

Efektivitas *Bacillus subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea*)

Effectiveness of Bacillus subtilis QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ as *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* in Cabbage (*Brassica oleracea*)

Suwarto^{1*}, Muhammad Hilmi²

Diterima 8 Juni 2023/ Disetujui 2 Agustus 2023

ABSTRACT

Bacillus subtilis is a ubiquitous bacterium commonly found in various ecological niches and has potential as a plant growth promoting rhizobacterial (PGPR). This study aims to determine the effectiveness and determine the effective concentration of *B. subtilis* strain QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ as PGPR in cabbage. Five treatment levels of *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ concentration namely 0 ml L⁻¹ as a control, 2.5 ml L⁻¹, 5.0 ml L⁻¹, 7.5 ml L⁻¹, and 10.0 ml L⁻¹ have been applied on cabbage plants. The solution with those concentrations was sprayed on cabbage plants aged 1, 2, 3, and 4 weeks after planting with a spray volume of 500 L ha⁻¹. Plant height, number of roots, crop weight, yield per plot, and yield potential per hectare of cabbage treated with *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ with a concentration of 2.5 and 5.0 ml L⁻¹ was higher than the control. The concentration of 2.5 ml L⁻¹ *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ resulted in the highest relative agronomic effectiveness (RAE) value of 112.2%. This concentration is the most effective for increasing the growth and production of cabbage with a potential yield of 52.16 tonnes ha⁻¹ without causing phytotoxicity. The yield potential of control treatment is 46.50 tons ha⁻¹. Thus *B. subtilis* QST 713:10⁹ CFU ml⁻¹ is effective as a PGPR for cabbage.

Keywords: effective, PGPR, phytotoxicity, relative agronomic effectiveness

ABSTRAK

Bacillus subtilis adalah bakteri yang ada di mana-mana yang biasa ditemukan di berbagai relung (*niche*) ekologi dan berpotensi sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacterial* (PGPR). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dan menentukan konsentrasi efektif dari *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ sebagai PGPR pada tanaman kubis. Perlakuan terdiri dari 5 taraf konsentrasi *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ yaitu 0 ml L⁻¹ sebagai kontrol, 2.5 ml L⁻¹, 5 ml L⁻¹, 7.5 ml L⁻¹, dan 10 ml L⁻¹. Larutan dengan konsentrasi tersebut disemprotkan pada tanaman kubis umur 1, 2, 3, dan 4 minggu setelah tanam dengan volume semprot 500 L ha⁻¹. Pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah akar, bobot *crop*, hasil per petak, dan potensi hasil per hektar tanaman kubis dengan konsentrasi 2.5 dan 5.0 ml L⁻¹ lebih tinggi daripada kontrol. Konsentrasi 2.5 ml L⁻¹ *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ menghasilkan nilai *relative agronomic effectiveness* (RAE) tertinggi yaitu 112.2% sehingga merupakan yang paling efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi kubis dengan potensi hasil kubis 52.16 ton ha⁻¹. Potensi hasil perlakuan kontrol adalah 46.50 ton ha⁻¹. Dengan demikian *B. subtilis* QST 713:10⁹ CFU ml⁻¹ dinyatakan efektif sebagai PGPR untuk kubis.

Kata kunci: efektif, fitotoksisitas, PGPR, *relative agronomic effectiveness*

PENDAHULUAN

Tanaman kubis atau kol merupakan salah satu tanaman sayuran yang masuk ke dalam Genus *Brassica* dan Famili *Cruciferae* (*Brassicaceae*). Kubis memiliki nilai ekonomi yang tinggi di Indonesia karena termasuk dalam komoditas ekspor.

Negara tujuan ekspor adalah Taiwan dan Singapura dengan nilai ekspor pada tahun 2019 sebesar US\$ 7.8 juta (Kementan, 2020a). Kubis memiliki manfaat untuk kesehatan manusia karena memiliki vitamin dan mineral yang banyak dibutuhkan tubuh, membantu pencernaan makanan serta menetralkan zat-zat asam dan tinggi serat (MNT, 2023).

¹Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jalan Meranti No.1. Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680, Indonesia.

