

Potensi Penambahan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Penambat Nitrogen terhadap Jumlah Daun dan Lebar Daun Cabai Rawit Varietas Dewata F1

Fiza Ikramullah¹⁾, Rahmawati^{✉1)}, Siti Khotimah¹⁾, Mukarlina¹⁾

¹⁾ Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

Info Artikel

Diterima:
21 Februari 2024
Disetujui:
26 Oktober 2025
Dipublikasikan:
30 November 2025

Keywords:

Nitrogen-fixing bacteria;
phosphate-solubilizing
bacteria; peat soil
Bakteri penambat nitrogen;
bakteri pelarut fosfat; tanah
gambut

Abstract

*The combination of phosphate-dissolving and nitrogen-fixing bacteria can increase plant productivity and nutrient availability as an environmentally friendly biofertilizer candidate. The purpose of the study was to determine the effect of a combination of bacterial strains P1, P2, P3, N1, N2, and N3, on the growth of cayenne pepper, and to determine the best treatment of the combination of bacterial strains. The research was conducted from May to August 2023. The research was carried out by watering bacterial isolates on the cayenne pepper planting media. Observations were made for 2 months after transplanting. Data analysis used a completely randomised design with 9 treatment levels, namely, KP, KN, A (P1+P2+P3+N1); B (P1+P2+P3+N2); C (P1+P2+P3+N3); D (P1+P2+P3+N1+N2); E (P1+P2+P3+N1+N3); F (P1+P2+P3+N2+N3); G (P1+P2+P3+N1+N2+N3), with 4 replications. The results showed that the combination of phosphate-solubilising bacteria strains (P1, P2, P3) and nitrogen-fixing bacteria strains (N1, N2, N3) had a significant effect on the parameters of the number of leaves and leaf width of cayenne pepper (*Capsicum frutescens* L.). Treatment A (P1+P2+P3+N1) is a combination of bacterial strains that gives the best results on leaf width (5.20 cm) and number of leaves (47.75 strands). This biofertilizer enhances plant productivity and prevents environmental pollution.*

Abstrak

Kombinasi bakteri pelarut fosfat dan penambat nitrogen dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan ketersediaan hara sebagai kandidat *biofertilizer* yang ramah lingkungan. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh kombinasi strain bakteri P1, P2, P3, N1, N2 dan N3 terhadap pertumbuhan cabai rawit, serta mengetahui perlakuan terbaik dari kombinasi strain bakteri tersebut. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Agustus 2023. Penelitian dilakukan dengan penyiraman isolat bakteri ke media tanam cabai rawit. Pengamatan dilakukan selama 2 bulan setelah pindah tanam. Analisis data menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 9 taraf perlakuan yaitu, KP, KN, A (P1+P2+P3+N1); B (P1+P2+P3+N2); C (P1+P2+P3+N3); D (P1+P2+P3+N1+N2); E (P1+P2+P3+N1+N3); F (P1+P2+P3+N2+N3); G (P1+P2+P3+N1+N2+N3) dengan 4 kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kombinasi strain bakteri pelarut fosfat (P1, P2, P3) dan strain bakteri penambat nitrogen (N1, N2, N3) berpengaruh nyata terhadap parameter jumlah daun dan lebar daun cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). Perlakuan A (P1+P2+P3+N1) merupakan kombinasi strain bakteri yang memberikan hasil terbaik terhadap lebar daun (5,20 cm), jumlah daun (47,75 helai). Keuntungan dari *biofertilizer* ini selain dapat membantu dalam meningkatkan produktivitas tanaman juga dapat mencegah pencemaran lingkungan.

PENDAHULUAN

Lahan gambut memiliki potensi sebagai sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia dengan memanfaatkannya sebagai media tumbuh tanaman untuk menghasilkan bahan pangan dan komoditas perkebunan. Tanaman pangan dan hortikultura merupakan jenis tanaman yang banyak dibudidayakan di lahan gambut (Masganti *et al.*, 2017). Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Munandar *et al.*, 2017). Masalah yang sering memengaruhi produktivitas tanaman cabai adalah rendahnya kandungan unsur hara yang ada di dalam tanah gambut (Hairuddin & Ariani, 2017). Produktivitas lahan gambut diperlukan pengelolaan agar tidak terjadi perubahan karakteristik yang dapat menyebabkan produktivitas lahan menurun (Masganti *et al.*, 2014). Fosfat dan nitrogen tersedia dalam jumlah dalam jumlah yang melimpah di alam, namun perlu perombakan bahan organik agar dapat digunakan oleh tanaman. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan mikroba tanah seperti bakteri sebagai kandidat *biofertilizer* yang dapat melarutkan fosfat dan menambat nitrat sehingga menjadi tersedia dan dapat digunakan oleh tanaman (Constantia & Ferniah, 2020).

