

## Aktivitas Antifungi dari Air Rendaman Membran Cangkang Telur sebagai Biopestisida pada Tanaman Cabai Kecil (*Capsium frutescens* L.)

Sari Nolia<sup>1</sup>, Shafa Noer<sup>1,\*</sup>, Rina Hidayati Pratiwi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas MIPA, Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Indraprasta PGRI

<sup>2</sup>Fakultas Pascasarjana, Program Studi Pendidikan MIPA, Universitas Indraprasta PGRI

\*email: shafa\_noer@yahoo.co.id

### Article History

Received:

26/12/2022

Revised:

06/01/2023

Accepted:

25/01/2023

### Kata kunci:

Membran cangkang telur  
Biopestisida  
Antifungi  
Cabai kecil  
Zona hambat

### Key word:

Shell membranes  
Biopestions  
Antifungal activities  
Small peppers

### ABSTRAK

Permintaan cabai di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya namun hal ini berbanding terbalik dengan produktivitas tanaman cabai yang semakin menurun setiap tahun. Salah satu penyebab utama terjadinya penurunan produktivitas ini adalah adanya hama yang menjangkiti tanaman cabai sehingga cabai menjadi tidak layak untuk dikonsumsi. Biopestisida merupakan langkah alternatif dalam membasmi hama tanaman tanpa merusak lingkungan dan tidak meracuni tanaman. Penggunaan limbah sebagai agen biopestisida selain menguntungkan bagi tanaman juga bagi lingkungan karena dapat menjadi solusi dalam pemanfaatan limbah. Salah satu limbah yang masih belum banyak dimanfaatkan adalah cangkang telur. Tujuan penelitian untuk mengetahui aktivitas antifungi dari air rendaman membran cangkang telur sebagai biopestisida pada tanaman cabai kecil. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen berbasis laboratorium secara *in vitro* dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Metode difusi kertas cakram atau *Metode disc diffusion* digunakan untuk melihat aktivitas antifungi. Data dianalisis dengan menggunakan aplikasi *Statistical Product and Service Solution (SPSS) for windows* versi 24 dengan beberapa uji diantaranya uji *Analysis of Variance (ANOVA)* dan uji *Mann Whitney*. Penelitian ini memilih dua isolat fungus yang diisolasi dari tanaman cabai berpenyakit, yang diberi kode Fungus A dan Fungus B. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air rendaman membran cangkang telur memiliki aktivitas antifungi dengan rata-rata zona hambat yang terbentuk berkategori sedang untuk Fungus A dan berkategori kuat untuk Fungus B. Uji statistik menunjukkan tidak adanya pengaruh lamanya proses perendaman membran cangkang telur terhadap aktivitas antifungi.

### ABSTRACT

The demand for chilies in Indonesia continues to increase every year but this is inversely proportional to the productivity of chili plants which is decreasing every year. One of the main causes of this decrease in productivity is the existence of pests that infect chili plants so that chilies become unfit for consumption. Biopesticide is an alternative step in eradicating plant pests without damaging the environment and not poisoning plants. The use of waste as a biopesticidal agent is not only beneficial for plants but also for the environment because it can be a solution for waste utilization. One of the wastes that is still not widely utilized is egg shells. Even though various studies have proven that egg shells contain certain compounds that have the potential to be used as antimicrobials. The aim of the study was to determine the antifungal activity of eggshell as a biopesticide on small chili plants. The method used in this study was an *in vitro* laboratory-based experimental method. Disc paper diffusion method or disc diffusion method is used to see antifungal activity. Data were analyzed using the *Statistical Product and Service Solution (SPSS) application for windows* version 24 with several tests including the *Analysis of Variance (ANOVA)* test, *homogeneity test*, and the *Mann Whitney test*. This study chose two fungus isolated from diseased chili plants, which were coded Fungus A and Fungus B. The results showed that eggshell membrane immersion water had antifungal activity with the average inhibition zone formed being in the moderate category for Fungus A and in the strong category for Fungus B. Statistical tests showed that there was no effect of the length of the eggshell membrane soaking process on antifungal activity.

Copyright © 2023 LPPM Universitas Indraprasta PGRI. All Right Reserved

## PENDAHULUAN

Tanaman cabai merupakan tanaman hortikultura yang banyak diminati oleh para petani karena proses budidayanya yang cukup mudah di negara beriklim tropis seperti Indonesia. Tanaman hortikultura ini dapat ditumbuhkembangkan secara komersial dan bernilai ekonomis. Berbagai macam pemanfaatan cabai dalam menambah cita rasa pada berbagai masakan khas Indonesia selalu diutamakan sehingga cabai sangat populer dan sering digunakan. Kebutuhan konsumsi cabai pada setiap tahunnya juga terus meningkat.

