

Potensi kitosan sebagai biostimulan organik untuk percambahan dan pertumbuhan benih padi (*Oryza sativa* L.)

(The potential of chitosan as an organic biostimulant for the germination and growth of rice seeds (Oryza sativa L.)

Mohd Fairuz Md Suptian

Kata kunci: biostimulan, indeks vigor, kitosan, padi organik, percambahan

Pengenalan

Pengeluaran padi secara organik merupakan satu pendekatan pertanian mampan yang semakin mendapat perhatian dalam kalangan petani, penyelidik dan pengguna. Sistem ini menekankan prinsip ekologi, biodiversiti dan penggunaan sumber semula jadi secara kitar semula, di samping mengehadkan penggunaan input kimia sintetik seperti baja dan racun perosak. Sebagai salah satu cabang daripada sistem pertanian organik, pengurusan padi secara organik memerlukan pendekatan yang menyeluruh dan bersepadu bagi memastikan kesuburan tanah, kesihatan tanaman, serta kawalan perosak dan penyakit dapat diurus tanpa bergantung kepada bahan kimia sintetik. Walau bagaimanapun, pengurusan tanaman padi secara organik masih berdepan pelbagai cabaran, khususnya dalam aspek kesuburan tanah, kawalan perosak dan penyakit, serta pertumbuhan awal tanaman yang seragam. Pertumbuhan awal yang lemah boleh menjejaskan vigor anak benih dan seterusnya mengurangkan hasil padi secara keseluruhan.

Penggunaan bahan biostimulan semula jadi berpotensi menjadi pendekatan sokongan yang berkesan. Biostimulan merujuk kepada bahan atau mikroorganisma yang digunakan dalam pertanian dengan tujuan untuk merangsang proses fisiologi tanaman secara semula jadi, meningkatkan kecekapan penggunaan nutrien, daya tahan terhadap tekanan persekitaran dan memperbaiki kualiti serta hasil tanaman. Tidak seperti baja atau racun perosak, biostimulan tidak membekalkan nutrien secara langsung atau bertindak sebagai agen kawalan makhluk perosak, tetapi berfungsi mempertingkatkan keupayaan tumbuhan itu sendiri.

Kitosan merupakan salah satu bahan biostimulan semula jadi yang semakin mendapat perhatian. Ia adalah biopolimer yang diperoleh melalui proses deasetilasi kitin (*deacetylation of chitin*) iaitu komponen utama dalam cangkerang krustasea seperti udang dan ketam. Kitosan bersifat mesra alam, mudah terbiodegradasi serta mempunyai keupayaan untuk merangsang pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap tekanan biotik dan abiotik. Walaupun banyak kajian melaporkan keberkesanan kitosan dalam meningkatkan prestasi pelbagai jenis tanaman, kajian khusus terhadap aplikasinya dalam sistem penanaman padi organik, terutamanya pada peringkat percambahan dan pertumbuhan awal benih adalah masih terhad.

Sehubungan itu, kajian ini dijalankan untuk menilai dan membandingkan kesan tiga jenis biostimulan organik terpilih yang terdiri daripada kitosan, cuka kayu dan ekstrak rumpai laut terhadap percambahan, vigor dan prestasi pertumbuhan awal anak benih padi wangi varieti MRQ 76. Objektif kajian ini adalah untuk mengenal pasti biostimulan yang paling berkesan sebagai input semula jadi dalam sistem penanaman padi organik. Dapatan daripada kajian ini diharap dapat menyumbang kepada pembangunan teknologi input pertanian yang lebih lestari, sekali gus menyokong pengeluaran padi secara mampan dan mesra alam.

Kajian keberkesanan aplikasi kitosan terhadap prestasi pertumbuhan fisiologi anak benih padi

Peringkat percambahan dan pertumbuhan awal anak benih merupakan fasa kritikal dalam kitar hayat tanaman padi yang menentukan kejayaan penanaman dan potensi hasil. Sehubungan itu, satu kajian di MARDI telah dijalankan di peringkat makmal bagi menilai prestasi pertumbuhan fisiologi benih padi tempatan varieti MRQ 76. Kajian ini memfokuskan kepada parameter seperti peratus percambahan, indeks vigor biji benih serta pertumbuhan awal anak benih termasuk panjang pucuk dan akar yang berkait rapat dengan keupayaan anak benih menyerap nutrien dan menyesuaikan diri dengan persekitaran.