Konsorsium mikroba *indigenous* tanah gambut memiliki potensi dapat meningkatkan kadar fosfat dan nitrogen. Konsorsium mikroba tanah tersebut memiliki kemampuan untuk meningkatkan kualitas gambut fibrik miskin hara menjadi gambut fibrik yang kaya hara (Istina *et al.*, 2019), dengan adanya mikroba *indigenous* ini diharapkan dapat hidup dan mampu menambah unsur hara yang membantu pertumbuhan tanaman. Bakteri *indigenous* lahan gambut yang dapat melarutkan fosfat berpotensi sebagai kandidat *biofertilizer*, sesuai dengan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Standar kualitas pupuk hayati harus memiliki kemampuan melarutkan fosfat dan dapat dikonsorsiumkan dengan bakteri lain seperti bakteri yang memiliki kemampuan dalam menambat nitrogen (Alam & Zulaika, 2020). Menurut Tania *et al.* (2012), fosfor dan nitrogen secara bersamaan dapat memengaruhi pembentukan sel-sel baru di jaringan meristematik tanaman sehingga dapat meningkatkan pembelahan sel yang membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Keuntungan dari *biofertilizer* ini, selain dapat membantu dalam meningkatkan produktivitas tanaman juga dapat mencegah pencemaran lingkungan. Hasil penelitian Astuti *et al.* (2013) membuktikan bahwa kombinasi bakteri pelarut fosfat dan bakteri penambat nitrogen berpengaruh nyata dalam meningkatkan berat basah, tinggi tanaman, kadar nitrogen dan fosfor tanaman tomat pada tanah gambut. Berdasarkan uraian tersebut menunjukkan bahwa perlakuan dengan kombinasi bakteri pelarut fosfat dan penambat nitrogen memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu penelitian dengan menggunakan strain bakteri *indigenous* asal tanah gambut Kalimantan Barat berupa kombinasi tiga *strain* bakteri pelarut fosfat *Bacillus cereus* (P1, P2, P3) dan tiga *strain* bakteri penambat nitrogen *Pandoraea pulmonicola* (N1), *B. cereus* (N2), *Bacillus aryabhattai* (N3) sebagai kandidat *biofertilizer* ini perlu dilakukan agar dapat meningkatkan produktivitas tanah gambut dan tanaman hortikultura seperti cabai rawit di Kalimantan Barat.

METODE

Isolat diperoleh dari hasil isolasi tanah gambut Sungai Ambawang Kabupaten Kubu Raya Kalimantan Barat. Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei sampai Agustus 2023 di Laboratorium Mikrobiologi dan rumah kaca Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Laboratorium Kimia kesuburan Tanah dan Laboratorium Fisika Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian, dan Laboratorium Terpadu Universitas Tanjungpura, Pontianak. Jenis bakteri yang digunakan adalah tiga *strain* isolat bakteri pelarut fosfat *B. cereus* (P1, P2, P3) dan tiga *strain* isolat bakteri penambat nitrogen *P. pulmonicola* (N1), *B. cereus* (N2), dan *B. aryabhatai* (N3). Jenis tanaman yang digunakan sebagai tanaman uji adalah tanaman cabai rawit varietas Dewata F₁. Parameter pengamatan dalam penelitian ini yaitu terdiri dari jumlah daun dan lebar daun tanaman. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 9 taraf perlakuan yang terdiri dari kontrol positif (pupuk NP), kontrol negatif (tanpa pemupukan), perlakuan A (P1+P2+P3+N1); B (P1+P2+P3+N2); C (P1+P2+P3+N3); D (P1+P2+P3+N1+N2); E (P1+P2+P3+N1+N3); F (P1+P2+P3+N2+N3); G (P1+P2+P3+N1+N2+N3) dengan 4 kali ulangan.

Peremajaan Isolat Bakteri

Peremajaan isolat strain bakteri pelarut fosfat *B. cereus* (P1, P2, P3) pada media Pikovskaya padat dan *strain* bakteri penambat nitrogen *P. pulmonicola* (N1), *B. cereus* (N2), *B. aryabhatai* (N3) pada media *Nutrient Agar* (NA). Peremajaan bakteri dilakukan dengan mengambil satu jarum ose isolat murni, kemudian digoreskan dengan metode *streak* kuadran pada media padat, lalu diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Peremajaan isolat bakteri ini dilakukan secara berkala dengan tujuan agar bakteri dapat memulai metabolisme kembali dan sebagai salah satu teknik penyimpanan dan pemeliharaan mikroba agar dapat bertahan lebih lama (Wijayati *et al.*, 2014).