Indonesia dengan kondisi lahan yang luas serta iklim tropisnya yang sangat mendukung dalam proses budidaya suatu tanaman, memungkinkan untuk mendapatkan hasil panen yang melimpah terutama untuk tanaman cabai. Akan tetapi, pada kenyataannya Indonesia masih mengimpor cabai dari negara lain untuk memenuhi kebutuhan konsumsi cabai. Tercatat pada bulan Januari-Juni tahun 2021 Indonesia mengimpor sebanyak 27.851,98 ton cabai (BPS, 2022). Kondisi ini tentunya menjadi hal yang harus diperhatikan.

Produktivitas tanaman cabai seringkali menurun karena beberapa hal tertentu, padahal kebutuhannya setiap tahun selalu meningkat. Beberapa kendala yang menjadi pemicunya yaitu penanganan dalam proses budidaya yang kurang tepat, kondisi tanah yang kurang subur, kondisi cuaca yang tidak stabil, dan banyaknya penyakit yang menjangkiti tanaman cabai sehingga menurunkan produktivitasnya (Agastya *et al.*, 2017).

Penyakit pada tanaman cabai yang sering dijumpai dan merupakan penyakit penting pada tanaman cabai karena mengganggu kondisi pertumbuhannya diantaranya adalah antraknosa, bercak daun *cercospora*, bercak *phytophthora*, layu *fusarium*, layu bakteri, dan penyakit yang disebabkan oleh infeksi virus (Suryaningsih *et al.*, 1996). Penyakit yang terjadi ini dapat disebabkan karena kelebihan atau kekurangan unsur nutrisi. Selain itu, penyakit yang paling umum ditemukan biasanya disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri, virus dan jamur. Penyakit yang paling merugikan adalah penyakit keriting atau mosaik (Pracaya, 1994).

Biopestisida merupakan salah satu agen dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Dapat juga didefinisikan sebagai bahan yang berasal dari makhluk hidup tanaman, hewan atau mikroorganisme yang memiliki khasiat dalam penghambat pertumbuhan dan perkembangan dari organisme penyebab penyakit (Schumann &

D'Arcy, 2012). Biopestisida saat ini sudah banyak jenisnya dan digunakan dalam sektor pertanian. Sebagian besar biopestisida dihasilkan dari berbagai macam bahan yang melimpah di alam baik itu tumbuhan maupun hewan. Bahan hayati yang melimpah di alam yang memiliki banyak kegunaan dan masih sangat jarang di manfaatkan yaitu cangkang telur.

Konsumsi telur di seluruh dunia mencapai angka yang sangat tinggi setiap tahunnya dibandingkan pangan lain (Park *et al.*, 2016). Data konsumsi masyarakat yang tinggi sangat mempengaruhi banyaknya limbah yang di hasilkan. Limbah yang tidak dimanfaatkan secara optimal akan menjadi salah satu sumber pencemaran lingkungan.

Membran cangkang telur mengandung beberapa protein seperti lisozim, ovotransferrin, desmozine, ovalbumin, ovocalyxin-36 dan isodesmozine. Protein seperti lisozim dan ovotransferrin dapat berperan sebagai antimikroba (Wu & Alexandra, 2012; Balaz, 2014). Membran cangkang telur memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pengawetan bahan pangan dan industri obat-obatan (Ko *et al.*, 2008).

Membran cangkang telur memiliki banyak kelebihan, diantaranya: murah, mudah didapat, tersedia untuk digunakan karena merupakan limbah industri dan rumah tangga yang melimpah, ramah lingkungan, tidak beracun, terdiri dari banyak protein alami termasuk asam amino, dapat dengan mudah dimodifikasi menggunakan karbonisasi (Park *et al.*, 2016). Karena keunggulan ini, membran cangkang telur telah diterapkan di banyak bidang seperti teknik kimia, material, listrik, lingkungan, dan biomedis. Secara khusus, membran cangkang telur telah digunakan dalam kapasitor (Yu *et al.*, 2012), baterai (Chung & Manthiram, 2014a; Chung & Manthiram, 2014b, Wang *et al.*, 2015a; Wang *et al.*, 2015b), solar sel (Wang *et al.*, 2015a; Wang *et al.*, 2015b), katalisis (Liang *et al.*, 2014), dan biosensor (Choi *et al.*, 2001). Membran cangkang telur juga telah digunakan sebagai penyerap logam untuk sensor gas (Dong *et al.*, 2007; Suyama *et al.*, 1994) serta dalam kultur sel, penyembuhan luka, dan pengganti tulang (Park *et al.*, 2016).

