

Pengujian Biologis Formulasi Bioenkapsulasi *Bacillus* sp. untuk Menghambat Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Cabai

Bioassay Formulation of Bioencapsulation Bacillus sp. to Inhibit Bacterial Wilt Disease on Chili Plant

Mochammad Mirza Saputra¹, Yenny Wuryandari¹, Noni Rahmadhini^{1*}

¹Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, UPN “Veteran” Jawa Timur

Jl. Rungkut Madya, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

Telp. 0851-7545-5696

***email korespondensi: nonirahmadhini.agrotek@upnjatim.ac.id**

ABSTRACT

Bacterial wilt disease is a serious threat to cayenne pepper plants because it can cause a significant reduction in production. Although *Bacillus* sp. has been applied using liquid formulations, the results have not been optimal. Therefore, bioencapsulated formulations in the form of Beads have been tested as an alternative to increase their effectiveness. These Beads were made using sodium alginate cross-linked with CaCl_2 through an extrusion technique. The application of Beads with the 1.5% concentration and application seven days before transplanting treatment showed the lowest disease intensity level, which was 55.5%, and the effectiveness of inhibition reached 44.5%. From the results of this study, it can be concluded that the beads formulation is significantly potential in inhibiting bacterial wilt disease on chili plant

Keywords: *Bacillus* sp., Bacterial Wilt, Bioencapsulation, Beads

PENDAHULUAN

Produksi cabai rawit (*Capsicum frutescens*) di Indonesia mengalami penurunan signifikan sebesar 8.09% pada tahun 2021 (Irfayanti *et al.*, 2021). Menurut penelitian oleh Sholeh *et al.* (2017), faktor utama penyebab penurunan produksi ini adalah serangan penyakit, dengan salah satu penyakit yang paling berdampak pada

tanaman cabai adalah penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh bakteri patogen *Ralstonia solanacearum*. Salah satu strategi pengendalian biologis yang umum diterapkan adalah penggunaan *Bacillus* sp. sebagai agen antagonis. *Bacillus* sp. telah terbukti efektif dalam mengendalikan berbagai macam patogen, termasuk

Colleototricum capsici, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia*, *Phythium*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Xanthomonas*, *Erwinia* dan *Phytophthora palmivora* (Abidin *et al.*, 2015; Anjarsari *et al.*, 2022; Fakhruddin, 2020; Sutarti & Wahab, 2010)

Aplikasi *Bacillus* sp. menggunakan formulasi cair yang umum digunakan petani memiliki banyak kekurangan yaitu stabilitasnya selama penyimpanan seringkali terbatas karena kerentanannya terhadap kontaminasi mikroorganisme lain (Tu *et al.*, 2015), sehingga mempengaruhi efektivitas dalam pengendalian penyakit. Formulasi bioenkapsulasi merupakan salah satu teknik formulasi berupa mikroenkapsulasi yang dianggap lebih efisien dan efektif. Formulasi bioenkapsulasi yang dibentuk dalam manik-manik (*Beads*) memiliki kelebihan seperti yang diungkapkan Kim *et al.* (2012) bahwa melindungi mikroorganisme di dalam tanah dan mengontrol pelepasannya secara berkelanjutan.

Penelitian sebelumnya terkait bioenkapsulasi ini telah banyak dilakukan, penelitian yang dilakukan oleh Chi *et al.* (2020) menggunakan metode mikroenkapsulasi *Bacillus megaterium* untuk remediasi tanah salin. Bevilacqua *et al.* (2020) juga menggunakan metode mikroenkapsulasi *Saccharomyces cerevisiae* yang mempelajari sifat fungsional pelepasan sel. Rojas-Padilla *et al.* (2022) dalam penelitiannya menggunakan metode mikroenkapsulasi *Bacillus* sp. untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman gandum.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi formulasi bioenkapsulasi *Bacillus* sp. dengan bahan penyalut sodium alginat sebagai metode pengendalian penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kebun Bibit Wonorejo, Rungkut, Surabaya dan Laboratorium Kesehatan Tanaman Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Jawa Timur selama satu bulan mulai bulan September hingga bulan Oktober 2023.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bakteri *Bacillus* sp. isolat bcz 30 koleksi Dr. Ir. Yenny Wuryandari, MP. (Zinidin, 2022), isolat *Ralstonia solanacearum*, sodium alginat (Merck) viskositas 256 mPas kategori sedang, aquadest, CaCl₂ (kalsium klorida), media Nutrient Agar (Himedia M001-500G), media Nutrient Broth (Merck 1.05443.0500), label, NaCl teknis, dan alkohol 70%.

