

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, penelitian ini menawarkan solusi inovatif dalam pengembangan biopestisida berbasis nanoemulsi yang dapat meningkatkan efektivitas pengendalian hama sambil mengurangi dampak negatif pada lingkungan. Didukung pula dengan sebuah penelitian menunjukkan bahwa *B. bassiana* yang diberikan ke ayam (*Gallus domesticus*) menghasilkan kelangsungan hidup 100%, tanpa perubahan perilaku atau lesi jaringan yang diamati, menunjukkan keamanannya untuk konsumsi (Jucelaine, et al, 2010).

Daftar Pustaka

- Abdelatti, Z. A. S., & Hartbauer, M. (2020). Plant oil mixtures as a novel botanical pesticide to control gregarious locusts. *Journal of Pest Science*, 93, 341-353. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01169-7>
- Afandhi, A., Pratiwi, V. R., Hadi, M. S., Setiawan, Y., & Puspitarini, R. D. (2020). Suitable combination between *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and four plant leaf extracts to control *Spodoptera litura* (Fabricius). *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 42(2), 341-349. <http://doi.org/10.17503/agrivita.v42i2.2678>
- Begum, S.A.S., T. Yadamari, K. Yakkala, S. Parvathareddy and R.N. Gurijala, 2015. Assessment of cadmium and chromium stress on growth, physiology and metal uptake using *Mirabilis jalapa*. *Curr. World Environ.*, 10: 222-231.
- Felix, Nchu., Neo, Macuphe., Ilyaas, Rhoda., Lee-Ann, Niekerk., Gerhard, Basson., Marshall, Keyster., Ninon, G.E.R., Etsassala. (2022). Endophytic *Beauveria bassiana* Induces Oxidative Stress and Enhances the Growth of *Fusarium oxysporum*-Infected Tomato Plants. *Plants*, 11(22):3182-3182. doi: 10.3390/plants11223182
- Fernández-Grandon, G. M., Harte, S. J., Ewany, J., Bray, D., & Stevenson, P. C. (2020). Additive effect of botanical insecticide and entomopathogenic fungi on pest mortality and the behavioral response of its natural enemy. *Plants*, 9(2), 173. <https://doi.org/10.3390/plants9020173>
- Islam, M. T., Omar, D., Latif, M. A., & Morshed, M. M. (2011). The integrated use of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* with botanical insecticide, neem against *Bemisia tabaci* on eggplant. *African Journal of Microbiology Research*, 5(21), 3409-3413.

- DOI:10.5897/AJMR11.478.Source:https://academicjournals.org/article/article1380208103_Islam%20et%20al.pdf
- Jucelaine, Haas-Costa., Luis, Francisco, Angeli, Alves., Alaxsandra, Daros. (2010). Safety of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. to *Gallus domesticus* L.. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(2):465-471. doi: 10.1590/S1516-89132010000200027
- Lipa, Deb., T, Rajesh., D, Majumdar., RK, Tombisana. (2017). Evaluation of biological compatibility of *Beauveria bassiana* with fungicides and botanicals. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6:1120-1124.
- Lubis, W. P., Idris, M., & Rahmadina, R. (2024). The Effect Of A Combination Of Vegetable Pesticides On Thrips Pest Attacks On Vegetative Growth Of Green Beans (*Vigna radiata* L.). *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 7(1), 183-189. <https://doi.org/10.30743/best.v7i1.8358>
- Pachoute, J., dos Santos, G. R., & de Souza, D. J. (2023). Antagonistic effects of *Beauveria bassiana* against seed-borne fungi of cowpea (*Vigna unguiculata*). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3401789/v1>
- Rehman, Hu., Rasul, A., Farooqi, M.A. *et al.* (2020). Compatibility of some botanicals and the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.), against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Egypt J Biol Pest Control* 30, 131 (2020). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00329-7>
- Ribeiro, L. P., Blume, E., Bogorni, P. C., Dequech, S. T. B., Brand, S. C., & Junges, E. (2012). Compatibility of *Beauveria bassiana* commercial isolate with botanical insecticides utilized in organic crops in southern Brazil. *Biological Agriculture & Horticulture*, 28(4), 223–240. <https://doi.org/10.1080/01448765.2012.735088>
- Sebayang, A., Mirsam, H., Pakki, S., Azrai, M., & Muis, A. (2021). Control of *Fusarium verticillioides* on corn with a combination of *Bacillus subtilis* TM3 formulation and botanical pesticides. *Saudi journal of biological sciences*, 28(12), 7000-7005. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.07.083> .
- Sepe, M., Daud, I. D., & Gassa, A. (2021, July). Production of the chitinase by *Beauveria bassiana* in infecting *Tribolium castaneum*. In *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science* (Vol. 807, No. 2). IOP Publishing. [10.1088/1755-1315/807/2/022101](https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022101)

