hal tersebut dikarenakan bakteri rhizosfer, seperti *Bacillus* dan *Pseudomonas*, menghasilkan enzim seperti chitinase, protease, dan selulase yang mampu mendegradasi dinding sel jamur. Proses ini menyebabkan lisis dari hifa jamur, sehingga jamur tampak mengecil dan keriting (Maslennikova et al., 2023b). Bakteri rhizosfer dapat berpotensi menghasilkan metabolit seperti antibiotik (iturin, surfactin, fengycin, phenazine), siderofor, dan senyawa volatil organik (VOCs) yang bersifat toksik bagi jamur (Marzouk et al., 2021). Senyawa ini dapat menghambat pertumbuhan, menyebabkan perubahan morfologi (keriting, mengecil), dan akhirnya lisis sel jamur (Anwar Mahmood et al., 2022). *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus* spp. menghasilkan siderofor, VOCs, dan antibiotik yang menghambat pertumbuhan dan merusak struktur jamur (Carmona-Hernandez et al., 2019).

Perkecambahan sklerotium *Rhizoctonia solani* merupakan tahap kritis dalam siklus hidup patogen ini, yang berperan penting dalam infeksi tanaman dan penyebaran penyakit Sklerotium yang berfungsi sebagai alat penyebaran horizontal penyakit, terbentuk pada atau dekat daerah gejala dan mudah dilepas. Sklerotium adalah bentuk yang dapat dilihat dengan kasat mata pada koloni jamur. Umumnya bentuk sklerotium berbentuk globos/subgloboss berwarna gelap, terletak diantara hifa-hifa yang berfungsi sebagai resting cell untuk mencegah kepunahan. Apabila dalam keadaan lingkungan yang baik maka sklerotium dapat tumbuh menjadi hifa/miselium (Ravali & Rai, 2024).

Pengujian perkecambahan sklerotium ini dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri rhizosfer dalam menghambat perkecambahan sklerotium *R. solani*. Kemampuan konsorsium bakteri rhizosfer dalam menghambat perkecambahan sklerotium *R. solani* disajikan pada Gambar 3 dan Tabel 2.



Gambar 3. Perkecambahan sklerotium dan Panjang hifa *R. solani* selama 7 Hari Inkubasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa suspensi konsorsium bakteri PGPR dengan kode isolat KISO dan KISN memperoleh hasil tidak terdapat perkecambahan hifa/miselium dari jamur *R. solani*. Hal tersebut menunjukkan bahwa suspensi konsorsium bakteri PGPR dapat menghambat perkecambahan jamur *R. solani* secara efektif jika dibandingkan dengan kontrol.

Penghambatan perkecambahan sklerotium *R. solani* terjadi melalui kombinasi mekanisme biologis (parasitisme, antibiosis), kimia (kerusakan membran dan enzim), serta faktor lingkungan, yang secara sinergis menurunkan viabilitas dan kemampuan tumbuh sklerotium.

Tabel 2. Perkecambahan sclerotium dan Panjang hifa *R. solani* selama 7 Hari Inkubasi

Kode isolat	Perkecambahan miselium sklerotium (+/-) (n=3)	Rata-rata Panjang Hifa (cm) (n=3)
-------------	---	-----------------------------------

Kontrol	+	3,13
K ISO	-	0
K ISN	-	0

Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan KISO dan KISN sama-sama tidak menghasilkan perkecambahan miselium dari sklerotium (0 cm panjang hifa), berbeda nyata dengan kontrol yang menghasilkan pertumbuhan hifa rata-rata 3,13 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua konsorsium efektif menghambat perkecambahan sklerotium *R. solani* secara in vitro. Beberapa penelitian sebelumnya juga sudah mengkaji potensi beberapa mikroba mengenai penghambatan perkecambahan sklerotium *R. solani*. Penelitian oleh (Sandhya et al., 2018) bahwa agen hayati seperti *Trichoderma* spp. dan *Pseudomonas fluorescens* menghambat perkecambahan sklerotium *R. solani* melalui mekanisme parasitisme (melilit dan menembus hifa patogen) serta antibiosis (produksi senyawa antifungi). *Trichoderma* spp. menghasilkan enzim seperti chitinase dan glukonase yang mendegradasi dinding sel sklerotium, serta metabolit sekunder yang bersifat toksik bagi patogen. *Pseudomonas fluorescens* dan *Azotobacter chroococcum* juga menghasilkan metabolit yang menghambat pertumbuhan dan viabilitas sklerotium (Singh et al., 2020).