Berdasarkan potensi membran cangkang telur, dan untuk mengurangi dampak dari pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cangkang telur, maka dilakukan penelitian yang dilakukan bertujuan menganalisis potensi antifungi dari air rendaman membran cangkang telur terhadap tanaman cabai kecil yang terserang penyakit yang

nantinya dapat diaplikasikan sebagai alternatif biopestisida pada tanaman.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi dan Kimia Universitas Indraprasta PGRI. Sampel tanaman cabai yang terinfeksi fungi didapatkan dari Kebun Percobaan Biologi UNINDRA. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain cabai kecil, akuades, air rendaman membran cangkang telur dengan masa inkubasi rendaman 7 dan 14 hari, fungisida sintetik sebagai kontrol perlakuan (Ketoconazol), media PDA (*Potato Dextrose Agar*), media SDB (*Sabouraud Dextrose Broth*), Alkohol 70% & 96%, dan kertas saring. Alat digunakan dalam penelitian antara lain cawan petri, tabung reaksi, gelas *beaker*, *erlenmeyer*, pipet volume, gelas ukur, neraca analitik, autoklaf, jarum ose, batang penebar, dan cakram kertas.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen berbasis laboratorium secara *in vitro* dengan rancangan acak lengkap (RAL), yang terdiri dari dua perlakuan. Perlakuan pertama yaitu air rendaman membran cangkang telur yang direndam selama 7 hari, perlakuan kedua yaitu air rendaman membran cangkang telur yang direndam selama 14 hari. Fungisida sintetik Ketoconazol digunakan sebagai kontrol positif, sedangkan akuades digunakan sebagai kontrol negatif. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali (triplo).

### Isolasi Fungi dalam Kultur Campuran

Cabai kecil yang didapatkan dari kebun percobaan Biologi UNINDRA dipilih yang sudah terinfeksi penyakit dengan pengamatan secara morfologi dan dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan karakteristik morfologinya yaitu kelompok A dan kelompok B. Selanjutnya cabai direndam dalam akuades steril selama 10-15 menit sambil sesekali dihomogenkan dengan cara diaduk. Air rendaman cabai kemudian diaplikasikan pada medium PDA dengan teknik *spread plate* lalu diinkubasi selama 3-5 hari dengan suhu 20-24 °C untuk melihat pertumbuhan fungi.

### Isolasi Kultur Tunggal Fungi

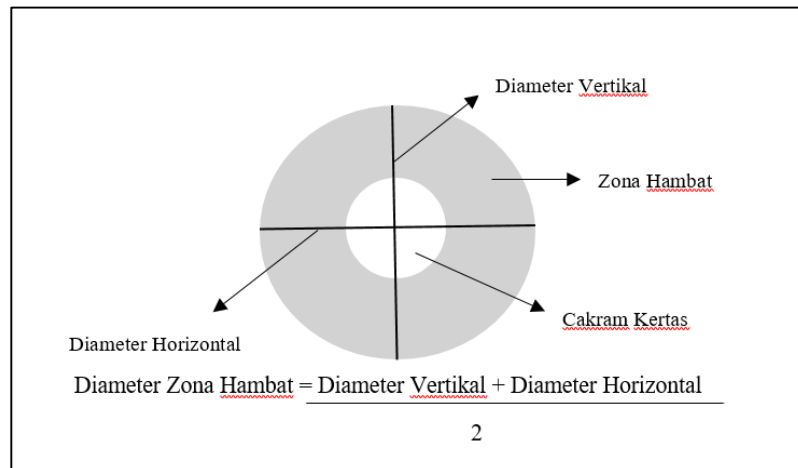
Fungi yang sudah tumbuh pada medium PDA pertama yang ditumbuhi banyak koloni (Fungi A dan B), selanjutnya diambil dan dipilih satu koloni saja dari masing-masing kelompok menggunakan jarum ose lalu diinokulasi ke medium agar baru. Selanjutnya diamati kembali pertumbuhan fungi pada medium. Setelah benar-benar mendapatkan biakan fungus yang murni (kultur tunggal) maka selanjutnya diinokulasi kembali ke medium agar miring sebagai stok. Fungus yang belum diidentifikasi diberi kode Fungus A dan Fungus B.