²PT. Eden Pangan Indonesia. Lippo Saint Moritz Office Tower, 9th floor, Jakarta Barat. E-mail: warto_skm@apps.ipb.ac.id (*penulis korespondensi)

Mengingat nilai ekonomi yang tinggi untuk tanaman kubis, maka perlu dilakukan perbaikan kualitas dan kuantitas produksi. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dapat menjadi strategi yang efektif untuk memacu pertumbuhan tanaman (Backer *et al.*, 2018), yang perlu dipelajari untuk tanaman kubis. PGPR melibatkan aktivitas sejumlah mikroba pada wilayah perakaran tanaman yang disebut rhizomikrobioma. Mikroba di daerah *rhizomicrobiome* ini memainkan peran utama dalam perolehan dan asimilasi nutrisi, memperbaiki tekstur tanah, mensekresi, dan memodulasi molekul ekstraseluler seperti hormon, metabolit sekunder, antibiotik, dan berbagai senyawa sinyal, semuanya mengarah pada peningkatan pertumbuhan tanaman. Basu *et al.* (2021) menyatakan bahwa rhizobacteria adalah kelompok penting dari bakteri menguntungkan yang berkoloni dengan akar dan tumbuh subur di rizosfer tanaman dan tanah. Bakteri ini menunjukkan interaksi sinergis dan antagonistik dengan mikrobiota tanah dan terlibat dalam berbagai aktivitas ekologis yang signifikan. Koloni bakteri mendorong pertumbuhan tanaman dengan memfasilitasi toleransi stres biotik dan abiotik dan mendukung nutrisi tanaman inang. PGPR mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan melindunginya dari kerusakan oleh serangan hama dan penyakit (Mohanty *et al.*, 2021). Hasil penelitian Istikorini *et al.* (2022) menunjukkan bahwa PGPR dapat meningkatkan kesuburan tanah gambut.

Hashem *et al.* (2019) menyatakan bahwa *Bacillus subtilis* merupakan jenis utama rhizobakteri yang dapat membentuk spora yang dapat bertahan hidup di dalam tanah dalam jangka waktu lama pada kondisi lingkungan yang keras. *B. subtilis* dapat menstimulasi pertumbuhan tanaman, melarutkan P tanah, meningkatkan fiksasi nitrogen, dan menghasilkan siderofor yang mendorong pertumbuhannya dan menekan pertumbuhan pathogen, meningkatkan toleransi terhadap stres pada tanaman inangnya sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman dalam kondisi cekaman biotik dan abiotik.

B. subtilis dikelompokkan sebagai bakteri yang berada di sekitar atau di permukaan bagian akar tanaman dan secara langsung maupun tidak langsung meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada produksi dan sekresi pada regulasi kimia yang beragam di rizosfer (Vejan *et al.*, 2016). *B. subtilis* memiliki berbagai kemampuan metabolisme, termasuk degradasi berbagai molekul kompleks dan kemampuan untuk mencapai jumlah populasi yang tinggi di tanah sehingga *B. subtilis* berperan penting dalam biodegradasi bahan organik (Tang dan You, 2012). Berdasarkan uraian di atas maka *B. subtilis* dapat berfungsi sebagai PGPR. Penggunaan PGPR dengan kadar nitrogen dan fosfor sebesar 80% yang direkomendasikan meningkatkan hasil jagung dan produksi biomassa masing-masing sebesar 11.7% dan 17.9%, yang menunjukkan pengurangan 20% dalam input pupuk nitrogen dan fosfor tanpa menghambat pertumbuhan dan produksi jagung (Sood *et al.*, 2018).

Spesies lainnya yaitu *Bacillus amyloliquefaciens* dapat melarutkan fosfat tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap tanaman (Yulhendrik *et al.*, 2022).

Kemampuan metabolisme *Bacillus* sp. berbeda beda setiap spesiesnya. *B. subtilis* sebagai PGPR memiliki kemampuan meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres kekeringan, salinitas, logam berat (Khan *et al.*, 2019), dan keracunan aluminium pada tanah masam (Dutta dan Bora, 2019). *B. subtilis* juga dapat meningkatkan panjang akar (Xie *et al.*, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dan dosis yang efektif dari *B. Subtilis* strain QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ sebagai PGPR pada pertumbuhan dan produksi tanaman kubis pada tanah yang agak masam.