Uji Sinergisme Bakteri

Uji sinergisme dilakukan dengan mengamati adanya zona hambat pada bakteri yang disinggungkan. Isolat yang tumbuh pada masing-masing media selektif ditumbuhkan di media NA, masing-masing isolat digoreskan bersinggungan satu sama lain dengan metode *streak* (gores) sehingga antar isolat akan bertemu, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Hasil sinergisme positif ditunjukkan dengan tidak adanya zona hambat pada titik pertemuan antar isolat, dan hasil sinergisme negatif ditunjukkan dengan adanya zona hambat pada titik pertemuan antar isolat (Asri & Zulaika, 2016).

Persiapan Media Tanam

Tanah gambut fibrik dengan nilai pH 3 ditambahkan kotoran sapi kering yang sudah dikeringanginkan dan diayak lalu dihomogenkan dengan perbandingan 4:1 (75% tanah gambut + 25% kotoran sapi) (Nasamsir, 2023), Media tanam kemudian disterilisasi dengan metode kukus, setelah pH tanah optimal masing-masing *polybag* diisi dengan 2 kg tanah yang telah dihomogenkan dan media tanam tersebut dibiarkan selama 1x24 jam sebelum digunakan (Constantia & Ferniah, 2020).

Persiapan Benih dan Pemindahan Bibit Cabai

Benih direndam dalam air hangat 15 menit dan dipilih benih yang tenggelam untuk disemai pada media tanam (Constantia & Ferniah, 2020). Usia semai 14 hari dilakukan pindah tanam ke dalam gelas plastik. Proses adaptasi ini dilakukan selama 2 minggu sebelum pindah tanam ke dalam *polybag*. Bibit cabai rawit yang telah berumur 1 bulan setelah proses penyemaian disortasi untuk mendapatkan bibit yang seragam. Bibit yang dipilih untuk dipindahtanam adalah bibit yang telah memiliki 4-6 helai daun. Bibit kemudian dipindahkan pada media tanam dengan masing-masing *polybag* ditanam 1 bibit cabai rawit dengan kedalaman 3-5 cm dari permukaan media tanam (Endarto & Martini, 2016). Proses adaptasi cabai rawit dalam *polybag* dilakukan selama 7 hari sebelum diberikan perlakuan penyiraman isolat bakteri.

Pembuatan Kultur Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dan Bakteri Penambat Nitrogen (BPN)

Prekultur masing-masing biakan murni bakteri dilakukan dengan menggunakan media *Nutrient Broth* (NB) cair yang ditumbuhkan dengan mengambil satu jarum ose isolat murni dan disuspensikan ke dalam 50 mL media NB cair, inokulan kemudian di-*shaker* dengan kecepatan 120 rpm selama 12 jam. Hasil prekultur masing-masing bakteri kemudian ditambahkan ke dalam media NB cair sebanyak 10% dari volume media NB yang akan digunakan (500 mL), lalu diinkubasi menggunakan *shaker* dengan kecepatan 120 rpm di suhu ruang hingga mencapai nilai absorbansi 0,8-0,9 karena nilai absorbansi pada suspensi bakteri yang baik digunakan sebagai kandidat *biofertilizer* adalah 0,8-1.

Aplikasi Kombinasi BPF dan BPN pada Media Tanam

Hasil kultur masing-masing bakteri yang telah mencapai nilai absorbansi 0,8-0,9 kemudian dihomogenkan sesuai kombinasi perlakuan yang akan disiramkan pada media tanam. Volume total hasil kombinasi bakteri yang akan disiramkan ke media tanam adalah 100 mL pada setiap *polybag* tanaman. Perlakuan ini dilakukan empat kali setiap dua minggu sekali selama dua bulan pengamatan.

Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan cara penyiraman air sekali sehari untuk mempertahankan kelembapan tanah dan membersihkan gulma yang berada di sekitar tanaman. Selama masa penelitian terdapat beberapa tanaman yang terserang hama kutu sehingga diperlukan insektisida untuk membasmi hama tersebut agar tidak menyerang tanaman lainnya. Pemeliharaan tanaman dilakukan selama dua bulan masa penelitian (Ekawati, 2014).