Berdasarkan penelitian (Shrestha et al., 2016). Perkecambahan sklerotium *R. solani* dapat dihambat oleh semua isolat RAB (*Rice-Associated Bacillus* sp.) kecuali pada kontrol dimana pertumbuhan miselium bisa diamati dan diukur panjang hifanya.

Pengamatan selanjutnya dilakukan untuk mengamati gejala terinfeksi jamur *R. solani* dapat dilihat dari lesi yang terbentuk di bagian pelepah maupun daun. Gejala lesi yang nampak yaitu pada pelepah muncul luka nekrotik yang berbentuk elips pada permukaan pelepah dan pada awalnya, bercak berbentuk lonjong, berwarna hijau keabuan, dan berukuran panjang antara 1-3 cm. Pusat bercak menjadi berwarna putih keabuan dengan tepi berwarna coklat. Dalam keadaan parah bercak dapat terjadi pada daun, termasuk daun bendera. Penyakit berlangsung sampai tanaman menyebabkan lesi putih keabu-abuan pada daun. Lesi mungkin sebanyak-tiga perempat inci dari panjang dan melibatkan seluruh lebar daun. Padi yang sakit memiliki diameter lesi sekitar 1,5 sampai 3 inci dan dapat melebar sampai kanopi daun (Ravali & Rai, 2024). Hasil pengujian konsorsium bakteri rhizosfer dalam menghambat pembentukan lesi pada daun padi akibat *R. solani* disajikan pada Gambar 4 dan Tabel 3.



Gambar 4 Hasil pengujian konsorsium bakteri rhizosfer dalam penghambatan pembentukan lesi daun padi akibat *R. solani*

Gambar 4 menunjukkan bahwa gejala lesi yang terbentuk pada daun kontrol menunjukkan gejala khas dari *R. solani* berbentuk lonjong atau tidak beraturan, berwarna hijau keabu-abuan hingga putih keabu-abuan dengan tepian coklat, dan dapat berkembang menjadi bercak besar atau robekan di tengah daun. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan antara bakteri rhizosfer dengan jamur *R. solani* terlihat bahwa isolat bakteri rhizosfer memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan *R. solani* sehingga dapat mengurangi keparahan gejala lesi pada daun. Isolat bakteri rhizosfer memperlambat pertumbuhan hifa *R. solani* sehingga hifa lebih lambat pertumbuhannya dan tidak memenuhi cawan petri ketika diinkubasi selama 7 hari.

Tabel 3. Analisis hasil pengujian isolat campuran bakteri rhizosfer dalam penghambatan pembentukan lesi pada daun padi

Kode Isolat	Hifa/Sklerotium (+/-) (n=3)	Penghambatan pembentukan Lesi daun			Nilai Keparahan Penyakit
		Panjang lesi (cm) (n=3)	Panjang Daun (cm) (n=3)	Persentase daya hambat Lesi daun (%) (n=3)	
Kontrol	+/+	6	6	0	5
K ISO	+/-	1,63	6	73	2
K ISN	+/-	0	6	100	0