BAHAN DAN METODE

Percobaan lapangan dilaksanakan di lahan petani Desa Cibadak, Sukaresmi, Cianjur, Jawa Barat dengan ketinggian 100 m dpl (di atas permukaan laut) pada Bulan November 2022 sampai Januari 2023. Tanah di lokasi percobaan mempunyai reaksi agak masam (pH 5.38), kandungan C-organik sedang (2.98%), N-total sedang (0.32%), P-tersedia sangat tinggi (241.28 ppm P₂O₅), K-potensial sangat rendah (98.51 mg K₂O/100 g⁻¹) dan KTK sedang (22.83 cmol kg⁻¹).

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah bibit kubis Varietas Grand Nova, *Bacillus subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹, Urea, SP-36, dan KCl, mulsa plastik hitam perak serta pestisida. Alat-alat yang digunakan antara lain cangkul, koret, alat semprot/sprayer, ajir tanaman contoh. Alat yang digunakan untuk mengolah data yaitu komputer. Pengaruh perlakuan diuji dengan analisis varian (anova), dilanjutkan uji nilai tengah antar perlakuan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menggunakan SAS.

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan faktor tunggal perlakuan yaitu konsentrasi larutan *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹, yang terdiri atas 5 taraf yaitu 0 ml L⁻¹ (P0) sebagai kontrol, 2.5 ml L⁻¹ (P1), 5.0 ml L⁻¹ (P2), 7.5 ml L⁻¹ (P3), dan 10.0 ml L⁻¹ (P4). Percobaan dilakukan dengan lima ulangan sehingga terdapat 25 satuan percobaan atau petak percobaan. Ukuran petak percobaan adalah 5 m x 5 m, yang dibagi menjadi 4 bedeng per guludan. Lebar guludan 80 cm dan saluran antar guludan 40 cm. Bibit tanaman kubis varietas Grand Nova ditanam monokultur di atas guludan pada jarak tanam 50 cm x 60 cm.

Pemberian pupuk dilakukan sesuai standar budidaya tanaman kubis yaitu pupuk kandang 15 ton, 250 kg NPK, 54 kg KNO₃ merah, 18 kg MKP, dan 18 kg pupuk mikro Mamigro per hektar. Pupuk kandang diaplikasikan saat pengolahan lahan 2 minggu sebelum tanam; pupuk NPK diaplikasikan pada 7 hari sebelum tanam. Bedengan yang telah diberi pupuk kandang dan NPK ditutup mulsa plastik hitam perak. Mulsa dilubangi sesuai jarak tanam untuk penanaman bibit. Bibit kubis ditanam umur 35 hari setelah semai, satu bibit per lubang tanam.

Pupuk KNO₃ merah diaplikasikan pada 21-25 hari setelah tanam (HST), sedangkan pupuk MKP dan Mamigro diberikan pada 35-45 HST. Aplikasi perlakuan *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ dilakukan 4 kali pada umur 1, 2, 3, dan 4 minggu setelah tanam (MST) dengan menyemprotkan larutan sesuai konsentrasi perlakuan pada permukaan tanaman dengan volume semprot 500 L ha⁻¹.

Pengamatan vegetatif meliputi tinggi tanaman dan diameter pangkal batang dilakukan pada 4, 5, dan 6 minggu setelah tanam (MST) dengan 10 tanaman contoh per petak percobaan. Pengamatan jumlah akar pada 5 MST dilakukan dengan mencabut 5 tanaman sampel destruktif dari setiap perlakuan. Pertumbuhan diameter *crop* diamati pada 7, 8, 9, dan 10 MST dan saat panen (11 MST). Komponen hasil diukur dari 10 tanaman sampel per petak, meliputi diameter dan bobot *crop* kubis, dan hasil panen per petak yang kemudian dikonversikan ke potensi hasil panen per ha.

Data pertumbuhan dan produksi dianalisis ragamnya (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan dilanjutkan dengan uji nilai tengah berganda Duncan's (DMRT) untuk menentukan perlakuan terbaik. Nilai *relative agronomic effectiveness* (RAE) dihitung dengan menghitung persentase hasil panen relatif perlakuan terhadap hasil panen kontrol untuk menilai efektivitas *B. subtilis* strain QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ sebagai PGPR.