Analisis Kadar Fosfor dan Nitrogen pada Media Tanam

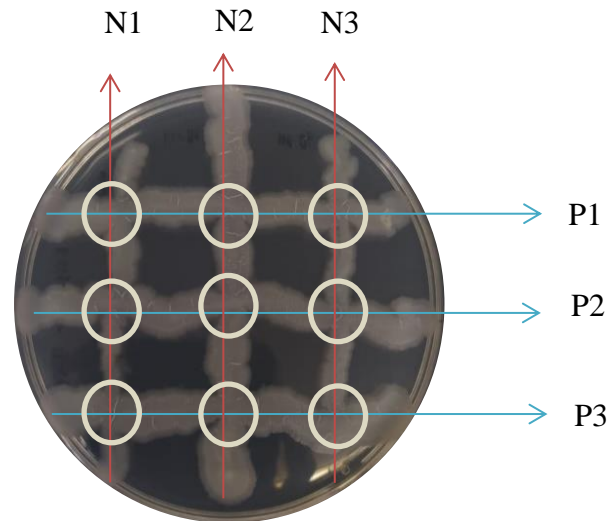
Analisis dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Kandungan unsur hara yang diamati pada media tanam yaitu N-total (%), P-Total (mg/100g) dan P-tersedia (ppm).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan One-way ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% dan taraf 0,05. Jika hasil uji F signifikan, dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) (Nadhifah, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji sinergisme konsorsium bakteri menunjukkan tidak terbentuk zona hambat atau zona bening pada persinggungan antar isolat strain bakteri pelarut fosfat *B. cereus* (P1, P2, P3) dengan strain bakteri penambat nitrogen *P. pulmonicola* (N1), *B. cereus* (N2), *B. aryabhatai* (N3) (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa seluruh isolat bersifat sinergis dan dapat digunakan sebagai kandidat *biofertilizer*.



Gambar 1. Hasil uji sinergisme konsorsium tiga strain bakteri pelarut fosfat dan tiga strain bakteri penambat nitrogen. Garis biru (bakteri pelarut fosfat P1, P2, P3); Garis merah (bakteri penambat nitrogen N1, N2, N3); Lingkaran (menunjukkan persinggungan antar bakteri yang sinergis atau tidak adanya zona hambat antar bakteri).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh isolat bakteri bersifat sinergis dan dapat digunakan secara bersamaan (Ethica *et al.*, 2019). Oleh karena itu, konsorsium dari bakteri pelarut fosfat *B. cereus* (P1, P2, P3) dan bakteri penambat nitrogen non-simbiosis *P. pulmonicola* (N1), *B. cereus* (N2), *B. aryabhatai* (N3) ini dapat digunakan sebagai kandidat *biofertilizer*, karena syarat dalam pembuatan *biofertilizer* di antaranya adalah bakteri mampu bertahan hidup dan bekerja sama dengan baik. Hasil uji sinergisme ini sesuai dengan pernyataan Arora (2015) yang menyatakan bahwa sifat sinergis bakteri ini sangat diperlukan dalam konsorsium *biofertilizer* untuk membantu pertumbuhan pada tanaman tanpa adanya sifat antagonisme dalam konsorsium. Tujuannya agar bakteri dapat bekerjasama dengan baik untuk memproduksi senyawa, saling mendukung dan menguntungkan. Zona hambat pada bakteri tidak terbentuk pada persinggungan antar bakteri karena tidak adanya senyawa penghambat yang dihasilkan oleh bakteri uji terhadap pertumbuhan konsorsium bakteri. Hal ini menunjukkan perilaku kooperatif antar bakteri dalam suatu habitat dalam bentuk konsorsium. Konsorsium mampu menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan bersama, sehingga dapat saling mendukung pertumbuhan isolat tunggal dan lainnya (Azzahra *et al.*, 2023).



Gambar 2. Pengamatan hasil pertumbuhan cabai rawit setelah perlakuan

Keterangan: (KP) Kontrol positif (pupuk NP); (KN) Kontrol negatif (tanpa pemupukan); (A) kombinasi P1,P2,P3,N1; (B) P1,P2,P3,N2; (C) P1,P2,P3,N3; (D) P1,P2,P3,N1,N2; (E) P1,P2,P3,N1,N3; (F) P1,P2,P3,N2,N3; (G) P1,P2,P3,N1,N2,N3.