Tabel 3 menunjukkan bahwa kontrol menghasilkan lesi sepanjang 6 cm (100% panjang daun, skor keparahan 5), sedangkan KISO menekan lesi menjadi 1,63 cm (daya hambat 73%, skor 2) dan KISN tidak menghasilkan lesi sama sekali (daya hambat 100%, skor 0). Suspensi konsorsium bakteri rhizosfer dari sawah organik (KISO) menunjukkan aktivitas penghambatan lesi yang lebih rendah dibandingkan konsorsium dari sawah nonorganik (KISN). Hal ini diduga karena bakteri yang mampu bertahan di sawah nonorganik dengan paparan pestisida tinggi memiliki aktivitas antagonis yang lebih kuat, sejalan dengan potensi modifikasi komunitas mikroba rizosfer dalam memperkaya bakteri antagonis (Yang et al., 2024). Pemberian perlakuan konsorsium bakteri rhizosfer dapat menekan terbentuknya lesi akibat *R.solani* sehingga hasilnya terlihat hampir seperti daun tanpa pemberian *R.solani* (tidak terdapat lesi pada daun padi). Berdasarkan penelitian (Shrestha et al., 2016) penghambatan terbentuknya lesi pada daun padi dihambat dengan persentase penghambatan tertinggi 75% oleh isolat RAB17S (*Rice-Associated Bacillus sp.*). Penelitian oleh menyimpulkan bahwa hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa *R. solani* membentuk struktur infeksi seperti infection cushion untuk menembus permukaan daun, baik secara mekanis maupun melalui stomata (Rajeswari et al., 2020).

Pengamatan di lapangan dan laboratorium menunjukkan bahwa aplikasi bakteri antagonis secara signifikan menurunkan insidensi dan keparahan lesi daun akibat *R. solani* pada berbagai tanaman, seperti tomat, kentang, jagung, dan kacang-kacangan.

Penelitian oleh (Maslennikova et al., 2023) bahwa *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* dapat menekan terbentuknya lesi daun akibat *Rhizoctonia solani* pada tanaman kentang dengan produksi senyawa volatil (VOCs) yang bersifat toksik terhadap *R. solani* dan efektif menghambat infeksi pada daun (Maslennikova et al., 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsorsium bakteri rhizosfer Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) mampu menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia solani* Kühn secara signifikan pada berbagai parameter uji in vitro. Konsorsium bakteri dari sawah nonorganik (KISN) memberikan tingkat penghambatan pertumbuhan hifa tertinggi sebesar 85,66%, sedangkan konsorsium dari sawah organik (KISO) sebesar 43,33%. Pengamatan mikroskopis menunjukkan adanya abnormalitas hifa *R. solani* berupa pengecilan, pelengkungan, dan lisis setelah berinteraksi dengan konsorsium bakteri. Selain itu, konsorsium KISO dan KISN terbukti efektif menghambat perkecambahan sklerotium dengan hasil 0% perkecambahan. Pada uji penghambatan lesi daun padi, konsorsium KISO mampu menekan perkembangan lesi hingga 73%, sedangkan KISN menunjukkan daya hambat maksimal dengan 100% penghambatan dan nilai keparahan penyakit 0.

REKOMENDASI

Penelitian ini dilakukan secara in vitro, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut yang relevan. Rekomendasi penelitian selanjutnya difokuskan pada uji lapang dan rumah kaca untuk