Pengamatan fitotoksisitas dilakukan secara visual dengan gejala-gejala klorosis, nekrosis, reduksi tanaman, serta gejala tidak normal lainnya. Skala yang digunakan untuk menentukan fitotoksisitas adalah: (1) tidak terjadi fitotoksisitas : 0 – 5% bentuk dan warna daun serta pertumbuhan tanaman normal, (2) fitotoksisitas ringan: 6–20% bentuk dan warna daun serta pertumbuhan tanaman tidak normal, (3) fitotoksisitas sedang : 21–50% bentuk dan warna daun serta pertumbuhan tanaman tidak normal, (4) fitotoksisitas tinggi : 51 – 70% bentuk dan warna daun serta pertumbuhan tanaman tidak normal, dan (5) fitotoksisitas sangat tinggi: > 70% bentuk dan warna daun serta pertumbuhan tanaman tidak normal atau tanaman mati

PGPR dinilai efektif apabila menghasilkan pertumbuhan dan produksi secara statistik lebih tinggi dibanding perlakuan kontrol pada taraf nyata 5%, nilai RAE ≥ 95% dan tidak terjadi fitotoksisitas. Dosis PGPR atau konsentrasi *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ yang paling efektif adalah yang menghasilkan nilai RAE paling tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan konsentrasi *Bacillus subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ sebagai PGPR berpengaruh nyata pada tinggi tanaman umur 6 MST, jumlah akar, bobot *crop*, hasil per petak, dan potensi hasil per hektar, dan fitotoksisitas. Pengaruhnya tidak nyata pada diameter pangkal batang dan diameter *crop* kubis. Rekapitulasi hasil analisis ragam disampaikan pada Tabel 1.

Tinggi tanaman, diameter pangkal batang, jumlah akar dan diameter *crop*

Tanaman yang disemprot PGPR *B. subtilis* QST713: 10⁹ CFU ml⁻¹ dengan konsentrasi 2.5 ml L⁻¹ (P1) nyata lebih tinggi dari kontrol (P0) dan konsentrasi lainnya (P2, P3, P4) ketika memasuki umur 6 MST. Diameter pangkal batang tidak berbeda nyata antar perlakuan konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ (Tabel 2). Tanaman tertinggi dihasilkan dari perlakuan PGPR *B. subtilis* QST713: 10⁹ CFU ml⁻¹ dengan konsentrasi 2.5 ml L⁻¹ (P1) yaitu 11.21 cm. Rata-rata diameter pangkal batang dari semua perlakuan konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713: 10⁹ CFU ml⁻¹ yaitu 12.61 mm.

Tabel 3 menunjukkan jumlah akar tanaman kubis pada 5 MST paling banyak (13.20 akar) dihasilkan dari perlakuan PGPR *B. subtilis* QST713: 10⁹ CFU ml⁻¹ konsentrasi 2.5 ml L⁻¹ (P1) diikuti oleh perlakuan konsentrasi 5.0 ml L⁻¹ (P2) yaitu 10.20 akar. Jumlah akar yang banyak akan mempunyai ukuran yang lebih panjang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Xie *et al.* (2015) bahwa *B. subtilis* juga dapat meningkatkan panjang akar tanaman padi.

Akar yang banyak dan panjang akan meningkatkan serapan air dan hara untuk pertumbuhan batang dan tajuk tanaman. Penyemprotan PGPR *B. subtilis* QST713: 10⁹ CFU ml⁻¹ dengan konsentrasi 2.5 ml L⁻¹ (P1) yang menghasilkan akar terbanyak atau terpanjang (Tabel 3) diikuti oleh ukuran tanaman yang paling tinggi (Tabel 1), dengan pertumbuhan tajuk paling lebar (Gambar 1) sejak umur 3 MST. Koloni bakteri *B. subtilis* QST713: 10⁹ CFU ml⁻¹ dapat mendorong pertumbuhan tanaman dengan memfasilitasi toleransi stres biotik dan abiotik dan mendukung nutrisi tanaman inang (Basu *et al.*, 2021). Hasil penelitian Nurjanah *et al.* (2022) menunjukkan bahwa aplikasi PGPR yang dikombinasikan dengan pupuk kandang ayam juga meningkatkan jumlah daun, tinggi tanaman, dan hasil tanaman sawi pagoda. Perlakuan PGPR yang mengandung *B. subtilis* strain TV-91C meningkatkan bobot basah dan bobot kering pucuk dan akar, diameter batang, tinggi bibit, kandungan klorofil, dan luas daun bibit kubis dibandingkan dengan kontrol (Turan *et al.*, 2014).

