



Respons Pertumbuhan Rimpang Bangle (*Zingiber purpureum*) Pada Perlakuan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)

**Singgih Tri Wardana^{1*}, Wulan Fransisca Mangandi², Harmida³,
Doni Setiawan⁴**

^{1,2,3,4}Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA),
Universitas Sriwijaya, Indonesia

*Email: singgihtriwardana@mipa.unsri.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.13142>

Submit: 23-11-2024; Revised: 22-12-2024; Accepted: 27-12-2024; Published: 30-12-2024

ABSTRAK: Bangle (*Zingiber purpureum* Rosc.) merupakan salah satu spesies dari famili Zingiberaceae yang berkhasiat obat. Metabolit sekunder yang terkandung dalam rimpang bangle memiliki aktivitas biologis sebagai antioksidan, antiinflamasi, antikanker, antiasma, anti penuaan, neuroprotektif, antimikroba. Inovasi teknologi ramah lingkungan untuk meningkatkan kandungan hara tanah serta daya tumbuh tanaman dalam upaya budidaya tanaman berkelanjutan adalah dengan memanfaatkan rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*/PGPR). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi PGPR terhadap pertumbuhan rimpang bangle. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi dan Perkembangan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Digunakan rancangan penelitian acak lengkap dengan lima perlakuan konsentrasi PGPR (0; 75; 125; 175; dan 225 ppm). Data dianalisis dengan Analisis Variansi (Anova) dan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT). Penelitian menunjukkan hasil bahwa perlakuan PGPR secara signifikan meningkatkan pertumbuhan rimpang bangle dibandingkan tanpa perlakuan PGPR. Hasil terbaik pada konsentrasi PGPR 175 ppm dalam meningkatkan pertumbuhan rimpang bangle.

Kata Kunci: *Zingiber purpureum*, pertumbuhan, rimpang, PGPR.

ABSTRACT: Bangle (*Zingiber purpureum* Rosc.) is one of the species of the Zingiberaceae family that has medicinal properties. Secondary metabolites contained in bangle rhizomes have biological activity as antioxidants, anti-inflammatory, anticancer, anti-asthma, anti-aging, neuroprotective, antimicrobial. Environmentally friendly technological innovation to increase soil nutrient content and plant growth in sustainable plant cultivation efforts is by utilizing plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). This study aims to determine the effect of PGPR concentration on the growth of bangle rhizomes. This study was conducted at the Physiology and Development Laboratory, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University. A completely randomized study design was used with five PGPR concentration treatments (0; 75; 125; 175; and 225 ppm). Data were analyzed by Analysis of Variance (Anova) and Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The study showed that PGPR treatment can increase the growth of bangle rhizomes compared to no PGPR treatment. The best results at a PGPR concentration of 175 ppm in increasing the growth of bangle rhizomes.

Keywords: *Zingiber purpureum*, growth, rhizome, PGPR.

How to Cite: Wardana, S., Mangandi, W., Harmida, H., & Setiawan, D. (2024). Respons Pertumbuhan Rimpang Bangle (*Zingiber purpureum*) Pada Perlakuan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(2), 2449-2455. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.13142>



Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Bangle yang memiliki nama ilmiah *Zingiber purpureum* Rosc. dan sinonim *Zingiber cassumunar* Roxb. merupakan salah satu spesies dari famili
Uniform Resource Locator: <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist>



Zingiberaceae yang berkhasiat obat. Rimpang tanaman bangle telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional oleh masyarakat di Indonesia, seperti masyarakat Suku Kerinci di Provinsi Jambi (Wardana, 2023). Rimpang bangle mengandung beberapa jenis metabolit sekunder yang telah diidentifikasi seperti fenilbutenoid, kurkuminoid, seskuiterpenoid, benzaldehida, kuinon, dan minyak atsiri monoterpenoid. Metabolit sekunder yang terkandung dalam rimpang bangle memiliki aktivitas biologis sebagai antioksidan, antiinflamasi, antikanker, antiasma, anti penuaan, neuroprotektif, antimikroba (Le *et al.*, 2022; Han *et al.*, 2021; Mektrirat *et al.*, 2020).