- Shakarami, J., Eftekharifar, R., Latifian, M., & Jafari, S. (2015). Insecticidal activity and synergistic effect of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and three botanical compounds against third instar larvae of *Ephesia kuehniella* Zeller. *Research on Crops*, 16(2), 296-303. [10.5958/2348-7542.2015.00044.3](https://doi.org/10.5958/2348-7542.2015.00044.3)
- Tesari, T., Leksono, A. S., & Mustafa, I. (2024). Effectiveness of botanical pesticide combined with *Beauveria bassiana* on mortality, nutritional index and fecundity of *Spodoptera litura* L. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2320816>

BAB VI KESIMPULAN UMUM

6.1. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa nanoemulsi *M. jalapa* memiliki prospek yang kuat sebagai alternatif biopestisida yang lebih aman dan efektif, terutama jika digunakan dalam kombinasi dengan agen hayati seperti *B. bassiana*. Formulasi nanoemulsi *M. jalapa* menunjukkan stabilitas yang baik dengan ukuran partikel yang seragam, yang diukur melalui PSA, UV-Vis, SEM, dan FTIR. Ukuran partikel yang kecil dan distribusi yang homogen meningkatkan penetrasi dan efektivitas biopestisida.

Aplikasi nanoemulsi *M. jalapa* mempengaruhi sistem imun serangga, terutama melalui perubahan jumlah hemosit dan proses koagulasi hemosit. Selain itu, larva yang terpapar menunjukkan malformasi pada berbagai tahap perkembangan, yang mengindikasikan gangguan fisiologis akibat paparan nanoemulsi.

Kompatibilitas dan mortalitas: kombinasi nanoemulsi *M. jalapa* dengan cendawan entomopatogen *B. bassiana* terbukti meningkatkan efektivitas dalam mengendalikan larva *S. frugiperda*, dengan tingkat mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan aplikasi tunggal. Sinergi antara keduanya memberikan potensi untuk aplikasi lapangan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

6.2. Saran

- 6.2.1. Pengujian lapangan dalam skala besar perlu dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas nanoemulsi *M. jalapa* dalam kondisi alami. Uji lapangan akan memberikan gambaran mengenai stabilitas, efisiensi, uji fitotoksitas ke tanaman, dan pengaruhnya terhadap organisme non-target, serta lingkungan secara keseluruhan
- 6.2.2. Penambahan komponen yang dapat memperpanjang masa simpan dan stabilitas dalam berbagai kondisi lapangan harus dipertimbangkan.

Lampiran

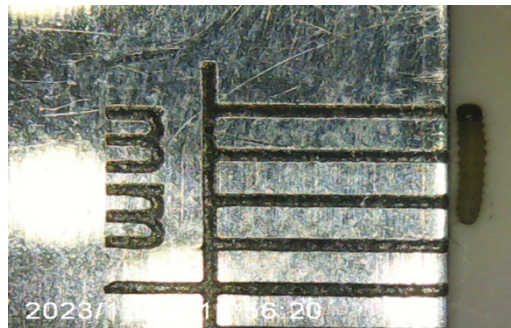
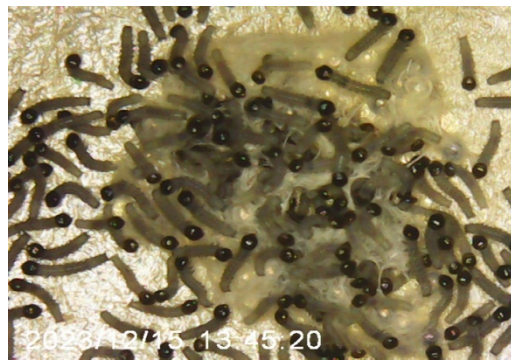
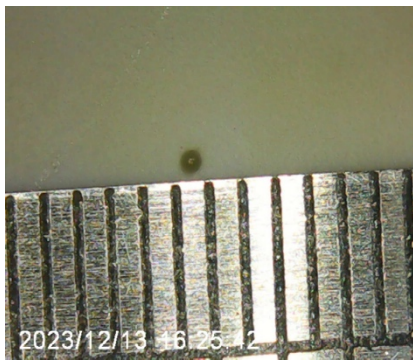
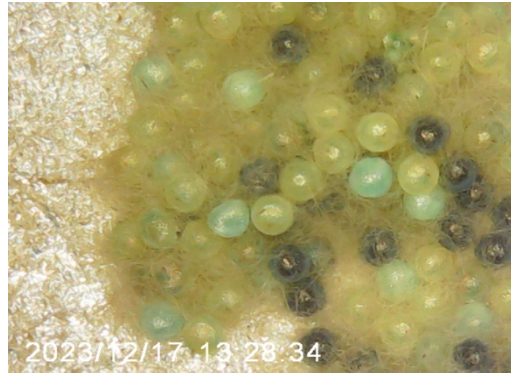
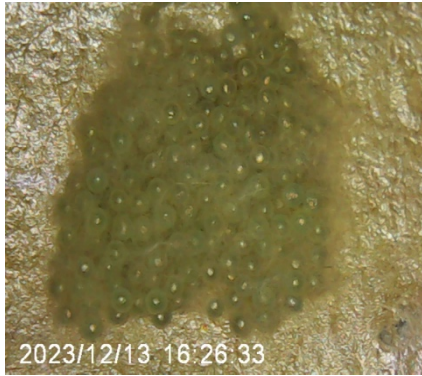
Lamp.1 Lokasi Pengambilan *S. frugiperda*