### Pembuatan Air Rendaman Membran Cangkang Telur

Membran cangkang telur yang sudah didapatkan disortir untuk selanjutnya dilakukan proses pemisahan antara membran dan cangkang. Dipilih sebanyak 60 cangkang yang terbaik untuk selanjutnya dibagi menjadi dua kelompok rendaman (7 dan 14 hari). Perendaman menggunakan 500 mL akuades steril. Proses pemisahannya yaitu dengan cara merendam cangkang telur di dalam air sehingga proses pemisahan sedikit mudah, dan tekstur membran lembut pada saat proses pemisahan.

### Uji Aktivitas Antifungi

Uji aktivitas antifungi dilakukan menggunakan metode cakram kertas. Fungi pada media agar miring diinokulasikan ke medium cair SDB (*Sabouraud Dextrose Broth*) dan diinkubasi selama 24 jam. Selanjutnya kultur diambil menggunakan pipet tetes sebanyak 4 tetes, dan ditumbuhkan pada medium PDA dengan teknik *spread plate*. Pada biakan medium agar tersebut kemudian diletakkan 4 buah cakram kertas yang sebelumnya sudah direndam sampai menyerap sampel uji. Keempat sampel uji yaitu: air rendaman membran cangkang telur 7, 14 hari, kontrol positif (Ketoconazol), dan kontrol negatif (akuades steril). Jarak antar kertas cakram diatur sedemikian rupa agar tidak terlalu dekat dan mengganggu pengamatan. Selanjutnya diinkubasi selama lima hari pada suhu ruang. Pengamatan zona hambat dilakukan pada hari pertama, ketiga, dan kelima. Pengukuran dilakukan pada hari ke lima dengan proses pengukuran menggunakan penggaris secara vertikal dan horizontal, menggunakan rumus berikut:



**Gambar 1.** Rumus perhitungan zona hambat  
(Sumber: Tiwa dkk, 2017)

### Teknik Analisis Data

Pengujian statistik menggunakan piranti lunak *Statistical Product and Service Solution (SPSS) for windows* versi 24 dengan beberapa uji. Pengujian hipotesis menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA)* satu arah dan *Mann Whitney*. Nilai signifikansi  $P < 0,05$  menunjukkan perbedaan signifikan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian menunjukkan berbagai koloni fungi yang diperoleh dari tanaman cabai kecil yang terserang penyakit. Berbagai koloni fungi yang diperoleh tampak pada Gambar 2. Dari

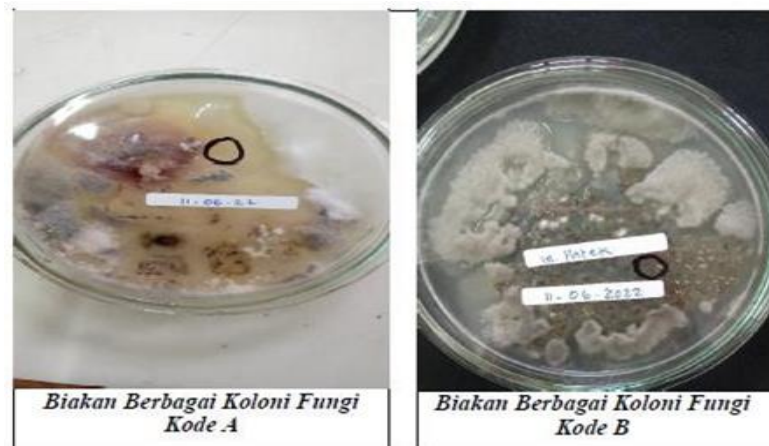
berbagai macam biakan fungi yang telah diisolasi, diambil dua macam koloni fungi yang masing-masing dihasilkan dari tanaman cabai kecil yang memiliki morfologi penyakit berbeda.

Pada Gambar 3 penjelasan mengenai karakter morfologi dari penyakit yang menginfeksi buah cabai kecil memiliki morfologi buah dengan kondisi awal buah berwarna kuning kemerah-merahan dan memiliki tangkai buah berwarna hijau muda. Setelah terinfeksi penyakit, buah cabai kecil (*Capsicum frutescens* L.) memiliki morfologi buah yang berbeda dari kondisi awal yaitu pada kulit buah cabai berwarna coklat tua, kondisi tangkai buah berubah menjadi setengah kuning kehijauan serta pada buah cabai mengalami pembusukan.