Bangle banyak dibudidayakan dan diperdagangkan di pasar tradisional di Indonesia. Budidaya bangle masih dilakukan secara konvensional dengan menggunakan pupuk kimia, pestisida kimia dan hormon pertumbuhan sintetik. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida kimia yang berlebihan dan terus menerus di bidang pertanian mengakibatkan banyak permasalahan lingkungan, seperti kerusakan ekosistem dan kesuburan tanah yang tidak seimbang, serta dapat menyebabkan eutrofikasi (Thorat & More, 2022; Pirttilä *et al.*, 2021). Saat ini inovasi teknologi ramah lingkungan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman dalam rangka pertanian berkelanjutan adalah dengan penerapan mikroorganisme bermanfaat sebagai pupuk hayati (Pirttilä *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2022).

Mikroorganisme yang bersifat menguntungkan antara lain bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR). PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) merupakan rhizobakteri yang bermanfaat memacu pertumbuhan tanaman (Goswami *et al.*, 2016). Rhizobakteri (PGPR) yang bersimbiosis dengan akar tanaman dapat menghasilkan hormon tumbuhan yang serupa dengan yang disintesis oleh tanaman, seperti giberelin, auksin, dan sitokinin (Backer *et al.*, 2018). PGPR dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman dan juga meningkatkan kandungan total nitrogen dan fosfor dalam jaringan tanaman (Sharma *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian telah dilaporkan, bahwa PGPR memengaruhi pertumbuhan rimpang jahe (*Zingiber officinale* Rosc.), yaitu meningkatkan tinggi tanaman, panjang daun, dan jumlah daun (Jabborova *et al.*, 2021). Pada tanaman jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) PGPR meningkatkan pertumbuhan tunas dan akar (Wardana *et al.*, 2021). PGPR juga meningkatkan pertumbuhan rimpang kunyit putih (*Curcuma zedoaria* Rosc.) yaitu meningkatkan jumlah tunas, tinggi tunas, jumlah akar, dan panjang akar (Wardana *et al.*, 2023). Informasi mengenai penelitian yang mengkaji pengaruh PGPR terhadap pertumbuhan tanaman famili Zingiberaceae masih terbatas, khususnya pada tanaman bangle (*Zingiber purpureum* Rosc.). Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh PGPR terhadap pertumbuhan rimpang bangle.

METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi dan Perkembangan, dan Rumah Percobaan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Rancangan penelitian digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 5 perlakuan konsentrasi PGPR, dan setiap perlakuan

dengan 5 ulangan. Perlakuan konsentrasi PGPR yaitu ; 0 ppm, 75 ppm, 125 ppm, 175 ppm, dan 225 ppm.

Penelitian ini digunakan PGPR komersial (Bactegrowth) yang mengandung *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter sp*, dan *Azospirillum sp*. Rimpang dari tanaman bangle dewasa diseleksi dan disiapkan dengan ukuran 10 – 15 cm, berat 25 – 30 gram. Rimpang direndam dalam larutan biofungisida 2 g/l selama 30 menit, kemudian dibilas dengan akuades. Selanjutnya rimpang direndam dalam larutan PGPR sesuai konsentrasi perlakuan selama 1 jam, kemudian dikering anginkan selama 15 menit (Wardana *et al.*, 2023). Selanjutnya rimpang ditanam pada media tanam berupa campuran tanah humus dan sekam padi yang dilakukan di dalam rumah percobaan. Pemeliharaan dan pengamatan pertumbuhan rimpang dilakukan di Rumah Percobaan dengan kondisi temperatur 28 °C – 30 °C selama 60 hari. Pengamatan dan pengukuran yang dilakukan meliputi jumlah dan panjang tunas, jumlah daun, panjang anakan (tanaman muda), jumlah dan panjang akar. Data hasil observasi dan pengukuran dianalisis dengan analisis variansi (Anova) dan uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh perlakuan rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR : *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) terhadap pertumbuhan rimpang bangle (*Zingiber purpureum* Rosc.) pada penelitian ini, dapat ditunjukkan dari data hasil pengamatan dan pengukuran parameter pertumbuhan rimpang bangle (Tabel 1). Tabel 1 menunjukkan respons pertumbuhan rimpang bangle berupa pertumbuhan tunas yaitu jumlah dan panjang tunas, merupakan tunas yang diamati pada hari ke-20 setelah tanam. Respon pertumbuhan panjang anakan, jumlah anakan, jumlah daun, dan pertumbuhan akar merupakan tanaman muda bangle atau anakan yang diamati dan diukur pada hari ke-60 setelah rimpang bangle ditanam.