Hasil analisis ANOVA mengenai pengaruh kombinasi tiga *strain* bakteri pelarut fosfat (P1, P2, P3) dan tiga *strain* bakteri penambat nitrogen (N1, N2, N3) terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit (*C. frutescens* L.) dengan parameter pengamatan jumlah daun dan lebar daun menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan pada tanaman menunjukkan hasil berpengaruh nyata terhadap parameter jumlah daun ($F_{8,27}=3,831$, $p=0,004$; ANOVA) dan lebar daun ($F_{8,27}=5,097$, $p=0,001$; ANOVA). Hasil uji lanjut Duncan pada parameter jumlah daun menunjukkan bahwa perlakuan A berbeda nyata dengan KP, KN, C, E dan F, namun perlakuan A tidak berbeda nyata dengan perlakuan B, D dan G. Parameter lebar daun menunjukkan hasil perlakuan A berbeda nyata dengan KP, B, C, E dan F, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan KN, D dan G (Tabel 1).

Hasil pengamatan terhadap rerata jumlah daun dan lebar daun tanaman cabai rawit uji menunjukkan bahwa perlakuan dengan kombinasi strain bakteri pada perlakuan A berbeda nyata dengan kontrol tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan B, C, D dan G. Hasil ini menunjukkan dugaan bahwa kombinasi strain bakteri pada perlakuan A, B, C, D dan G dapat bekerja sama dengan baik dan kombinasi strain-strain bakteri tersebut mampu menghasilkan nitrat dan fosfat yang tinggi, sehingga dapat menghasilkan senyawa yang dapat membantu menyediakan unsur hara N dan P yang sesuai untuk dapat diserap tanaman dan digunakan untuk proses pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Hasil penelitian Khotimah (2021) menunjukkan bahwa ketiga *strain* bakteri pelarut fosfat *B. cereus* (P1, P2, P3) merupakan kandidat *strain* bakteri yang memiliki potensi paling tinggi dibandingkan *strain* bakteri uji lainnya dalam kemampuannya menghasilkan fosfat terlarut dengan kisaran 115,2-118,09

mg/L dan strain bakteri *P. pulmonicola* mampu menghasilkan nitrat 20-25 mg/L, sedangkan strain bakteri penambat nitrogen lainnya yaitu *B. cereus* dan *B. aryabathai* hanya mampu menghasilkan nitrat sebesar 10-15 mg/L. Pernyataan hasil ini didukung oleh Hidayat *et al.* (2020) dan Yanti *et al.* (2015), yang menyatakan bahwa bakteri yang dapat bekerja sama dengan baik dapat memberikan pengaruh hasil yang baik dibanding isolat tunggal. Aplikasi konsorsium bakteri yang memiliki hubungan sinergisme yang baik dalam menambat nitrat dan melarutkan fosfat, dapat meningkatkan ketersediaan hara atau memproduksi fitohormon pemacu tumbuh tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan serta produktivitas tanaman.

Tabel 1. Rerata jumlah daun dan lebar daun terhadap pertumbuhan cabai rawit

Perlakuan	Parameter	
	Jumlah Daun (helai)	Lebar Daun (cm)
KP	17,25±5,96 ^d	4,20±0,24 ^d
KN	30,00±13,31 ^{bcd}	4,87±0,25 ^{abc}
A	47,75±6,65 ^a	5,20±0,24 ^a
B	42,00±13,14 ^{ab}	4,62±0,33 ^{bcd}
C	30,50±9,46 ^{bcd}	4,62±0,25 ^{bcd}
D	34,75±9,94 ^{abc}	5,07±0,29 ^{ab}
E	21,00±10,23 ^{cd}	4,70±0,29 ^{bc}
F	28,25±7,80 ^{bcd}	4,47±0,40 ^{cd}
G	42,00±12,98 ^{ab}	5,07±0,22 ^{ab}

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan hasil uji DMRT pada taraf $\alpha=5\%$. Keterangan: (KP) Kontrol Positif, (KN) Kontrol Negatif, (A) kombinasi P1,P2,P3, dan N1, (B) kombinasi P1,P2,P3 dan N2, (C) kombinasi P1,P2,P3, dan N3, (D) kombinasi P1,P2,P3,N1, dan N2, (E) kombinasi P1,P2,P3,N1, dan N3, (F) kombinasi P1,P2,P3, N2, dan N3, (G) kombinasi P1,P2,P3,N1,N2, dan N3.

Hasil kandungan N-total sebelum perlakuan sebesar 1.89%, kadar P-total sebesar 370,54 mg/100g dan kadar P-tersedia sebesar 413,07 ppm, setelah diberikan perlakuan menunjukkan hasil kadar N dan P dalam media tanam mengalami peningkatan (Tabel 2.).