memverifikasi efektivitas KISN dan KISO terhadap hawar pelepah pada tanaman padi hidup, pengembangan formulasi bio-produk (seed coating, soil drench, atau granul) untuk meningkatkan stabilitas dan umur simpan, serta karakterisasi molekuler mekanisme antagonisme (gen kitinase, metabolit antibakteri/VOC, dan siderofor) untuk memahami dasar biokontrol dan optimasi konsorsium sebelum skala komersial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terselenggaranya penelitian ini, termasuk lembaga penyedia fasilitas laboratorium dan sarana penelitian, teknisi laboratorium di laboratorium Mikrobiologi UGM serta petani dan pihak lapang yang bersedia menjadi lokasi studi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar Mahmood, S. F., ATahir, N., Salih, G. F., & Lecturer Researcher Assist, A. (2022). Secondary Compounds Released By Rhizospheric Bacteria Exhibit Fungistatic Effects Against Phytopathogenic Fungus. In *Iraqi Journal of Agricultural Sciences* (Vol. 2022, Number 5).
- Carmona-Hernandez, S., Reyes-Pérez, J. J., Chiquito-Contreras, R. G., Rincon-Enriquez, G., Cerdan-Cabrera, C. R., & Hernandez-Montiel, L. G. (2019). Biocontrol of postharvest fruit fungal diseases by bacterial antagonists: A review. In *Agronomy* (Vol. 9, Number 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030121>
- De Boer, M., Bom, P., Kindt, F., Keurentjes, J. J. B., Van Der Sluis, I., Van Loon, L. C., & Bakker, P. A. H. M. (2003). *Control of Fusarium Wilt of Radish by Combining Pseudomonas putida Strains that have Different Disease-Suppressive Mechanisms*.
- Fatima, Z., Saleemi, M., Zia, M., Sultan, T., Aslam, M., -Ur-Rehman, R., & Fayyaz Chaudhary, M. (2009). Antifungal activity of plant growth-promoting rhizobacteria isolates against *Rhizoctonia solani* in wheat. *African Journal of Biotechnology*, 8(2), 219–225. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Harvianti, Y., & Kasiamdari, R. S. (2021). Biological control activities of plant growth promoting rhizobacteria from organic and nonorganic rice fields against rice sheath blight pathogen (*rhizoctonia solani* kühn). *Microbiology and Biotechnology Letters*, 49(3), 374–383. <https://doi.org/10.48022/mbi.2103.03005>
- James, D., & Mathew, K. S. (2015). Evaluation of endophytic microbial consortium for the management of bacterial wilt of tomato caused by *Ralstonia solanacearum*. In *Journal of Biological Control* (Vol. 29, Number 3). <https://cabidigitallibrary.org>
- Khairah, M., Mubarik, N. R., & Manaf, L. A. (2023). Bacterial selection and characterization of chitinase enzyme from bacteria controlling *Fusarium proliferatum*. *Biodiversitas*, 24(3), 1926–1933. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240370>
- Liu, J., Xu, Q., Wu, Y., Sun, D., Zhu, J., Liu, C., & Liu, W. (2023). Carbohydrate-binding modules of ChiB and ChiC promote the chitinolytic system of *Serratia marcescens* BWL1001. *Enzyme and Microbial Technology*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2022.110118>

- Maharjan, A., Bruno, J., Osti, S., Barphagha, I. K., & Ham, J. H. (2023). Biological Control Efficacy of *Bacillus* sp. REB711 on Sheath Blight of Rice. *Plant Health Progress*, 24(3), 353–358. <https://doi.org/10.1094/PHP-10-22-0097-RS>
- Marzouk, T., Chouachi, M., Sharma, A., Jallouli, S., Mhamdi, R., Kaushik, N., & Djébal, N. (2021). Biocontrol of *Rhizoctonia solani* using volatile organic compounds of solanaceae seed-borne endophytic bacteria. *Postharvest Biology and Technology*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111655>
- Maslennikova, V. S., Tsvetkova, V. P., Shelikhova, E. V., Selyuk, M. P., Alikina, T. Y., Kabilov, M. R., & Dubovskiy, I. M. (2023a). *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* Mix Suppresses *Rhizoctonia* Disease and Improves Rhizosphere Microbiome, Growth and Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Fungi*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/jof9121142>
- Méndez-Bravo, A., Cortazar-Murillo, E. M., Guevara-Avendaño, E., Ceballos-Luna, O., Rodríguez-Haas, B., Kiel-Martínez, A. L., Hernández-Cristóbal, O., Guerrero-Analco, J. A., & Reverchon, F. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria associated with avocado display antagonistic activity against *Phytophthora cinnamomi* through volatile emissions. *PLoS ONE*, 13(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194665>
- Nasiroh, U., Trimulyono, G., Biologi, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2015). *Aktivitas Antifungi Serratia marcescens terhadap Alternaria porri Penyebab Penyakit Bercak Ungu Secara in Vitro* Antifungal Activity of *Serratia marcescens* to *Alternaria porri* Causing Purple Bloch Disease in *in Vitro* Treatment. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Nuryanto, B. (2018). Penyakit Hawar Pelepah (*Rhizoctonia solani*) pada Padi dan Taktik Pengelolaannya. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 21(2), 63. <https://doi.org/10.22146/jpti.22494>
- Raaijmakers, J. M., & Mazzola, M. (2012). Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficial and plant pathogenic bacteria. In *Annual Review of Phytopathology* (Vol. 50, pp. 403–424). <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-172908>
- Rajeswari, E., Padmodaya, B., Viswanath, K., & Sumathi, P. (2020). Evaluation of plant extracts on mycelial growth and viability of the sclerotia of *Rhizoctonia solani* Kuhn In vitro and in soil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 255–259. <http://www.phytojournal.com>
- Ravali, S., & Rai, B. (2024). Antifungal Activity of Plant Extracts in Different Solvents against *Rhizoctonia solani* Causing Sheath Blight disease in Rice. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(9), 571–581. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i92384>
- Reedoy, M. A. H., Shimu, J. F., Khan, I., Shahi, M., Hasan, M. H., Sarly, S. P., Rahman, M., Dipty, A. R., Singha, U. R., Auyon, S. T., & Islam, M. R. (2025). Harnessing bacterial bioagents to control sheath blight of rice. *Technology in Agronomy*, 5(1), 0–0. <https://doi.org/10.48130/tia-0025-0005>
- Riquelme, M., Aguirre, J., Bartnicki-García, S., Braus, G. H., Feldbrügge, M., Fleig, U., Hansberg, W., Herrera-Estrella, A., Kämper, J., Kück, U., Mouriño-Pérez, R. R., Takeshita, N., & Fischer, R. (2018). Fungal Morphogenesis, from the Polarized Growth of Hyphae to Complex Reproduction and Infection Structures. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 82(2). <https://doi.org/10.1128/mnbr.00068-17>