Diameter *crop*, bobot *crop* dan hasil tanaman kubis

Diameter buah kubis (*crop*) yang diukur pada 7 sampai 11 MST tidak dipengaruhi oleh perlakuan konsentrasi *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹. Semakin bertambah umur ukuran diameter *crop* semakin besar (Tabel 4). Rata-rata diameter *crop* pada umur 11 MST adalah 18.04 cm. *Crop* utuh dan potongan melintang ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Ukuran diameter *crop* pada perlakuan P1 dan P2 lebih besar dibandingkan P0, P3, dan P4 (Tabel 4) dan Gambar 2. Dengan *crop* yang lebih padat atau lebih kompak (Gambar 3), kedua perlakuan (P1 dan P2) menghasilkan bobot *crop*, potensi hasil per petak, dan potensi hasil per hektar yang lebih tinggi (Tabel 5).

Tabel 1. Rekapitulasi analisis sidik ragam pengaruh Konsentrasi *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ pada peubah pertumbuhan dan produksi pada tanaman kubis

Peubah pengamatan	Konsentrasi <i>B. subtilis</i> QST713:10 ⁹ CFU ml ⁻¹	Pr>F	KK
Tinggi tanaman			
4 MST	tn	0.3305	5.49
5 MST	tn	0.4494	4.87
6 MST	*	0.0168	4.31
Diameter batang			
4 MST	tn	0.5057	4.67
5 MST	tn	0.1708	3.56
6 MST	tn	0.3992	5.31
Jumlah akar	**	<.0001	10.50
Diameter <i>crop</i> kubis			
7 MST	tn	0.2884	4.30
8 MST	tn	0.2620	4.30
9 MST	tn	0.6374	4.06
10 MST	tn	0.5549	3.21
11 MST	tn	0.5937	3.35
Bobot <i>crop</i> kubis	*	0.0120	5.78
Potensi hasil per petak	*	0.0112	5.72
Potensi hasil per hektar	*	0.0120	5.78
Fitotoksisitas	**	<.0001	7.35

Keterangan: Pr>F = propability lebih dari F hitung, KK = Koefisien Keragaman, ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%, * = berpengaruh nyata pada taraf 5%, tn = tidak berpengaruh nyata

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ pada tinggi dan diameter pangkal batang tanaman kubis

Konsentrasi <i>B. subtilis</i> QST713:10 ⁹ CFU ml ⁻¹	Umur Tanaman		
	4 MST	5 MST	6 MST
Tinggi Tanaman (cm)			
0.0 ml L ⁻¹ (P0)	4.92	6.12	10.17b
2.5 ml L ⁻¹ (P1)	5.26	6.45	11.21a
5.0 ml L ⁻¹ (P2)	5.01	6.22	10.36b
7.5 ml L ⁻¹ (P3)	4.96	6.13	10.27b
10.0 ml L ⁻¹ (P4)	5.13	6.22	10.43b
Diameter pangkal batang (mm)			
0.0 ml L ⁻¹ (P0)	6.89	9.66	12.26
2.5 ml L ⁻¹ (P1)	7.10	10.18	12.88
5.0 ml L ⁻¹ (P2)	7.21	9.95	12.74
7.5 ml L ⁻¹ (P3)	6.90	9.73	12.29
10.0 ml L ⁻¹ (P4)	7.10	10.03	12.88
Rata-rata	7.04	9.91	12.61

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT taraf 5%.

Bobot *crop* per tanaman, hasil per petak, dan potensi hasil per hektar perlakuan P1 tidak berbeda nyata dengan P2 (Tabel 5). Akan tetapi nilai RAE perlakuan P1 (2.5 ml L⁻¹) lebih tinggi dari perlakuan P2 (5.0 ml L⁻¹). Artinya perlakuan dengan konsentrasi 2.5 ml L⁻¹ (P1) lebih efektif daripada 5.0 ml L⁻¹ (P2). RAE adalah nilai yang sering digunakan untuk mengukur efektivitas pupuk fosfor pada berbagai tanaman (Hugeyns dan Saveyn, 2018) dan pupuk organik butiran pada jagung manis (Intansari dan Subiksa, 2022) sehingga juga relevan juga untuk menilai efektivitas PGPR pada kubis.