Lokasi Pengambilan *S. frugiperda* dari tanaman jagung di wilayah Sulawesi Selatan (Polombangkeng utara, Takalar; Moncongloe, Maros; Teaching farm Unhas, Makassar)

Lamp. 2 Tabel dan Gambar Tahapan Perkembangan dan Durasi Waktu Siklus Hidup *S. frugiperda*

Tabel 1. Tahapan Perkembangan dan Durasi Waktu Siklus Hidup *S. frugiperda*

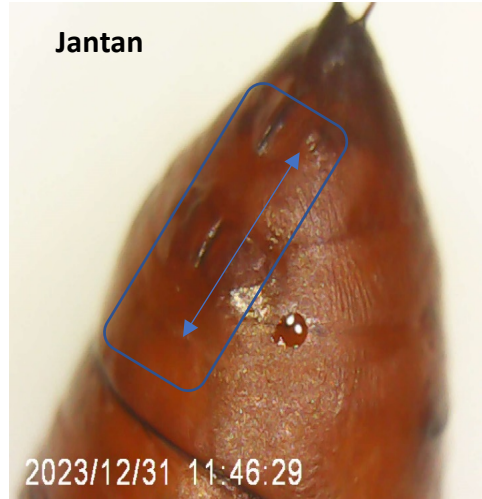
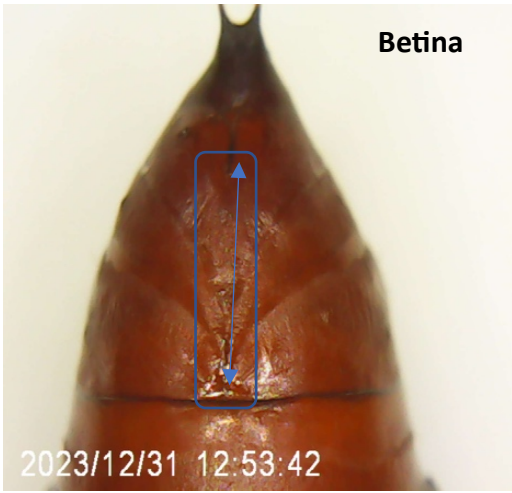
STADIA SERANGGA <i>S. frugiperda</i>	LAMA WAKTU
TELUR	2 HARI (RABU, 13/12/2023)
MENETAS	1-2 HARI (JUMAT, 15/12/2023)
LARVA INSTAR 1	2 HARI (JUMAT, 15/12/2023)
LARVA 2	2 HARI (AHAD, 17/12/2023)
LARVA INSTAR 3	2 HARI (SELASA, 19/12/2023)
LARVA INSTAR 4	2 HARI (JUMAT, 22/12/2023)
LARVA INSTAR 5	2 HARI (AHAD, 24/12/2023)
LARVA INSTAR 6	1-2 HARI (SELASA 26/12/2023)
PRA PUPA	1-2 HARI (RABU, 27/12/2023)
PUPA	KAMIS 28/12/2023
LARVA-PUPA	14 HARI
PUPA-IMAGO	8 HARI (28 DESEMBER-5 JANUARI 2024)