- Roy, M. K., Kotasthane, A. S., & Kumar, S. (2022). In vitro Management of Rhizoctonia solani causing Sheath Blight Disease of Rice in North Bihar. *Biological Forum-An International Journal*, 14(4), 432. www.researchtrend.net
- Sandhya, Y., Rajan, C. P. D., & Reddikumar, M. (2018). Antagonistic Effect of *Pseudomonas fluorescens* on the Mycelial Growth and the Viability of the Sclerotia of *Rhizoctonia solani* in vitro and in Soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(06), 3038–3045. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.357>
- Sarma, B. K., Yadav, S. K., Singh, S., & Singh, H. B. (2015). Microbial consortium-mediated plant defense against phytopathogens: Readdressing for enhancing efficacy. In *Soil Biology and Biochemistry* (Vol. 87, pp. 25–33). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.04.001>
- Schwanck, A. A., & Del Ponte, E. M. (2016). Measuring lesion attributes and analysing their spatial patterns at the leaf scale using digital image analysis. *Plant Pathology*, 65(9), 1498–1508. <https://doi.org/10.1111/ppa.12526>
- Shrestha, B. K., Karki, H. S., Groth, D. E., Jungkhun, N., & Ham, J. H. (2016). Biological control activities of rice-associated *Bacillus* sp. strains against sheath blight and bacterial panicle blight of rice. *PLoS ONE*, 11(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146764>
- Siti Ferniah, R., Pujiyanto, S., Purwantisari, S., Supriyadi, dan, Biologi, J., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., & Diponegoro, U. (2011). Interaksi Kapang Patogen *Fusarium oxysporum* dengan Bakteri Kitinolitik Rizosfer Tanaman Jahe dan Pisang. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1), 56–60.
- Suharti, N., Politeknik, H. F., Kementerian, K., & Medan, K. (2023). *Isolasi Dan Pemanfaatan Bakteri Kitinolitik Dari Cangkang Udang Putih (Penaeus Merguensis) Dalam Menghasilkan Enzim Kitinase*.
- Wang, E., Liu, X., Si, Z., Li, X., Bi, J., Dong, W., Chen, M., Wang, S., Zhang, J., Song, A., & Fan, F. (2021). Volatile organic compounds from rice rhizosphere bacteria inhibit growth of the pathogen *rhizoctonia solani*. *Agriculture (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture11040368>
- Yang, Y., Hu, J., Wei, X., Huang, K., Li, C., & Yang, G. (2024). Deciphering core microbiota in rhizosphere soil and roots of healthy and *Rhizoctonia solani*-infected potato plants from various locations. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1386417>
- Yu, Y.-Y., Jiang, C.-H., Wang, C., Chen, L.-J., Li, H.-Y., Xu, Q., & Guo, J.-H. (2017). An improved strategy for stable biocontrol agents selecting to control rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. *Microbiological Research*, 203, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.05.006>