Tiga jenis biostimulan organik telah digunakan dalam kajian ini iaitu cuka kayu, ekstrak rumpai laut dan kitosan. Reka bentuk eksperimen yang digunakan adalah reka bentuk rawak lengkap [*Completely Randomised Design* (CRD)] dengan empat ulangan bagi setiap rawatan. Sebanyak 90 biji benih padi bagi setiap rawatan direndam selama 24 jam dalam larutan biostimulan masing-masing sebelum disemai di dalam dulang semaian menggunakan bio arang sebagai medium semaian.

Peratus percambahan biji benih dikira pada hari ke-10 selepas semaian berdasarkan bilangan biji benih yang menunjukkan kemunculan radikel sekurang-kurangnya 2 mm daripada medium semaian. Kiraan peratus percambahan adalah dengan menggunakan Persamaan (1):

$$\text{Percambahan (\%)} = \frac{\text{Jumlah biji yang bercambah}}{\text{Jumlah biji yang diuji dalam dulang}} \times 100\% \dots (1)$$

Indeks vigor pula dikira menggunakan kaedah seperti yang dicadangkan oleh Finch-Savage dan Bassel (2016) iaitu:

$$\text{Indeks vigor} = \text{Purata panjang pucuk} \times \text{percambahan (\%)} \dots (2)$$

Prestasi pertumbuhan anak benih padi terhadap aplikasi biostimulan organik ini dinilai berdasarkan panjang (cm) dan berat segar (g) bagi pucuk dan akar. Pengukuran dilakukan pada hari ke-10 selepas semaian dengan lima anak benih dipilih secara rawak bagi setiap rawatan seperti dalam *Gambar 1*.



Gambar 1. Tumbesaran pucuk dan akar tiller padi kesan aplikasi beberapa biostimulan organik terpilih

Keberkerkesanan biostimulan kitosan terhadap hasil percambahan dan indeks vigor benih padi

Keputusan seperti dalam *Jadual 1* menunjukkan bahawa penggunaan beberapa biostimulan organik terpilih memberi kesan yang bererti terhadap peratusan percambahan dan indeks vigor biji benih padi.

Biostimulan kitosan mencatatkan peratusan percambahan tertinggi iaitu sebanyak 87.8%, mengatasi biostimulan organik lain yang diuji. Walau bagaimanapun, tiada perbezaan bererti didapati antara penggunaan cuka kayu (77.8%) dan ekstrak rumpai laut (78.9%), namun kedua-duanya menunjukkan perbezaan signifikan berbanding dengan kawalan yang mencatatkan peratusan percambahan paling rendah iaitu 75.6%. Dari segi indeks vigor, penggunaan kitosan juga menunjukkan nilai tertinggi iaitu 1,810 yang berbeza secara signifikan dengan ekstrak rumpai laut (1,467), cuka kayu (1,358) dan kawalan (1,346). Tiada perbezaan yang signifikan diperhatikan antara penggunaan cuka kayu dan kawalan. Analisis ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan pada aras $p < 0.05$ bagi kedua-dua parameter yang dikaji. Seterusnya, ujian perbandingan min menggunakan LSD menunjukkan bahawa rawatan kitosan adalah yang terbaik secara statistik dalam meningkatkan percambahan dan indeks vigor biji benih padi.

Keberkesanan kitosan dalam meningkatkan percambahan dan vigor biji benih mungkin disebabkan oleh peranannya dalam merangsang pengeluaran hormon tumbuhan seperti auksin dan giberelin, di samping meningkatkan aktiviti enzim metabolik yang penting untuk pemecahan dormansi serta merangsang pertumbuhan awal akar dan pucuk. Ia dikaitkan dengan keupayaan kitosan memperkayakan kandungan antioksidan dalam benih, sekali gus meningkatkan keupayaannya menyingkirkan radikal bebas sebagai mekanisme pertahanan. Mekanisme ini juga berperanan dalam mengurangkan jangkitan penyakit tanaman seperti *Fusarium graminearum*, iaitu patogen yang menyebabkan penyakit hawar kepala *Fusarium* serta menghasilkan mikotoksin pada tanaman bijirin kecil.

termasuk padi. Kitosan juga mempunyai sifat pembentukan filem yang sangat baik, membolehkannya membentuk lapisan separa telap di permukaan biji benih. Lapisan ini berfungsi untuk mengekalkan kelembapan benih dan menyerap air daripada tanah, seterusnya merangsang percambahan biji benih dengan lebih berkesan.