Tabel 2. Hasil uji kandungan P-Total, P-Tersedia dan N-Total pada media tanam

Perlakuan	P-Total (mg/100g)		P-Tersedia (ppm)		N-Total (%)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	awal	Akhir
KP	370,54	637,84	413,07	1661,03	1,89	3,52
KN	370,54	394,55	413,07	904,38	1,89	3,34
A	370,54	423,00	413,07	894,99	1,89	3,42
B	370,54	454,00	413,07	1119,20	1,89	3,69
C	370,54	475,98	413,07	827,16	1,89	3,86
D	370,54	436,90	413,07	996,77	1,89	3,38
E	370,54	403,29	413,07	1333,10	1,89	3,46
F	370,54	431,61	413,07	861,14	1,89	3,66
G	370,54	391,16	413,07	918,49	1,89	3,68

Keterangan: (KP) Kontrol positif, (KN) Kontrol negatif, (A) kombinasi P1,P2,P3,N1; (B) P1,P2,P3,N2; (C) P1,P2,P3,N3; (D) P1,P2,P3,N1,N2; (E) P1,P2,P3,N1,N3; (F) P1,P2,P3,N2,N3; (G) P1,P2,P3,N1,N2,N3.

Perlakuan yang memberikan pengaruh hasil yang baik terhadap pertumbuhan cabai rawit ini juga dapat dikaitkan dengan tersedianya unsur hara N dan P dalam media tanam cabai rawit. Berdasarkan hasil analisis kandungan unsur hara media tanam cabai rawit menunjukkan peningkatan terhadap kadar

N dan P pada semua perlakuan (Tabel 2). Kondisi ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan kombinasi *strain* bakteri tersebut mampu menyediakan unsur hara N dan P yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Peningkatan P dan N ini diduga karena pengaruh dari penambahan kombinasi *strain* bakteri yang dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik di media tanam tanah gambut dan didukung dengan adanya penambahan kotoran sapi yang berfungsi untuk meningkatkan pH tanah.

Umah (2012), menyatakan bahwa pemberian mikroorganisme dalam bentuk *biofertilizer*, seperti inokulan bakteri fiksasi nitrogen non simbiotik (*Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp.) dan bakteri pelarut fosfat (*Bacillus megaterium* dan *Bacillus subtilis*) dapat meningkatkan jumlah daun pada pertumbuhan tanaman cabai rawit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi serapan unsur hara maka jumlah daun akan meningkat. Menurut Wahono (2018), jumlah daun yang cukup banyak pada tanaman dapat mendukung terjadinya fotosintesis sehingga dapat membantu meningkatkan berat kering tanaman. Kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dan air serta pertumbuhannya secara keseluruhan meningkat seiring dengan meningkatnya berat kering tanaman (Zhar *et al.*, 2024).

Dugaan hasil terhadap penambahan kotoran sapi yang dapat meningkatkan unsur hara ini juga didukung oleh hasil penelitian Abdurrahman (2013), yang menyatakan bahwa penambahan kotoran sapi dapat meningkatkan pH tanah yang memacu peningkatan mikroorganisme tanah dan dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik pada tanah gambut, sehingga dapat memacu proses mineralisasi yang menyebabkan meningkatnya ketersediaan unsur hara pada media tanam. Menurut Asril *et al.* (2023), aktivitas bakteri dalam mengubah N dan P dalam media tanam menjadi tersedia bagi tanaman dipengaruhi oleh sumber karbon pada substrat, lama inkubasi, pH, dan suhu. Penelitian Lubis *et al.* (2020) menunjukkan bahwa aktivitas maksimum enzim nitrogenase dari bakteri penghasil nitrogen dengan menggunakan reduksi *acytilen-etylen assay* sangat dipengaruhi oleh jenis substratnya.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kombinasi BPF dan BPN (BPN) berpotensi meningkatkan jumlah daun dan lebar daun pada cabai rawit varietas Dewata F₁. Keuntungan dari *biofertilizer* ini selain dapat membantu dalam meningkatkan produktivitas tanaman juga dapat mencegah pencemaran lingkungan, sehingga dapat dikembangkan sebagai alternatif pupuk hayati (Timofeeva *et al.*, 2023).