Data yang tersaji pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap parameter panjang (tinggi) anakan. Walaupun hasil Anova tidak berpengaruh nyata, tetapi rimpang bangle dengan perlakuan PGPR menghasilkan rata-rata tinggi anakan yang lebih baik dari rimpang bangle tanpa perlakuan PGPR atau perlakuan kontrol (0 ppm). Demikian pula pada parameter jumlah tunas, panjang tunas, jumlah anakan, jumlah daun, dan jumlah akar, dimana nilai rata-rata pertumbuhan beberapa perlakuan PGPR lebih baik dari perlakuan kontrol, walaupun hasil Anova menunjukkan tidak berpengaruh nyata.

Perlakuan PGPR menghasilkan respon pertumbuhan rimpang bangle yang lebih baik dikarenakan rhizobakteri (PGPR) yang bersimbiosis dengan akar tanaman dapat menghasilkan hormon tanaman seperti yang disintesis oleh tanaman, seperti giberelin, auksin, dan sitokinin (Backer *et al.*, 2018). PGPR juga dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, dan meningkatkan kandungan nitrogen dan fosfor total dalam jaringan tanaman (Song *et al.*, 2021).

Tabel 1. Pertumbuhan Rimpang Bangle pada Perlakuan PGPR

Respon Pertumbuhan	Konsentrasi PGPR (ppm)				
	0	75	125	175	225
Jumlah Tunas	1,00 ^a	1,40 ^{ab}	1,20 ^{ab}	1,80 ^b	1,80 ^b
Panjang Tunas (cm)	2,00 ^a	2,35 ^a	3,00 ^a	5,60 ^b	3,96 ^{ab}
Jumlah Anakan	1,00 ^a	1,60 ^{ab}	1,20 ^a	2,40 ^b	1,60 ^{ab}
Jumlah Anakan (cm)	31,20 [*]	44,42 [*]	54,60 [*]	60,00 [*]	46,94 [*]
Jumlah Daun Anakan	8,60 ^a	9,78 ^{ab}	11,00 ^{ab}	12,80 ^b	10,40 ^{ab}
Jumlah Akar	12,00 ^a	18,40 ^{ab}	14,30 ^a	21,80 ^b	14,00 ^a
Panjang Akar (cm)	14,80 ^a	23,80 ^b	22,90 ^{bc}	26,40 ^c	20,20 ^b

Keterangan: angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama pada baris yang sama menerangkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf signifikansi 5%

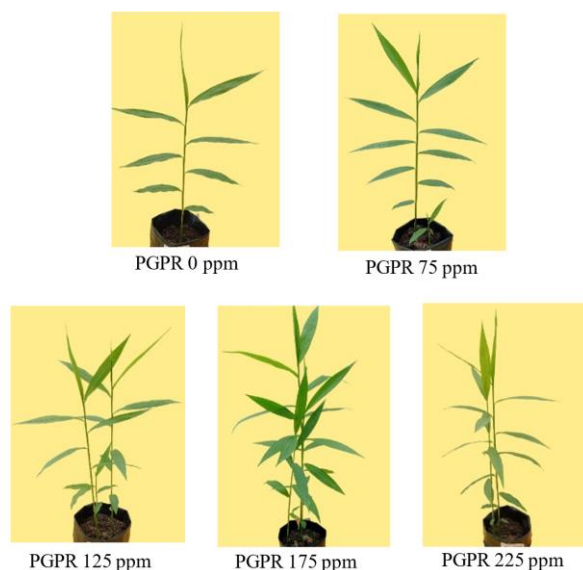
*: tidak berbeda nyata berdasarkan analisis variansi pada taraf signifikansi 5%

Hasil uji DMRT diketahui bahwa respons pertumbuhan rimpang bangle berupa jumlah tunas, panjang tunas, jumlah anakan, jumlah daun anakan, dan pertumbuhan akar pada perlakuan PGPR 175 ppm berbeda nyata dari perlakuan tanpa PGPR atau kontrol (0 ppm). Hal ini menunjukkan bahwa PGPR pada konsentrasi 175 ppm berpengaruh signifikan dalam memacu pertumbuhan rimpang bangle. Jabborova *et al.*, (2021) menyatakan bahwa rhizobakteri yang terdapat dalam PGPR berfungsi dalam memproduksi hormon pertumbuhan seperti IAA secara massal. Berdasarkan hal tersebut, rimpang bangle memanfaatkan hormon IAA ini untuk memacu pertumbuhan rimpang bangle. Menurut Singh (2018), asam indole-3-asetat atau IAA merupakan salah satu auksin esensial. IAA berperan dalam respons seluler seperti pembelahan sel dan diferensiasi sel serta regulasi gen-gen pertumbuhan. Selanjutnya Roychoudhry & Kepinski (2022) menyatakan bahwa auksin berperan sentral dalam hampir setiap aspek pertumbuhan dan perkembangan akar, mulai dari tingkat sel hingga sistem akar secara keseluruhan. Peran auksin (IAA) ini juga tampak pada pertumbuhan panjang akar rimpang bangle pada penelitian ini, dimana semua konsentrasi perlakuan PGPR berbeda nyata dengan perlakuan tanpa PGPR (0 ppm).