Telur *S. frugiperda*



Fase Larva dan Pra pupa

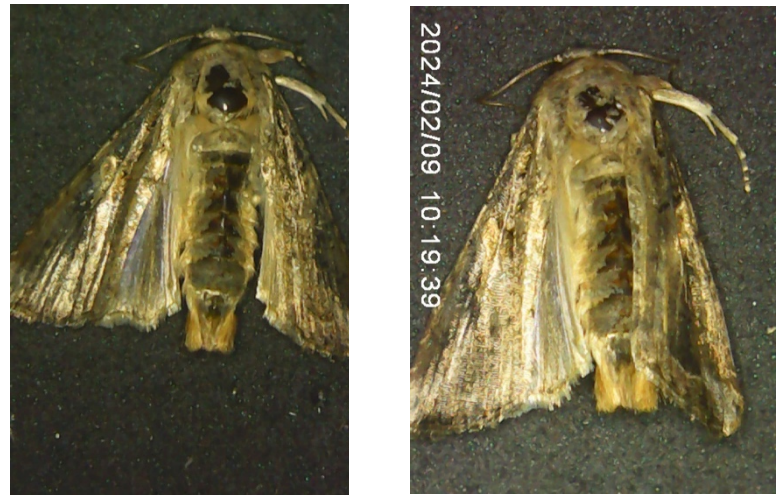


Fase Pupa

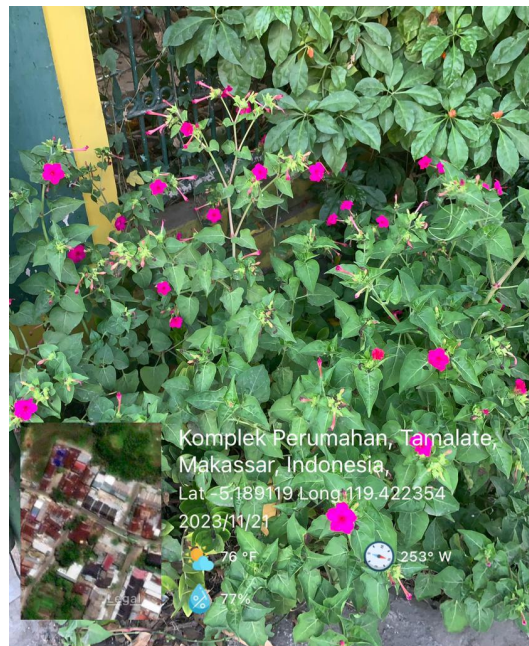
BETINA



JANTAN



Fase Ngenat (Imago)

Lamp.3 Lokasi pengambilan sampel *Mirabilis jalapa*

Lokasi Pengambilan sampel *Mirabilis jalapa* (Makassar dan sekitarnya)

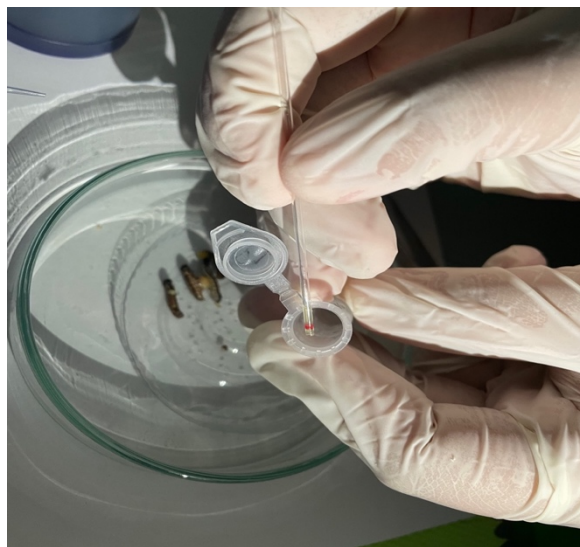
Lamp.4 Dokumentasi penelitian preparasi *M. jalapa*