Perlakuan konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713: 10⁹ CFU ml⁻¹ menunjukkan pengaruh yang nyata pada fitotoksisitas pada tanaman kubis (Tabel 6). Gejala fitotoksisitas yang muncul yaitu menguningnya daun kubis atau yang disebut

dengan klorosis yang disertai dengan penebalan tepi daun pada tanaman 3 MST. Perlakuan 0 ml L⁻¹ (P0) dan 2.5 ml L⁻¹ (P1) tidak menyebabkan fitotoksisitas. Perlakuan P2, P3, dan P4 menyebabkan fitotoksisitas dengan nilai berkisar 0.16–2.56%. Nilai toksisitas ini masih lebih rendah dari standar maksimal yang ditetapkan oleh Kementan (2020) yaitu 5%. Fitotoksisitas ini hilang setelah satu minggu dari terjadinya gejala. Disi *et al.* (2019) menyatakan bahwa PGPR dapat meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman dengan memberikan perlindungan tanaman dari penyakit dan hama serta meningkatkan pertumbuhan tanaman. PGPR dari strain campuran dan strain individual nyata mengurangi insiden penyakit dan keparahan penyakit busuk hitam (*black rot*) pada kubis (Liu *et al.*, 2016).

Tabel 3. Pengaruh konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713: 10⁹ CFU ml⁻¹ pada jumlah akar tanaman kubis umur 5 MST

Konsentrasi <i>B. subtilis</i> QST713:10 ⁹ CFU ml ⁻¹	Jumlah akar
0.0 ml L ⁻¹ (P0)	8.0 c
2.5 ml L ⁻¹ (P1)	13.2 a
5.0 ml L ⁻¹ (P2)	10.2 b
7.5 ml L ⁻¹ (P3)	8.4 c
10.0 ml L ⁻¹ (P4)	8.6 c

Keterangan: angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT taraf 5%.

Tabel 4. Pengaruh konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ pada diameter *crop* tanaman kubis umur 7 sampai 11 MST

Perlakuan	Diameter <i>crop</i> kubis (cm)				
	7 MST	8 MST	9 MST	10 MST	11 MST
0.0 ml L ⁻¹ (P0)	7.33	11.40	13.07	16.06	17.86
2.5 ml L ⁻¹ (P1)	7.80	12.13	13.58	16.50	18.26
5.0 ml L ⁻¹ (P2)	7.55	11.98	13.38	16.38	18.31
7.5 ml L ⁻¹ (P3)	7.47	11.78	13.21	16.09	17.90
10.0 ml L ⁻¹ (P4)	7.51	11.87	13.38	16.07	17.85

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT taraf 5%.

Tabel 5. Pengaruh konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ hasil *crop* tanaman kubis dan nilai RAE pada saat panen (11 MST)

Perlakuan	Bobot <i>crop</i> kubis (kg)	Potensi hasil per petak (kg)	Potensi hasil per hektar (kg)	RAE (%)
0.0 ml L ⁻¹ (P0)	1.45 b	116.24 b	46 496 b	-
2.5 ml L ⁻¹ (P1)	1.63 a	130.40 a	52 160 a	112.2
5.0 ml L ⁻¹ (P2)	1.60 a	128.08 a	51 232 a	110.2
7.5 ml L ⁻¹ (P3)	1.46 b	117.44 b	46 976 b	101.0
10.0 ml L ⁻¹ (P4)	1.46 b	117.52 b	47 008 b	101.1

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT taraf 5%.

* ukuran petak 5 m x 5 m; RAE = *Relative agronomic effectiveness*.