Selain hormon auksin, PGPR dapat memproduksi hormon sitokinin yang dimanfaatkan tanaman untuk pertumbuhan (Backer *et al.*, 2018; Zaheer *et al.*, 2022). PGPR dapat mengatur jalur auksin tanaman melalui produksi regulator lain seperti oksida nitrat (NO), 2,4-diacetylphloroglucinol (DAPG), dan beberapa fitohormon seperti sitokinin (Chieb & Gachomo, 2023). Sitokinin berperan penting dalam pembelahan sel tanaman, alokasi nutrisi, dan kinerja fotosintesis, dan juga merupakan agen deteksi dan pemberi sinyal untuk respons tanaman terhadap cekaman lingkungan (Emery & Kisiala, 2020).

Respon pertumbuhan daun berkaitan dengan ketersediaan nitrogen pada tanaman. Diketahui bahwa PGPR mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara, salah satunya adalah nitrogen tanaman (Song *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil penelitian ini, konsentrasi 175 ppm merupakan konsentrasi optimal untuk mendukung ketersediaan unsur hara nitrogen pada rimpang bangle. Tumbuhan yang memperoleh cukup pasokan nitrogen maka daun akan terbentuk lebih baik dan memiliki kadar klorofil yang lebih tinggi sehingga tumbuhan dapat menghasilkan produk fotosintesis yang cukup untuk mendukung pertumbuhan dan

perkembangan vegetatif tumbuhan (Masclaux-Daubresse *et al.*, 2010). Hasil penelitian Jabborova *et al.* (2021) pada rimpang jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) menunjukkan bahwa perlakuan PGPR secara signifikan meningkatkan jumlah daun dan kadar klorofil dibanding perlakuan tanpa PGPR. Menurut Jeyanthi & Kanimozhi (2018), bakteri pemacu pertumbuhan (growth-promoting rhizobacteria/PGPR) yang merupakan bakteri yang hidup di lingkungan rizosfer memiliki peran penting dalam memengaruhi pertumbuhan tanaman. PGPR tidak hanya menjamin ketersediaan unsur hara penting bagi tanaman, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara.



Gambar 1. Tanaman Muda (Anakan) Bangle (*Zingiber purpureum*) pada Perlakuan PGPR dengan Konsentrasi Berbeda

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan PGPR menghasilkan respon pertumbuhan rimpang bangle yang lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan PGPR, terutama pada pertumbuhan panjang akar. Konsentrasi PGPR 175 ppm memberikan hasil terbaik dan berpengaruh nyata dibandingkan dengan perlakuan tanpa PGPR dalam memacu pertumbuhan rimpang bangle (*Zingiber purpureum*).

SARAN

Walaupun dalam penelitian ini perlakuan PGPR menunjukkan memacu pertumbuhan vegetatif tanaman bangle sampai hari ke-60 setelah rimpang ditanam, diperlukan penelitian lebih lanjut sampai masa panen rimpang untuk mengetahui pengaruh PGPR terhadap produksi rimpang bangle.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Universitas Sriwijaya atas Hibah Penelitian Skema Sateks tahun 2024 berdasarkan SK Rektor No.0012/UN9/SK.LP2M.PT/2024.