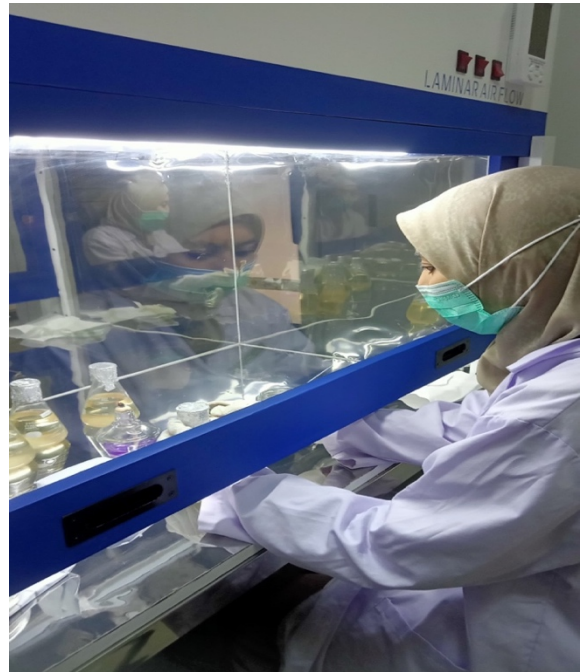
Lamp.5 Aplikasi *M. jalapa* pada pakan *S. frugiperda* dan aplikasi *B. bassiana* pada dorsal larva *S. frugiperda* instar 3



Aplikasi formulasi nanoemulasi *M. jalapa* ke pakan larva pada suhu $\pm 23^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $\pm 78\%$

Lamp. 6 Pengambilan hemolimf larva *S. frugiperda*

Pengambilan hemolimf larva *S. frugiperda* setelah 24 jam aplikasi pakan yang telah diberi perlakuan *M. jalapa*

Lamp. 7 Preparasi cendawan *B. bassiana*

Preparasi cendawan *B. bassiana* (di bawah mikroskop perbesaran 40x)

Lamp. 8 Protokol Larutan dan Stok Spora

Pembuatan formulasi merujuk pada penelitian (Jusnita & Nasution, 2019; Kasmara, H., et al, 2018).

Fase	Perlakuan	Ekstrak <i>M. jalapa</i>	PEG (ml)	Tween 80 (ml)	Buffer Posfat (ml)
F1 (o/w)	P1	5,25	0.625	0,03123	7,25
	P2	5,25	0.625	0,03123	7,25
	P3	5,25	0.625	0,03123	7,25
	P4	5,25	0.625	0,03123	7,25
F2 (w/o)	P1	7,25	0.625	0,03123	5,25
	P2	7,25	0.625	0,03123	5,25
	P3	7,25	0.625	0,03123	5,25
	P4	7,25	0.625	0,03123	5,25

Faktor pengenceran sampel hemolimf menggunakan larutan Turk pada hemositimeter

$$= \frac{\text{Vol.sampel} + \text{Vol.larutan}}{\text{Vol.sampel}}$$

(Hansen, 2000)

Kerapatan spora efektif yang digunakan adalah 10^7 (Sepe, M. ., Daud, I. D. ., Gassa, A. ., & Firdaus. (2020). Infeksi yang dilakukan ke *S. frugiperda*, dengan meneteskan $1\mu\text{L}$ suspensi spora cendawan *B. bassiana* pada permukaan dorsal larva. Konsentrasi sediaan *B. bassiana* disiapkan sebagai berikut:

Jumlah spora yang diinginkan adalah: $2,68 \times 10^7$ dalam volume $1\mu\text{L}$ sehingga=

$2,68 \times 10^7$ spora/ml $\times 10^{-3}$ mL = $2,68 \times 10^5$ spora/ekor. Perhitungan merujuk sumber (Melani, 2008)

Referensi:

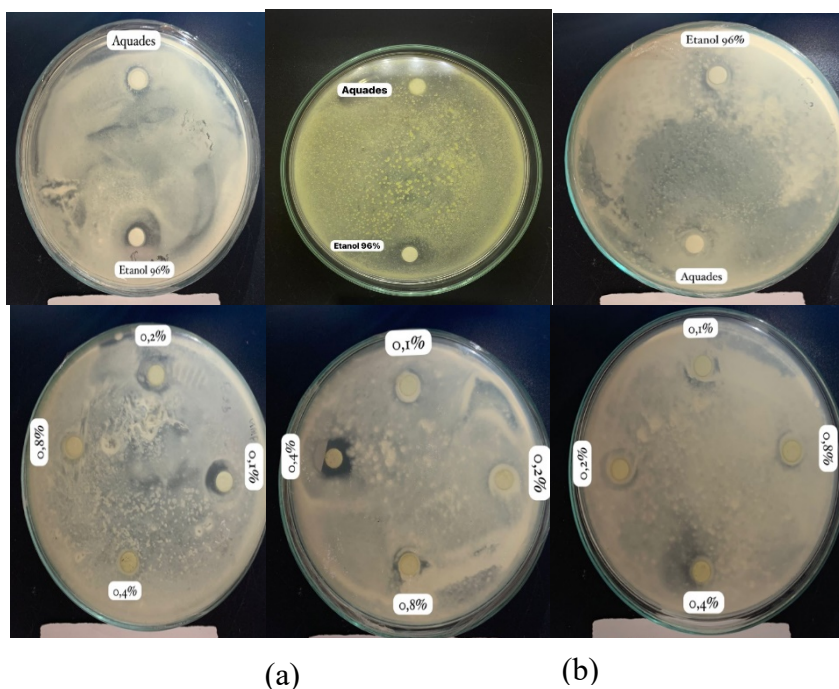
- Hansen, 2000. Use of a Haemocytometer (<https://animal.ifas.ufl.edu/media/animalifasufledu/hansen-lab-website/lab-protocols/Hemacytometer.pdf>).