Jadual 1. Peratus percambahan (GP) dan indeks vigor (VI) anak benih padi terhadap beberapa biostimulan organik terpilih

Rawatan	Peratus percambahan (GP)	Indeks vigor (VI)
Kawalan (air suling)	75.6 ^{c*} ± 2.08	1346 ^c ± 37.04
Cuka kayu	77.8 ^{b,c} ± 1.76	1358 ^c ± 30.67
Ekstrak rumpai laut	87.8 ^a ± 1.76	1810 ^a ± 36.23
Kitosan	78.9 ^b ± 2.22	1467 ^b ± 41.33

*Nota: Data adalah min dengan lima replikasi per rawatan ± SD. Nilai Min dengan huruf yang sama dalam lajur, tidak berbeza secara signifikan berdasarkan LSD ($p < 0.05$)

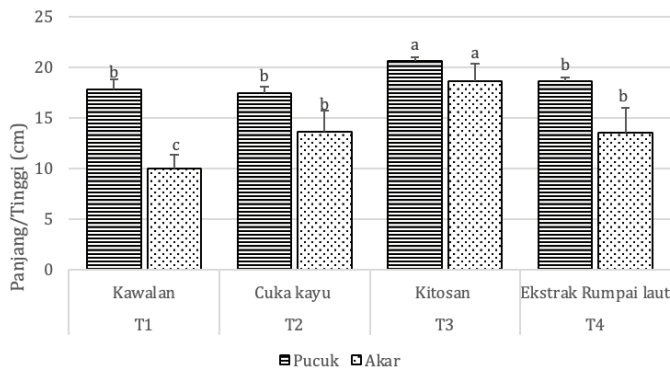
Keberkesanan biostimulan kitosan ke atas hasil prestasi pertumbuhan awal anak benih padi

Rajah 1 menunjukkan perbezaan yang signifikan dalam penggunaan biostimulan organik terhadap panjang pucuk dan akar biji benih padi. Rawatan dengan kitosan menghasilkan panjang pucuk yang paling optimum iaitu 20.6 cm, berbanding dengan kawalan (17.8 cm), cuka kayu (17.9 cm) dan ekstrak rumpai laut (18.6 cm). Manakala, tiada perbezaan yang ketara antara panjang pucuk kawalan, cuka kayu dan ekstrak rumpai laut. Ini menunjukkan bahawa penggunaan kitosan sangat berkesan dalam meningkatkan kepanjangan pucuk anak benih padi. Dari segi pertumbuhan akar, kitosan juga memberikan hasil yang terbaik dengan panjang akar 18.7 cm, lebih panjang berbanding dengan kawalan (10 cm), cuka kayu (13.6 cm) dan ekstrak rumpai laut (13.6 cm). Ujian ini juga mendapati tiada perbezaan yang signifikan antara panjang akar menggunakan cuka kayu dan ekstrak rumpai laut, namun kedua-duanya menunjukkan peningkatan yang jelas berbanding dengan kawalan.

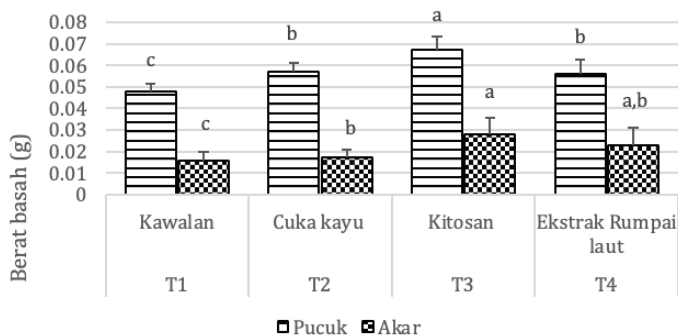
Keputusan yang dipaparkan dalam *Rajah 2* menunjukkan bahawa penggunaan biostimulan organik memberi kesan yang signifikan terhadap berat pucuk dan akar biji benih padi. Rawatan dengan kitosan menghasilkan pertumbuhan pucuk yang optimum dengan berat 0.067 g, berbanding dengan biostimulan organik yang lain. Sementara itu, tiada perbezaan yang ketara antara penggunaan cuka kayu (0.057 g) dan ekstrak rumpai laut (0.056 g), namun kedua-duanya menunjukkan peningkatan yang jelas berbanding dengan kawalan (0.048 g). Dari segi berat akar, kitosan memberikan hasil tertinggi iaitu 0.028 g, lebih tinggi berbanding dengan biostimulan organik yang lain. Walau bagaimanapun, tiada perbezaan yang signifikan antara penggunaan kitosan dan ekstrak rumpai laut (0.023 g). Ujian juga mendapati bahawa penggunaan ekstrak rumpai laut tidak menunjukkan perbezaan yang ketara berbanding dengan cuka kayu (0.017 g) dan kawalan (0.016 g).