DAFTAR PUSTAKA

- Backer R, Rokem J. S., Ilangumaran G., Lamont J., Praslickova D., & Ricci E. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Front. Plant Sci.* 9(1):1473. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- Chieb, M. & Gachomo, E.W. (2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC Plant Biol*, 23 (407). <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04403-8>
- Emery R.J.N. & Kisiala A. (2020). The Roles of Cytokinins in Plants and Their Response to Environmental Stimuli. *Plants*. 9(9):1158. <https://doi.org/10.3390/plants9091158>
- Goswami D., Thakker J. N., & Dhandhukia P. C. (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. *Cogent Food & Agriculture*. 2(1):1127500. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1127500>
- Han A-R, Kim H, Piao D, Jung C-H, Seo E. K. (2021). Phytochemicals and Bioactivities of *Zingiber cassumunar* Roxb. *Molecules*. 26(8): 2377 <https://doi.org/10.3390/molecules26082377>
- Jabborova D., Enakiev Y., Sulaymanov K., Kadirova D., Ali A., Annapurna K. (2021). Plant growth promoting bacteria *Bacillus subtilis* promote growth and physiological parameters of *Zingiber officinale* Roscoe. *Journal Plant Science Today*. 8(1):66-71. <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.1.997>
- Jeyanthi V., Kanimozhi S. (2018). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) – Prospective and Mechanisms: A Review. *J Pure Appl Microbiol*. 12(2):733-749. doi: <https://doi.org/10.22207/JPAM.12.2.34>
- Kumar S, Diksha, Sindhu S. S., Kumar R. (2022). Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*. 3(1):1000942022. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100094>
- Le T. H., Nguyen N. K. T., Nguyen M. T. T., Nguyen N. T. Two new phenylbutenoids from the rhizomes of cassumunar ginger and their α -glucosidase inhibitory activity. *Nat Prod Res*. 2022 28:1-8. <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2157826>
- Masclaux-Daubresse C., Daniel-Vedele F., Dechorgnat J., Chardon F., Gaufichon L., & Suzuki A. (2010). Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Ann Bot*. 105(7):1141–1157. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq028>
- Mektrirat R, Yano T, Okonogi S, Katip W, Pikulkaew S. (2020). Phytochemical and Safety Evaluations of Volatile Terpenoids from *Zingiber cassumunar* Roxb. on Mature Carp Peripheral Blood Mononuclear Cells and Embryonic Zebrafish. *Molecules*. 25(3): 613. <https://doi.org/10.3390/molecules25030613>
- Pirttilä A. M., Tabas H. M. P., Baruah N., & Koskimäki J. J. (2021). Biofertilizers and biocontrol agents for agriculture: How to identify and



- develop new potent microbial strains and traits. *Microorganisms*. 9(4): 817. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040817>
- Roychoudhry S & Kepinski S. (2022). Auxin in root development. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 14(4). [10.1101/cshperspect.a039933](https://doi.org/10.1101/cshperspect.a039933)
- Sharma R., Dahiya A., Sindhu S. S. (2018). Harnessing Proficient Rhizobacteria to Minimize the Use of Agrochemicals. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*. 7(10): 3186-3197. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.369>
- Singh I. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and their various mechanisms for plant growth enhancement in stressful conditions: A review. *Journal European of Biological Research*. 8(4): 191-213. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1455995>
- Song Y., Li Z., Liu J., Zou Y., Lv C., & Chen F. (2021). Evaluating the impacts of Azotobacter chroococcum inoculation on soil stability and plant property of maize crop. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 21(1): 824–831. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00404-w>
- Thorat J. C. & More A. L. (2022). The effect of chemical fertilizers on environment and human health. *International Journal of Scientific Development and Research*. 7(2): 99- 105. <https://www.ijedr.org/viewpaperforall.php?paper=IJSDR2202016>
- Wardana S. T. (2023). Ethnomedicinal approach of zingiberaceae in traditional medicine of the Kerinci tribe, Jambi, Indonesia. *International Journal of Biology Research*, 8(2): 5-7.
- Wardana S. T., Arnida., Juswardi., Tanzerina N., & Harmida. (2023). Growth responses of white turmeric (*Curcuma zedoaria* Rosc.) rhizome on plant growth promoting rhizobacteria treatment. *International Journal of Agriculture and Plant Science*. 5(3): 69-73.
- Wardana, S. T., Juswardi, & Rama, N. L. A. (2021). Respons pertumbuhan rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Var. Rubrum) pada perendaman auksin dan PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). *Sriwijaya Bioscientia*. 2(2): 53–58. <https://doi.org/10.24233/sribios.2.2.2021.354>
- Zaheer M.S., Ali H.H., Iqbal M.A., Erinle K.O., Javed T., Iqbal J., Hashmi M.I.U., Mumtaz M.Z., Salama E.A.A., Kalaji H.M., Wróbel J. & Dessoky E.S. (2022) Cytokinin Production by *Azospirillum brasilense* Contributes to Increase in Growth, Yield, Antioxidant, and Physiological Systems of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Front. Microbiol*. 13: 886041. doi [10.3389/fmicb.886041](https://doi.org/10.3389/fmicb.886041)