Penelitian ini juga memiliki beberapa keterbatasan, antara lain ruang lingkup penelitian yang masih terbatas pada kondisi lingkungan, media tanam, dan waktu pengamatan yang relatif singkat sehingga belum cukup untuk menangkap efek jangka panjang konsorsium bakteri (Dewi & Trimulyono, 2023). Selain itu, penelitian hanya menilai sebagian parameter pertumbuhan vegetatif seperti jumlah dan lebar daun yang diukur, sedangkan aspek agronomis lain seperti hasil panen, produktivitas buah, dan kelangsungan populasi mikroba belum dievaluasi (Permatasari & Nurhidayati, 2014). Adapun rekomendasi pengembangan penelitian untuk selanjutnya yaitu dapat memperpanjang durasi pengamatan hingga fase generatif untuk mengukur pengaruh pada bunga, jumlah buah, dan hasil panen serta analisis populasi dan stabilitas konsorsium bakteri di rizosfer menggunakan metode kultur dan molekuler.

SIMPULAN

Penyiraman dengan kombinasi strain bakteri pelarut fosfat P1, P2, P3, dan bakteri penambat nitrogen N1, N2, N3 memberikan hasil berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dan lebar daun pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). Perlakuan yang memberikan hasil terbaik terdapat pada perlakuan A (kombinasi P1, P2, P3, dan N1) dengan rerata lebar daun (5,20 cm) dan jumlah daun (47,75 helai).

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura atas dukungan sarana dan prasarana selama penelitian. Terimakasih juga kepada bapak Rikhsan Kurniatuhadi, M.Si yang telah memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, T. (2013). Penggunaan lumpur laut cair dan pupuk kotoran sapi dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil jagung pada tanah gambut. *IJAS*, 3(3), 78-83. <https://doi.org/10.24198/ijas.v3i3.15052>
- Alam, H. E. Y. & Zulaika, E. (2020). Studi literatur potensi bakteri endogenik lahan gambut sebagai biofertilizer untuk memperbaiki nutrisi lahan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 9(2), 2337-3520. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v9i2.55624>
- Arora, N. K. (2015). *Plant microbes symbiosis: Applied facets*, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2068-8>
- Asri, A. C. & Zulaika, E. (2016). Sinergisme antar isolat *Azotobacter* yang dikonsorsiumkan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v5i2.20693>
- Asril, M., Lestari, W., Sanjaya, B. M. F., Firgiyanto, R., Sudewi, B. M. S., Kharisma, M., Paulina, S. M., & Kunusa, W. R. (2023). *Mikroorganisme pelarut fosfat pada pertanian berkelanjutan*. Yayasan Kita Menulis.
- Astuti, Y. W., Widodo, L. U., & Budisantosa, I. (2013). Pengaruh bakteri pelarut fosfat dan bakteri penambat nitrogen terhadap pertumbuhan tanaman tomat pada tanah masam. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 30(3), <https://doi.org/10.20884/1.MIB.2013.30.3.138>
- Azzahra, S. T., Irdawati., Putri, D. H., Handayani, D., & Advinda, L. (2023). Sinergisme antar isolat bakteri termofilik SSA2, SSA3, SSA4, dan SSAS6 yang dikonsorsiumkan dalam produksi xilanase. *Jurnal Serambi Biologi*, 8(2),
- Constantia, J. & Ferniah, R. S. (2020). Pertumbuhan vegetatif tanaman cabai pelangi (*Capsicum annuum* L.) pada perlakuan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*), kombinasi PGPR-pupuk NPK, dan PGPR-kompos. *Jurnal Ilmu Pertanian AGRIC*, 32(2), 95-104. <https://doi.org/10.24246/AGRIC.2020.V32.I2.P95-104>
- Dewi, P. R & Trimulyono, G. (2023). Isolasi dan karakterisasi bakteri penambat nitrogen dari rizosfer tanaman nanas di lereng Gunung Kelud Kediri. *LenteraBio*, 13(1), 72-85.
- Ekawati, A. (2014). Uji multilokasi pengaruh isolat bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat dan mikoriza asal Desa Condro Kecamatan Pasirian Lumajang terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau. [Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. <https://repository.its.ac.id/185/1/1508100050-paper.pdf>
- Endarto, O. & Martini, E. (2016). *Pedoman budi daya jeruk sehat*. Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (Balitjestro) Bekerja Sama dengan Agfor Sulawesi.
- Ethica, S.N., Muslim, R., Widyawardhana, R.M.B.I., Firmansyah, A., Muchlissin, S.I., and Darmawati, S. (2019). Synergism and Antagonism among Indigenous Hydrolytic Bacteria from Biomedical Wastes for the Generation of Bacterial Consortium Used as Bioremediation Agent. *International Journal of Environmental Science* 10.18178/ijesd.2019.10.12.1213.