Kajian terdahulu melaporkan bahawa rawatan kitosan pada benih merangsang pertumbuhan pucuk dan akar bagi varieti padi INCA LP-5 di Cuba manakala benih yang direndam dalam kitosan dilindungi daripada tekanan abiotik, sekali gus menggalakkan pertumbuhan pucuk dan akar anak pokok serta mencegah penyakit. Kajian-kajian lain turut menunjukkan bahawa penggunaan kitosan dapat meningkatkan berat pucuk dan akar bagi pelbagai tanaman, termasuk kekacang (*Phaseolus vulgaris*), strawberi, jagung, quinoa (*Chenopodium quinoa*) dan tomato. Peratusan percambahan dan pertumbuhan anak benih yang baik akibat rawatan kitosan pada biji benih disebabkan oleh penggabungan nutrien yang terkandung dalam kitosan yang penting untuk perkembangan anak benih padi. Kitosan yang mengandungi karbon, nitrogen serta unsur-unsur mineral lain merupakan sumber penting untuk pertumbuhan tanaman.

Kitosan juga dikenal pasti dapat meningkatkan pengambilan nutrien, terutamanya nitrogen, kalium dan fosforus yang seterusnya menyokong pertumbuhan tumbuhan yang lebih baik. Selain itu, rawatan kitosan pada anak benih padi merangsang pengeluaran isyarat untuk sintesis fitohormon pertumbuhan seperti giberelin dan auksin yang menyumbang kepada peningkatan prestasi pertumbuhan dan perkembangan anak benih tanaman.



Rajah 1. Panjang (cm) pucuk dan akar anak benih padi yang bercambah daripada biji yang direndam dalam rawatan biostimulan organik terpilih



Rajah 2. Berat basah (g) pucuk dan akar anak benih padi yang bercambah daripada biji yang direndam dalam rawatan biostimulan organik terpilih

Kesimpulan

Kajian yang dijalankan ini membuktikan bahawa penggunaan kitosan sebagai biostimulan organik mampu meningkatkan percambahan, vigor dan pertumbuhan awal anak benih padi berbanding dengan bahan biostimulan lain. Potensi ini menjadikannya alternatif biostimulan yang sesuai untuk menyokong pembangunan pertanian padi organik yang lestari.

Bibliografi

- Abdel-Mawgoud, A. M. R., Tantawy, A. S., El-Nemr, M. A., & Sassine, Y. N. (2010). Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *European Journal of Scientific Research*, 39(1), 161–168.
- Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria¹. *Crop Science*, 13(6), 630.
- Arias, C., Serrat, X., Moysset, L., Perissé, P., & Nogués, S. (2018). Morpho-physiological responses of alamo switchgrass during germination and early seedling stage under salinity or water stress conditions. *Bioenergy Research*, 11(3), 677–688.
- Chookhongkha, N., Miyagawa, S., Jirakiattikul, Y., & Photchanachai, S. (2012). Chili Growth and Seed Productivity as Affected by Chitosan.
- Dash, A. K. (2012). Impact of domestic wastewater on seed germination and physiological parameters of rice and wheat. *Ijrras*, 12(2), 280–286.
- El-Tantawy, E. M. (2009). Behavior of tomato plants as affected by spraying with chitosan and aminofort as natural stimulator substances under application of soil organic amendments. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(17), 1164–1173.
- Farouk, S., & Amany, A. (2012). Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress. *Egyptian Journal of Biology*, 14, 14–26.
- Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 567–591.
- Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J., & Shao, C. X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University: Science B*, 10, 427–433.
- Hameed, A., Sheikh, M. A., Hameed, A., Farooq, T., Basra, S. M. A., & Jamil, A. (2013). Chitosan priming enhances the seed germination, antioxidants, hydrolytic enzymes, soluble proteins and sugars in wheat seeds. *Agrochimica LVII-N*, 31–46.
- Lisbel Martínez González, Y. R. G., & Vázquez, A. F. R., & M. N. (2015). Effect of seed treatment with chitosan on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings cv. INCA LP-5 in saline medium. *Cultivos Tropicales*, 36(No. 1), 136–142.
- Lizárraga-Paulín, E. G., Torres-Pacheco, I., Moreno-Martínez, E., Miranda-Castro, S. P., Cantú, J., & Izcalli, C. (2011). Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level. *African Journal of Biotechnology*, 10(No. 34), 6439–6446.