Rancangan Perlakuan dan Analisis Data

Perlakuan yang diujikan adalah konsentrasi sodium alginat sebagai bahan pembentuk *Beads* dengan konsentrasi 1.0% (K1), 1.5% (K2), 2.0% (K3) serta waktu aplikasi *Beads* yaitu bersamaan dengan

pindah tanam (W1) dan tujuh hari sebelum tanam (W2). Didesain dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga ulangan, per ulangan terdapat enam tanaman sehingga penelitian ini menggunakan 118 tanaman dan kontrol negatif berupa aplikasi *R. solanacearum* tanpa *Beads* sebanyak 18 tanaman. Variabel yang diamati adalah intensitas penyakit dan efektivitas penghambatan penyakit layu bakteri tanaman cabai. Data hasil pengamatan dianalisis ragam taraf nyata 5% dan uji lanjutan menggunakan uji Duncan (DMRT) dengan nilai Significant= 0.05. Software yang digunakan adalah IBM Statistics SPSS 25.

Pelaksanaan Penelitian

a. Pembuatan *Beads*

Beads dibuat dengan menggunakan dua bahan utama, yaitu sodium alginat sebagai bahan penyalut dan CaCl₂ sebagai crosslinker. Suspensi sodium alginat dipersiapkan dalam tiga variasi konsentrasi, yaitu 1.0%, 1.5%, dan 2.0%, menggunakan

aquades sebagai bahan pelarut sebanyak 100 ml. Sementara itu, larutan CaCl_2 dengan konsentrasi 3% juga disiapkan dengan menggunakan aquades sebanyak 100 ml. Proses sterilisasi dilakukan pada suspensi sodium alginat dan larutan CaCl_2 menggunakan autoclave pada suhu 120°C selama 20 menit.

Setelah sterilisasi, suspensi sodium alginat dicampur dengan suspensi *Bacillus* sp. pada konsentrasi 10^8 CFU/ml, dengan perbandingan 10:1. Pembentukan *Beads* dilakukan dengan meneteskan campuran suspensi biopolimer dan suspensi *Bacillus* sp. menggunakan syringe ke dalam larutan CaCl_2 3%, secara bertahap (Li *et al.*, 2013). *Beads* yang telah terbentuk kemudian disaring dan disimpan serta dibagi berdasarkan konsentrasi menggunakan plastik klip.

Persiapan Suspensi *Ralstonia solanacearum*

Isolat *R. solanacearum* diambil sebanyak satu ose dan dimasukkan ke dalam media NB (Li *et al.*, 2014). Kemudian, suspensi tersebut diinkubasi menggunakan shaker pada kecepatan 120 rpm selama 24 jam (Asril *et al.*, 2020). Jumlah populasi yang diinginkan untuk suspensi *Ralstonia solanacearum* adalah sebanyak 10^8 CFU/ml, yang dicapai dengan mencampurkan suspensi tersebut dengan aquades steril dalam perbandingan 1:7 terhadap suspensi *R. solanacearum* dalam media NB.

Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah tanah yang dicampur dengan kompos dengan perbandingan 1:1. Sebelum digunakan tanah dilakukan sterilisasi dengan menggunakan formalin 5% dengan dosis 2.5 ml kg^{-1} (Musafa *et al.*, 2015). Tanah dengan formalin diaduk merata, kemudian tanah dibungkus dengan plastik selama tujuh hari dan setelah itu bungkus plastik dibuka, selanjutnya dikeringanginkan selama tujuh hari (Sianipar

et al., 2019). Media tanam yang sudah siap digunakan dipindah ke dalam polybag berukuran 25 x 25 cm, setiap polybag berisi 1 kg tanah.

Uji Antagonisme

Uji antagonisme *in vivo* dilakukan dengan sesuai dengan perlakuan waktu aplikasi dengan menggunakan *Beads* sebanyak 1 g polybag⁻¹ serta suspensi bakteri *R. solanacearum* sebanyak 10 ml dengan kerapatan 10⁸ CFU ml⁻¹ (Choliq *et al.*, 2020). Kedua perlakuan tersebut dilakukan penyiraman setiap pagi dan sore hari.

Pengamatan dilakukan setiap hari sejak satu hari setelah inokulasi patogen sampai muncul gejala awal. Intensitas

penyakit diamati setiap lima hari sekali selama tujuh kali pengamatan. Intensitas penyakit dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^k k \times Nk}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan:

k = jumlah tanaman yang terserang pada tiap nilai skala

Nk = jumlah tanaman dengan skala keparahan k (k = 0, 1, 2, 3)

N = jumlah tanaman yang digunakan dalam percobaan

Z = skala keparahan penyakit tertinggi

Penentuan skala intensitas penyakit dan kategori disajikan pada Tabel 1. (Arwiyanto & Hartana, 1999).

Tabel 1. Skala dan kategori penyakit layu bakteri

Skala	Kategori
0	Semua daun sehat
1	1% - < 10% daun layu
2	10% < 30% daun layu
3	30% < 60% daun layu
4	60% < 100% daun layu
5	100% daun layu

Selain menghitung intensitas penyakit, juga dilakukan penghitungan efektivitas penghambatan (Istiqomah & Kusumawati, 2018)

$$\text{Efektivitas Penghambatan (EP)} = \frac{(\text{IP Kontrol} - \text{IP Perlakuan})}{\text{IP Kontrol}} \times 100$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

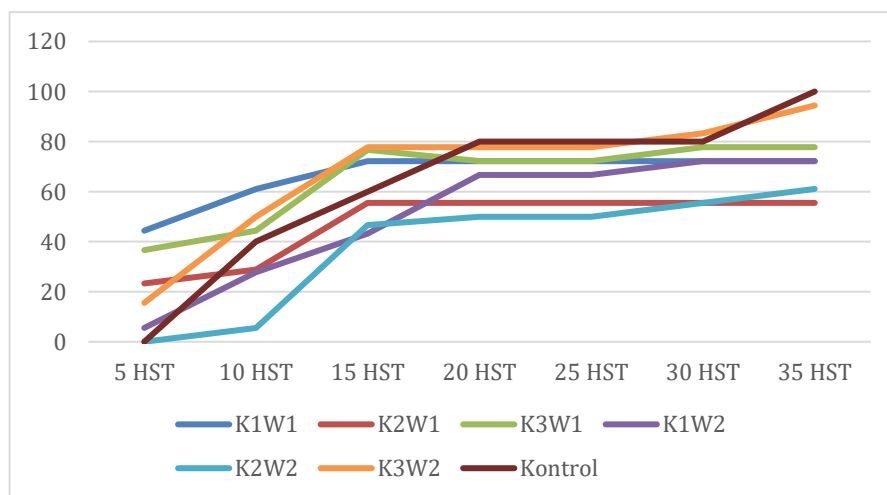
Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi konsentrasi sodium alginat dan waktu aplikasi *Beads* memiliki pengaruh berbeda nyata pada pengamatan 5

HST dan 10 HST. Akan tetapi, pada pengamatan 15 HST hingga 30 HST tidak terdapat perbedaan nyata perlakuan kombinasi terhadap intensitas penyakit dan pada 35 HST terjadi perbedaan.