- Hairuddin, R. & Ariani, N. P. (2017). Pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) batang pisang (*Musa* sp.) terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *PERBAL Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 5(3), 31-40.
- Hidayat, F., Sembiring, Z., Afrida, E. & Balatif, F. (2020). Aplikasi konsorsium bakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat untuk meningkatkan pertumbuhan jagung (*Zea mays*). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), 249-254. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.8>
- Istina, I. N., Nurhayati., & Jakoni. (2019). Sumbangan mikroba pelarut fosfat indegenus terhadap peningkatan produktivitas lahan pertanian di Provinsi Riau. *Jurnal Dinamika Pertanian*, 35(3), 27-34. [https://doi.org/10.25299/dp.2019.vol35\(3\).4562](https://doi.org/10.25299/dp.2019.vol35(3).4562)
- Khotimah, S. (2021). Potensi jamur dan bakteri pendegradasi selulosa serta bakteri pelarut fosfat, penambat nitrogen, non simbiosis, dan penghasil IAA pada berbagai tingkat kematangan tanah gambut sebagai kandidat biofertilizer. [Disertasi, Universitas Brawijaya].
- Lubis, S. S., Sardi, A., Huslina, F., & Lisa, M. (2020). Isolasi dan karakterisasi bakteri pengikat nitrogen tanah gambut hutan dari Kecamatan Trumon Aceh Selatan. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 12(2), 117-129. <https://doi.org/10.25134/quagga.v12i2.2794>
- Masganti, Anwar, K., & Susanti, M. A. (2017). Potensi dan pemanfaatan lahan gambut dangkal untuk pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(1), 43-52. <https://doi.org/10.2018/jsdl.v11i1.8191>
- Munandar, M., Romano., & Usman, M. (2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan cabai merah di Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 2(3), 80-91.
- Nadhifah, A. (2021). Aplikasi bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.) varietas Dega 1 sebagai agen biofertilizer [Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim]. <http://etheses.uin-malang.ac.id/26319/1/15620043.pdf>
- Permatasari, A. D., & Nurhidayati, T. (2014). Pengaruh inokulan bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat dan mikoriza asal Desa Condro, Lumajang, Jawa Timur terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(2), 2337-3520.
- Siahaan, S., Hutapea, M., & Hasibuan, R. (2013). Penentuan kondisi optimum suhu dan waktu karbonasi pada pembuatan arang dari sekam padi. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 26-30. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1423>
- Tania, N., Asfina, & Budi, S. (2012). Pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil jagung semi pada tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*, 1(1), 10-15.
- Timofeeva, A. M., Galyamova, M. R., & Sedykh, S. E. (2023). Plant growth-promoting soil bacteria: Nitrogen fixation, phosphate solubilization, siderophore production, and other biological activities. *Plants*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/plants12244074>
- Umah, F. K. (2012). Pengaruh pemberian pupuk hayati (*Biofertilizer*) dan media tanaman yang berbeda pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai rawit di polybag [Skripsi, Universitas Airlangga]. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/127509/1/050702137.pdf>
- Wahono, E., Izzati, M., & Parman, S. (2018). Interaksi antara tingkat ketersediaan air dan varietas terhadap kandungan prolin serta pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 3(1). <https://doi.org/10.14710/baf.3.1.2018.11-19>
- Wijayati, N., Astutiningsih, C., & Mulyati, S. (2014). Transformasi α -pinena dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25923. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 6(1). <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v6i1.2931>
- Yanti, F., Hariyono, K., & Sadiman, I. (2015). Aplikasi konsorsium bakteri terhadap pertumbuhan dan hasil pada beberapa varietas padi. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1(1),
- Nasamsir, Marpaung R, Hayata, Agustin F. (2023). Pengaruh Pemberian Pupuk Kompos Kotoran Sapi Pada Media Tanam Tanah Ultisol Terhadap Pertumbuhan Bibit Pinang Betara (*Areca catechu* L. var. Betara) di Polibag. *Jurnal Media Pertanian*. 8(1): 57-63. doi: 10.33087/jagro.v8i1.186
- Zhar, C. S. V., Azzahra, T. N., & Anjarsari, I. R. D. (2024). Pengaruh campuran bakteri pelarut fosfat dan bakteri penambat nitrogen terhadap pertumbuhan tanaman jagung pada lahan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 12(2), 289-297. <https://doi.org/10.35138/paspalum.v12i2.749>