- Kim, Y., Kang, I. J., Shin, D. B., Roh, J. H., Heu, S., & Shim, H. K. (2018). Timing of *Fusarium* head blight infection in rice by heading stage. *Mycobiology*, 46(3), 283–286.
- Malerba, M., & Cerana, R. (2015). Reactive oxygen and nitrogen species in defense/stress responses activated by chitosan in sycamore cultured cells. *Int. J. Mol. Sci.*, 16, 3019–3034.
- Mansouri, A., & Omid, H. 2018. Effect of chitosan nano particle and potassium nitrate on germination and some morpho-physiological characteristics of seedlings of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Iranian Journal of Seed Research*, 5(1), 147–159.
- Mohammadi, G. R., & Amiri, F. (2010). the effect of priming on seed performance of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. *J. Agric. & Environ. Sci.*, 9(2), 202–207.
- Reddy, M. V. B., Arul, J., Angers, P., & Couture, L. (1999). Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 1208–1216.
- Uthairatanakij, A., Teixeira da Silva, J. A., & Obsuwan, K. (2007). Chitosan for improving orchid production and quality. *Orchid Science and Biotechnology*, 1(1), 1–5.
- Zeng, D., & Luo, X. (2012). Physiological effects of chitosan coating on wheat growth and activities of protective enzyme with drought tolerance. *Open Journal of Soil Science*, 2, 282–288.

Ringkasan

Artikel ini membincangkan potensi penggunaan kitosan sebagai biostimulan organik untuk meningkatkan percambahan dan pertumbuhan awal anak benih padi (*Oryza sativa* L.) varieti MRQ 76. Pertanian organik menekankan prinsip kelestarian, penggunaan sumber semula jadi dan pengurangan input kimia sintetik, sekali gus mendorong keperluan kepada alternatif seperti bahan biostimulan semula jadi. Kitosan, sebatian biopolimer mesra alam yang diperolehi daripada deasetilasi kitin daripada cangkerang krustasea seperti udang dan ketam telah dikenal pasti berpotensi dalam merangsang pertumbuhan tanaman melalui pelbagai mekanisme fisiologi dan biokimia. Kajian ini telah dijalankan untuk membandingkan keberkesanan tiga jenis biostimulan organik iaitu kitosan, cuka kayu dan ekstrak rumpai laut dengan kawalan tanpa rawatan terhadap percambahan, vigor dan prestasi pertumbuhan awal anak benih padi. Dapatan kajian menunjukkan bahawa kitosan memberikan kesan positif yang signifikan terhadap semua parameter yang dikaji. Kitosan meningkatkan peratus percambahan dan indeks vigor secara ketara berbanding dengan rawatan lain, di samping menghasilkan panjang pucuk dan akar serta berat pucuk dan akar yang lebih tinggi. Kajian ini juga menyokong hasil kajian terdahulu yang melaporkan keberkesanan kitosan dalam meningkatkan pertumbuhan pucuk, akar dan keberhasilan tanaman dalam pelbagai jenis tanaman lain seperti jagung, tomato, kekacang dan strawberi. Mekanisme gabungan ini menjadikan kitosan sebagai alternatif yang berpotensi dalam menggantikan input sintetik untuk meningkatkan keberkesanan sistem penanaman padi organik.

Summary

This article explores the potential application of chitosan as an organic biostimulant to enhance germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.), specifically the MRQ 76 variety. In the context of organic farming, which prioritises sustainability the use of natural resources and the minimisation of synthetic chemical inputs, there is growing interest in natural biostimulants. Chitosan, a biodegradable biopolymer derived from the deacetylation of chitin found in crustacean shells (e.g., shrimp and crabs), has demonstrated potential in promoting plant growth through various physiological and biochemical pathways. This study assessed the effectiveness of three organic biostimulants, chitosan, wood vinegar and seaweed extract compared to an untreated control, in improving rice seed germination, vigor and early growth. Results revealed that chitosan significantly enhanced all measured parameters, including germination percentage, vigor index, shoot and root length, as well as shoot and root biomass. These findings align with previous studies reporting the efficacy of chitosan in promoting vegetative growth and productivity in crops such as maize, tomato, legumes and strawberry. Collectively, the evidence supports chitosan's role as a promising, eco-friendly alternative to synthetic inputs in enhancing the performance and sustainability of organic rice cultivation systems.

Pengarang

Mohd Fairuz Md Suptian

Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran,

Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: fairuzsr@mardi.gov.my