Table 2. Intensitas penyakit

Perlakuan	Intensitas Penyakit							%EP
	5 HST	10 HST	15 HST	20 HST	25 HST	30 HST	35 HST	
Kontrol	0,00 a	40,00 bc	60,00	80,00	80,00	80,00	100,00 d	0,00
K1W1	44,40 d	61,06 c	72,10	72,10	72,10	72,10	72,10 bcd	27,90
K2W1	23,30 bc	28,80 ab	55,50	55,50	55,50	55,50	55,50 b	44,50
K3W1	36,60 cd	44,40 bc	76,60	72,20	72,20	77,70	77,70 bcd	22,30
K1W2	5,50 ab	27,70 ab	43,20	66,60	66,60	72,20	72,20 bcd	27,30
K2W2	0,00 a	5,50 a	46,60	49,90	49,90	55,50	61,00 bc	39,00
K3W2	15,50 ab	49,90 bc	77,70	77,70	77,70	83,30	94,40 cd	5,60

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT 5%



Gambar 1. Grafik intensitas penyakit

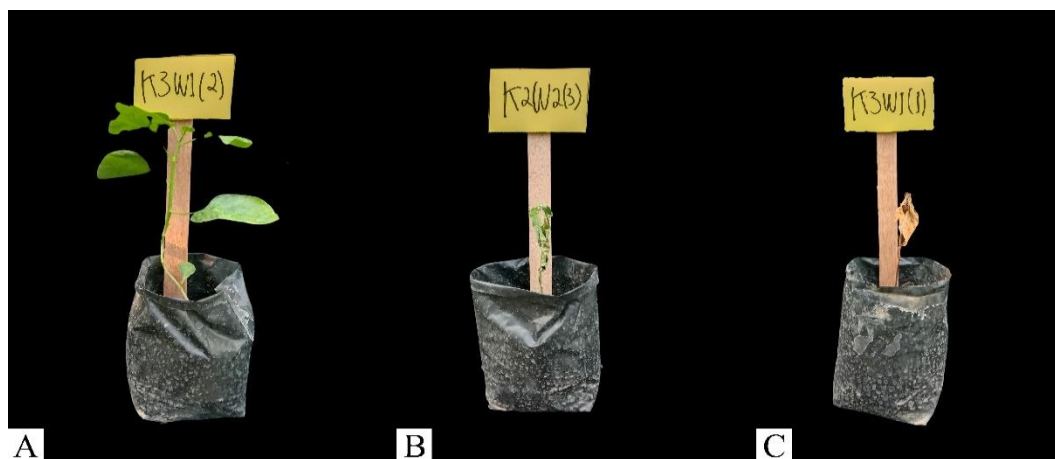
Perlakuan sodium alginat 1.5% terbukti menjadi konsentrasi terbaik dalam menekan intensitas penyakit layu bakteri. Keefektifan ini mungkin disebabkan oleh perlakuan sodium alginat 1.5% tidak memiliki viskositas tinggi seperti perlakuan sodium alginat 2%. Akibatnya, bakteri *Bacillus* sp. dapat lebih mudah terlepas secara perlahan, tidak tertahan lebih lama di dalam *Beads*, dan dapat menyebar dengan lebih efisien. Di sisi lain, perlakuan sodium alginat 2% memiliki viskositas yang tinggi, sementara perlakuan sodium alginat 1% memiliki viskositas rendah. Kondisi ini mempengaruhi pelepasan bakteri *Bacillus* sp., dengan perlakuan sodium alginat 2% menyebabkan pelepasan yang lebih lambat dan perlakuan sodium alginat 1% menyebabkan pelepasan yang lebih cepat. Oleh karena itu, perlakuan sodium alginat 1.5% memberikan keseimbangan yang optimal antara kelarutan dan efisiensi pelepasan bakteri, yang mendukung