Tabel 6. Fitotoksisitas pada tanaman kubis dari berbagai konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹

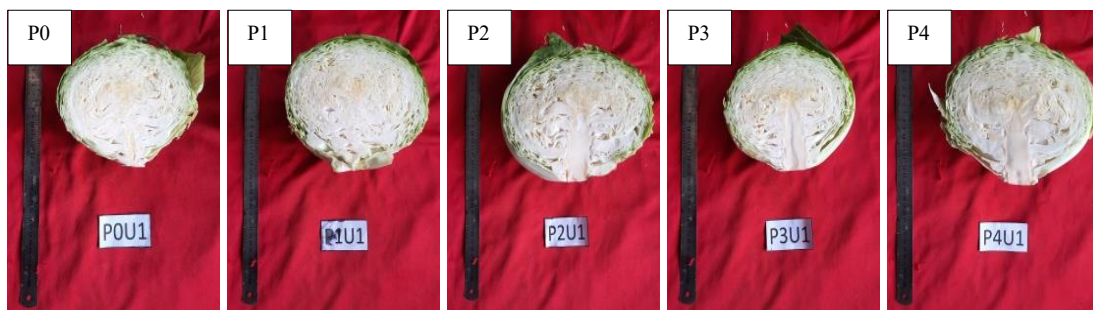
Perlakuan	Fitotoksisitas (%)
0.0 ml L ⁻¹ (P0)	0.00 c
2.5 ml L ⁻¹ (P1)	0.00 c
5.0 ml L ⁻¹ (P2)	0.16 c
7.5 ml L ⁻¹ (P3)	1.28 b
10.0 ml L ⁻¹ (P4)	2.56 a



Gambar 1. Keragaan tajuk tanaman kubis umur 3 MST pada berbagai konsentrasi PGPR, P0 (0 ml L⁻¹) kontrol, P1 (2.5 ml L⁻¹), P2 (5.0 ml L⁻¹), P3 (7.5 ml L⁻¹), dan P4 (10.0 ml L⁻¹)



Gambar 2. Keragaan *crop* kubis utuh pada saat panen (11 MST) pada berbagai konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹



Gambar 3. Keragaan potongan melintang *crop* kubis pada saat panen (11 MST) pada berbagai konsentrasi PGPR *B. subtilis* QST713:10⁹ CFU ml⁻¹

KESIMPULAN

B. subtilis strain QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ efektif sebagai PGPR berpengaruh nyata pada tinggi tanaman umur 6 MST, jumlah akar, bobot *crop*, hasil per petak, dan potensi hasil per hektar, dan fitotoksisitas. Pengaruhnya tidak nyata pada diameter pangkal batang dan diameter *crop*. *B. subtilis*