- Melani. 2008. Pengaruh infeksi jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap Mortalitas dan Respon Imun *Oxya japonica* (Orthoptera: Acrididae). Tesis. Biologi SITH ITB: Bandung.
- N. Jusnita and K. Nasution. (2019). "Formulasi nanoemulsi ekstrak daun kelor (*moringa oleifera lamk*)," [The formulation of moringa leaf extract nanoemulsion (*Moringa oleifera Lamk*)]. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, vol. 8, no. 3, pp. 165–170. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2019.008.03.1>
- Kasmara, Hikmat & Melanie, Melanie & Nurfajri, Dea & Hermawan, Wawan & Panatarani, Camellia. (2018). The toxicity evaluation of prepared Lantana camara nano extract against Spodoptera litura (Lepidoptera: Noctuidae). AIPConference Proceedings. 1927. 030046. 10.1063/1.5021239.
- Sepe, M. ., Daud, I. D. ., Gassa, A. ., & Firdaus. (2020). Infectivity Of Beauveria Bassiana (Balsamo) Against Tribolium Castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Applied Research in Plant Sciences* , 1(2), 53–58. <https://doi.org/10.38211/joarps.2020.1.2.8>

Lamp. 9 Uji Pendahuluan (Uji daya hambat ekstrak *M. jalapa* dan *B. bassiana*)

Tabel 1. Rata-rata Uji daya hambat ekstrak *M. jalapa* dan *B. bassiana*

Perlakuan	Daya hambat dari ekstrak <i>M. jalapa</i> terhadap <i>B. bassiana</i>					Keterangan
	U 1	U 2	U 3	Σ (cm)	Σ (mm)	
Aquades	0	0	0	0	0	Lemah
Etanol 96%	0.7	0.9	0.8	0.80	8.0	Lemah
<i>M. jalapa</i> 0.1%	0	0.7	0.6	0.43	4.3	Lemah
<i>M. jalapa</i> 0.2%	0.6	0	0.8	0.46	4.6	Lemah
<i>M. jalapa</i> 0.4%	0.5	0.8	0	0.43	4.3	Lemah
<i>M. jalapa</i> 0.8%	0.9	0.6	0.7	0.73	7.3	Sedang



Gambar 1. Hasil uji daya hambat ekstrak *Mirabilis jalapa* terhadap *Beauveria bassiana*: (a) ulangan 1, (b) ulangan 2, (c) ulangan 3.

Lamp. 10 Uji Pendahuluan mortalitas larva *S. frugiperda*

Tabel 2. Perbandingan persentase mortalitas larva setelah 24 jam aplikasi (hanya *M. jalapa*, hanya *B. bassiana*, dan kombinasi)

Keterangan perlakuan	Keterangan perlakuan	Perlakuan	Persentase mortalitas
Kontrol negatif	aquades	1	7%
Kontrol positif	etanol	2	20%
<i>M. jalapa</i> saja	F1 0,1	3	27%
	F1 0,8	4	33%
	F2 0,1	5	27%
	F2 0,2	6	33%
	F 20,4	7	40%
	F2 0,8	8	33%
<i>B. bassiana</i> saja	BB 10 ⁷	9	20%
	F1 0,1 + BB 10 ⁷	10	53%
	F1 0,8 + BB 10 ⁷	11	27%
Kombinasi	F2 0,1 + BB 10 ⁷	12	33%
	F2 0,2 + BB 10 ⁷	13	47%
	F 20,4 + BB 10 ⁷	14	60%
	F2 0,8 + BB 10 ⁷	15	47%