penekanan intensitas penyakit layu bakteri pada tingkat yang lebih baik. Hal ini didukung pernyataan Aoki *et al.* (2012) peningkatan konsentrasi sodium alginat, menyebabkan viskositas larutan ionik meningkat hingga benar-benar padat. Menurut Essifi *et al.* (2021) pelepasan bahan inti sangat berhubungan dengan porositas bahan dan Pitchaon *et al.* (2013) menyatakan bahwa viskositas dan ketebalan larutan yang tinggi berkontribusi pada berkurangnya porositas mikropartikel dan mencegah difusi bahan aktif ke permukaan mikropartikel. Sehingga semakin tinggi konsentrasi maka semakin padat dan lebih lama terjadi pelepasan serta semakin rendah konsentrasi maka semakin longgar dan lebih cepat terjadi pelepasan

Aplikasi bersamaan dengan pindah tanam terbukti sebagai waktu aplikasi *Beads* yang paling optimal dalam menekan intensitas penyakit layu bakteri. Hal ini dapat terjadi karena *Bacillus* sp. yang telah dilepaskan oleh *Beads* pada perlakuan

bersamaan dengan pindah tanam akan mengkolonisasi akar dan tanah sehingga terjadi perlindungan ganda dari pada hanya mengkolonisasi tanah saja. Menurut Parke (1991) kolonisasi akar didefinisikan sebagai perkembangbiakan mikroorganisme di dalam, di atas, atau di sekitar akar. Hal ini mencakup penyebaran mikroorganisme dari sumber inokulum ke akar yang sedang tumbuh secara aktif, dan multiplikasi atau pertumbuhan di rizosfer. Penelitian sejenis yang dilakukan van Elsas *et al.* (1992) menunjukkan bahwa *Pseudomonas fluorescens* yang dienkapsulasi dalam manik-manik alginat, dapat meningkatkan efektivitas bakteri dan kolonisasi akar gandum. Hal ini diperkuat penelitian Martínez-Cano *et al.* (2022) bahwa kolonisasi pada akar oleh bakteri yang dilepaskan dalam kapsul alginat lebih tinggi

dibandingkan dengan inokulasi langsung. Hasil ini memberikan bukti kuat tentang efisiensi enkapsulasi alginat dalam mencapai pelepasan terkontrol dan perlindungan bakteri dari lingkungan. Peningkatan kemampuan kolonisasi akar ini memungkinkan *Bacillus* sp. mencegah *R. solanacearum* melakukan kolonisasi akar untuk melakukan infeksi, hal ini sesuai dengan penelitian Sachdev & Singh (2018) yang menyatakan bahwa bakteri patogen tular tanah melakukan kolonisasi akar tanaman untuk memulai infeksi. Namun kolonisasi akar tanaman oleh *Bacillus* sp. sebelum patogen menciptakan kondisi yang sesuai untuk infeksi tanaman. Penelitian serupa menunjukkan manfaat utama dari pengecapsulan bakteri dalam sodium alginat adalah meningkatkan tingkat kelangsungan hidup mereka selama beradaptasi dengan lingkungan baru.



Gambar 2. Kondisi tanaman setelah aplikasi perlakuan. A. kondisi tanaman sehat B. kondisi tanaman layu C. kondisi tanaman mati

SIMPULAN

Penerapan formulasi bioenkapsulasi dalam menghambat penyakit layu bakteri dengan perlakuan konsentrasi sodium alginat dengan pengaplikasian bersamaan dengan pindah tanam telah berhasil menunjukkan tingkat efektivitas penghambatan yang tinggi, dengan kemampuan penekanan penyakit layu bakteri mencapai 44,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi bioenkapsulasi ini secara signifikan berpotensi dalam memberikan penghambatan penyakit layu bakteri.