strain QST713:10⁹ CFU ml⁻¹ efektif sebagai PGPR mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kubis dengan nilai *relative agronomic effectiveness* (RAE) tertinggi yaitu 112.2% dari perlakuan dengan konsentrasi 2.5 ml L⁻¹. Konsentrasi 2.5 ml L⁻¹ adalah yang paling efektif dan tidak menyebabkan gejala fitotoksisitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Backer, R., J.S. Rokem, G. Ilangumaran, J. Lamont, D. Praslickova, E. Ricci, S. Subramanian, D.L. Smith. 2018. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Front. Plant Sci.* Volume 9-2019. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>.
- Basu, A., P. Prasad, S.N. Das, S. Kalam, R.Z. Sayyed, M.S. Reddy, H. El Enshasy. 2021. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Green Bioinoculants: Recent Developments, Constraints, and Prospects. *Sustainability.* 13(3): 1140. Doi: <https://doi.org/10.3390/su13031140>
- Disi, J., J. Simmons, S. Zebelo. 2019. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria-Induced Defense Against Insect Herbivores. p. 385-410. In: D. K. Maheshwari and S. Dheeman (eds.), *Field Crops: Sustainable Management by PGPR, Sustainable Development and Biodiversity*, volume 23. Springer, Cham. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-30926-8_14
- Dutta, J., U. Bora. 2019. Role of PGPR for Alleviating Aluminum Toxicity in Acidic Soil. p. 309-326. In: R. Z. Sayyed et al. (eds.), *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management. Microorganisms for Sustainability*, vol 12. Springer Singapore. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6536-2_4
- Hashem, A., B. Tabassum, E.F. Abd Allah. 2019. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi J. Biol. Sci.* 26(6): 1291-1297. Doi: 10.1016/j.sjbs.2019.05.004
- Huygens, D., H.G.M. Saveyn. 2018. Agronomic efficiency of selected phosphorus fertilisers derived from secondary raw materials for European agriculture. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development.* 38: 52. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0527-1>
- Intansari, R.S.R., I.G.M. Subiksa. 2022. The effectiveness of organic fertilizer granules for increasing sweet corn production on Acid Dryland In Bogor District. *J. Soilscape and Agriculture.* 1(1): 40-52.
- Istikorini, Y., Nurhafifah, A.P.P. Hartoyo, A. Solikhin, E.A. Octiaviani. 2022. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria and bionanomaterial membrane applications on chemical properties of peat soils. *IOP Conf. Series. Earth and Environmental Science.* 959: 012049. IOP Publishing. Doi: 10.1088/1755-1315/959/1/012049
- Kementan [Kementerian Pertanian RI]. 2020a. Analisis Kinerja Perdagangan Kubis. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian. Volume 10 (2B). 54 hal.
- Kementan [Kementerian Pertanian RI]. 2020b. Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 369/KPTS/SR.330/M/6/2020 tentang Kriteria Teknis Pendaftaran Pestisida.
- Khan, N., Asadullah, A. Bano. 2019. Rhizobacteria and Abiotic Stress Management. p. 65 -80. In: R. Z. Sayyed et al. (eds.), *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management. Microorganisms for Sustainability*, volume 12. Springer, Singapore. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6536-2_4
- Liu, K., C. Garrett, H. Fadamiro, J.W. Kloepper. 2016. Antagonism of black rot in cabbage by mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *BioControl* 61:605-613. Doi: 10.1007/s10526-016-9742-3
- Mohanty, P., P.K. Singh, D. Chakraborty, S. Mishra, R. Pattnaik. 2021. Insight Into the Role of PGPR in Sustainable Agriculture and Environment. *Front. Sustain. Food Syst.* Volume 5-2021. Doi: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.667150>.
- MNT (MedicalNewsToday). 2023. The health benefits of cabbage. *MNT Newsletter.* <https://www.medicalnewstoday.com/articles/284823> [24 Juli 2023].
- Mrkovački, N., I. Dalović, D. Josić. 2016. The effect of PGPR strains on microbial abundance in maize rhizosphere in field conditions. *Ratar Povrt.* 53: 15-19. Doi: <https://doi.org/10.5937/ratpov53-8224>
- Nurjanah, C., A. Rosmala, S. Isnaeni. 2022. Pengaruh pupuk kandang ayam dan plant growth promoting rhizobacteria terhadap pertumbuhan, hasil, dan kualitas hasil sawi pagoda. *J. Hort. Indonesia.* 13(2): 57-63. Doi: <http://doi.org/10.29244/jhi.13.2.57-63>
- Sood, G., R. Kaushal, A. Chauhan, S. Gupta, S. 2018. Effect of conjoint application of indigenous PGPR and chemical fertilizers on productivity of maize (*Zea mays* L.) under mid hills of Himachal Pradesh. *J. Plant Nutr.* 41: 297-303. Doi: 10.1080/01904167.2017.1381116
- Tang, M., M. You. 2012. Isolation, identification and characterization of novel triazophos-degrading *Bacillus* sp. (TAP-11). *Microbiol Res.* 167: 299-305. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2011.10.004>

- Turan, M., M. Ekinci, E. Yildirim, A. Gunes. 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *J. Agric. For.* 38(3): 327-333. Doi: 10.3906/tar-1308-62
- Vejan, P., R. Abdullah, T. Khadiran, S. Ismail, A.N. Boyce. 2016. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-a review. *Molecules.* 21: 573. Doi: 10.3390/molecules21050573
- Xie, S., H. Wu, L. Chen, H. Zang, Y. Xie, X. Gao. 2015. Transcriptome profiling of *Bacillus subtilis* OKB105 in response to rice seedlings. *BMC Microbiol.* 15:21. Doi: 10.1186/s12866-015-0353-4
- Yulhendrik, M.F., M. Kasim, A. Syarif. 2022. Pemberian beberapa dosis bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* untuk efisiensi pemupukan fosfat tanaman padi metode SRI. *J. Agrohita.* 7(2): 363-372. Doi: 10.31604/jap.v7i2.6344