Pengembangan penelitian selanjutnya dapat menggunakan bahan penyalut selain

sodium alginat dan pengujian dilakukan pada penyakit lain serta dapat melihat pengaruh formulasi bioenkapsulasi secara *realtime*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., L.Q., A., & A.L., A. 2015. Pengaruh Bakteri *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas* sp. terhadap Pertumbuhan Cendawan Patogen *S. rolfsii* Sacc. Penyebab Penyakit Rebah Semai pada Tanaman Kedelai. *Jurnal HPT*, 3(1):1-10.
- Anjarsari, D.T., Prasetyawati, E.T., & Wuryandari, Y. 2022. Inhibitory Test of *Bacillus* sp. Against *Phytophthora palmivora* Causes Cocoa Fruit Rot Disease. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 14-21. <https://doi.org/10.11594/nstp.2022.2.003>
- Aoki, K., Wang, B., Chen, J., & Nishiumi, T. 2012. Diffusion Coefficients in Viscous Sodium Alginate Solutions. *Electrochimica Acta*, 83:348-353.

- Arwiyanto, T., & Hartana, I. 1999. Pengendalian Hayati Penyakit Layu Bakteri Tembakau, Percobaan Rumah Kaca. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 5:50-59.
- Asril, M., Lisafitri, Y., & Siregar, B.A. 2020. A Possibility of Proteolytic Bacteria Utilization to Control *Ralstonia solanacearum* 59 In Vitro. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 537(1):012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/537/1/012040>
- Bevilacqua, A., Campaniello, D., Speranza, B., Racioppo, A., Altieri, C., Sinigaglia, M., & Corbo, M.R. 2020. Microencapsulation of *Saccharomyces cerevisiae* Into Alginate Beads: A Focus on Functional Properties of Released Cells. *Foods*, 9(8): 1051. <https://doi.org/10.3390/foods9081051>
- Chi, Y., Wang, D., Jiang, M., Chu, S., Wang, B., Zhi, Y., Zhou, P., & Zhang, D. 2020. Microencapsulation of *Bacillus megaterium* NCT-2 and Its Effect on Remediation of Secondary Salinization Soil. *Journal of Microencapsulation*, 37(2):134-143. <https://doi.org/10.1080/02652048.2019.1705409>
- Choliq, F.A., Martosudiro, M., Istiqomah, I., & Fanhash Nijami, M. 2020. Isolasi dan Uji Kemampuan Bakteriofag sebagai Agens Pengendali Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada Tanaman Tomat. *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 14(1): 8-20. <https://doi.org/10.35457/viabel.v14i1.996>
- Essifi, K., Brahmi, M., Berraouan, D., Ed-Daoui, A., El Bachiri, A., Fauconnier, M.L., & Tahani, A. 2021. Influence of Sodium Alginate Concentration on Microcapsules Properties Foreseeing the Protection and Controlled Release of Bioactive Substances. *Journal of Chemistry*: 2021, e5531479. <https://doi.org/10.1155/2021/5531479>.
- Fakhrudin, D.K. 2020. Viabilitas *Bacillus* sp. sebagai Agen Antagonis Patogen Tanaman dalam Formulasi Berbahan Dasar Tepung. Skripsi. Universitas Jember.
- Irfayanti, A.D., Wibowo, A.S., Sumartini, N.P., Nurfaiah, Z., Adani, A. D., Sijabat, M. S., Situmorang, N., Iman, Q., Damayanti, S. R., & Putra, Y. R. 2021. Statistik Hortikultura Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Istiqomah, I., & Kusumawati, D.E. 2018. Pemanfaatan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam Pengendalian Hayati *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu Bakteri pada Tomat. *Jurnal AGRO*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.15575/2305>
- Kim, I.Y., Pusey, P.L., Zhao, Y., Korban, S.S., Choi, H., & Kim, K.K. 2012. Controlled Release of *Pantoea agglomerans* E325 for Biocontrol of Fire Blight Disease of Apple. *Journal Control Release*, 161(1), 109-115.
- Li, L., Feng, X., Tang, M., Hao, W., Han, Y., Zhang, G., & Wan, S. 2014. Antibacterial Activity of Lansiumamide B to Tobacco Bacterial Wilt (*Ralstonia solanacearum*). *Microbiological Research*, 169(7):522-526. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.12.003>
- Li, Z.Q., Hou, L.D., Li, Z., Zheng, W., & Li, L. 2013. Study on Shape Optimization of Calcium-Alginate Beads. *Advanced Materials Research*, 648:125-130.

- <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.648.125>
- Martínez-Cano, B., Mendoza-Meneses, C.J., García-Trejo, J.F., Macías-Bobadilla, G., Aguirre-Becerra, H., Soto-Zarazúa, G.M., & Feregrino-Pérez, A.A. 2022. Review and Perspectives of the Use of Alginate as a Polymer Matrix for Microorganisms Applied in Agro-Industry. *Molecules*, 27(13):4248. <https://doi.org/10.3390/molecules27134248>
- Musafa, M.K., Aini, L.Q., & Prasetya, B. 2015. Peran Mikoriza Arbuskula dan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dalam Meningkatkan Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Andisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2):191-197.
- Parke, J.L. 1991. Root Colonization by Indigenous and Introduced Microorganisms. In *the Rhizosphere and Plant Growth* (pp. 33-42). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3336-4_4
- Pitchaon, M., Tanawan, W., & Thepkunya, H. 2013. Tamarind Kernel Powder, Gum Arabic and Maltodextrin as a Novel Combination for Encapsulating Agents of Phenolic Antioxidants. *International Food Research Journal*, 20(2).
- Rojas-Padilla, J., de-Bashan, L. E., Parra-Cota, F.I., Rocha-Estrada, J., & de los Santos-Villalobos, S. 2022. Microencapsulation of *Bacillus* Strains for Improving Wheat (*Triticum turgidum* Subsp. *Durum*) Growth and Development. *Plants*, 11(21):2920. <https://doi.org/10.3390/plants11212920>
- Sachdev, S., & Singh, R. P. 2018. Root Colonization: Imperative Mechanism for Efficient Plant Protection and Growth. *MOJ Ecol Environ Sci*, 3(4): 240-242.
- Sholeh, A., Yulianah, I., & Purnamaningsih, S.L. 2017. Penampilan Sifat Ketahanan Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) dan Produktivitas Tinggi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) pada 24 Famili F5. *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(6):957-964.
- Sianipar, H.F., Sijabat, A., & Pane, E.P. 2019. Pengaruh Pemberian Berbagai Tingkat Mikoriza Arbuskula pada Tanah Terakumulasi Logam Pb terhadap Pertumbuhan Tanaman Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*). *JBIO: Jurnal Biosains*, 5(2):53-58.
- Sutarti, G.A.K., & Wahab, A. 2010. Isolasi dan Uji Kemampuan Rizobakteri Indigenous sebagai Agensia Pengendali Hayati Penyakit pada Tanaman Cabai. *Jurnal Hortikultura*, 20(1):86-95.
- Tu, L., He, Y., Yang, H., Wu, Z., & Yi, L. 201. Preparation and Characterization of alginate-gelatin microencapsulated *Bacillus subtilis* SL-13 by Emulsification/Internal Gelation. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 26(12):735-749.
- van Elsas, J.D., Trevors, J.T., Jain, D., Wolters, A.C., Heijnen, C.E., & van Overbeek, L.S. 1992. Survival of, and Root Colonization by, Alginate-Encapsulated *Pseudomonas fluorescens* Cells Following Introduction Into Soil. *Biology and Fertility of Soils*, 14(1):14-22. <https://doi.org/10.1007/BF00336297>
- Zinidin, M. 2022. Eksplorasi *Bacillus* spp. pada Rhizosfer Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Dataran Tinggi dan Potensinya sebagai

Agensia Pengendali Hayati Patogen
Ralstonia Solanacearum secara In
Vitro. Skripsi. Universitas

Pembangunan Nasional 'Veteran'
Jawa Timur.