**Gambar 2.** Koloni fungi dari cabai yang terinfeksi penyakit

### Karakteristik Morfologi Penyakit Cabai Kecil (A)



**Gambar 3.** Karakteristik morfologi penyakit cabai dan biakan fungi (A)

Hasil isolasi fungi yang diperoleh dari cabai kecil tersebut menghasilkan berbagai penampakan koloni fungi. Fungi yang diambil sebagai sampel penelitian memiliki ciri-ciri koloni yaitu memiliki penampakan koloni yang bening dengan sedikit berwarna kekuningan. Fungi ini diberi kode A.

Pada Gambar 4 penjelasan mengenai karakter morfologi cabai (yang secara awam biasa disebut dengan penyakit patek). Morfologi buah dengan kondisi awal buah berwarna kuning kemerahan dan memiliki tangkai buah hijau muda. Setelah terinfeksi penyakit patek, buah cabai kecil

(*Capsicum frutescens* L.) memiliki morfologi buah yang berbeda dari kondisi awal yaitu pada kulit buah menghitam dan muncul bintik-bintik hitam serta pada buah cabai mengalami kering menciut. Isolasi fungi yang di peroleh dari cabai kecil tersebut menghasilkan berbagai biakan fungi. Fungus yang diambil sebagai sampel penelitian yang kedua memiliki ciri-ciri koloni yaitu terdapatnya paduan antara bintik-bintik hitam dan sedikit muncul bintik putih pada bagian permukaan agar cawan. Fungus ini diberi kode B.

### Karakteristik Morfologi Penyakit Cabai Kecil (B)



**Gambar 4.** Karakteristik morfologi penyakit cabai dan biakan fungi (B)

Penyakit patek atau busuk buah dengan serangan penyakit lebih sering terjadi pada musim hujan, dengan bagian yang diserang pada

umumnya adalah bagian buah cabai sehingga terjadi pembusukan pada bagian buah. Gejala serangan mula-mula terdapat bercak yang tidak

beraturan pada bagian buah cabai. Massa spora jamur berwarna merah jambu ke oranye terbentuk dalam cincin yang konsentrasi pada permukaan. Bercak-bercak tersebut akan terbenam dan berair. Busuk akan melebar dan kemudian muncul bisul-bisul atau titik-titik hitam. Antraknosa merupakan salah satu masalah ekonomi utama dalam produksi cabai di seluruh dunia. Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. Kehilangan hasil mencapai 50-100% pada musim hujan (Mariana *et al.*, 2021).

### Hasil Pengukuran Diameter Zona Hambat

Pada penelitian ini sampel uji menggunakan rendaman membran cangkang telur yang direndam selama 7 dan 14 hari diuji apakah mempunyai efek antifungi terhadap isolat A dan isolat B yang diisolasi dari tanaman cabai berpenyakit. Selanjutnya dilihat zona hambat yang terbentuk.

Salah satu kegunaan uji antifungi adalah diharapkan akan diperolehnya suatu sistem pengobatan yang efektif dan efisien bagi permasalahan yang disebabkan oleh fungi (Siswandono & Soekardjo, 2000). Pengukuran zona hambat menggunakan penggaris dengan pengukuran berdasarkan garis vertikal dan horizontal dengan pengukuran zona hambat menggunakan rumus berdasarkan Tiwa *et al.*, (2017).

Efektifitas aktivitas antifungi berdasarkan kriteria kekuatan daya atau zona hambat yang terbentuk yaitu jika zona hambat yang terbentuk

kurang dari 5 mm dikategorikan sebagai daya hambat lemah. Jika zona hambat yang terbentuk 5-10 mm, dikategorikan sebagai daya hambat sedang. Sedangkan jika zona hambat yang terbentuk 10-19 mm, dikategorikan sebagai zona hambat kuat. Sementara daya hambat sangat kuat jika zona hambat yang terbentuk 20 mm atau lebih (Davis & Stout, 1971).

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 1 menunjukkan bahwa air rendaman membran cangkang telur yang diinkubasi selama 7 dan 14 hari menghasilkan rata-rata zona hambat sebesar 8.3 mm terhadap fungus A, sedangkan terhadap fungus B menghasilkan zona hambat sebesar 18 dan 10.2 mm secara berturut-turut. Jika dibandingkan dengan kontrol positif ketoconazole yang menghasilkan diameter zona hambat yang sama di semua pengulangan dengan rata-rata zona hambat yang terbentuk 23 dan 36.5 mm terhadap fungus A dan B secara berturut-turut, maka air rendaman membran cangkang telur memiliki kategori sedang untuk zona hambat yang terbentuk terhadap fungus A dan kategori kuat untuk zona hambat yang terbentuk pada fungus B (Davis & Stout, 1971).

Zona hambat yang terbentuk dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data hasil pengukuran daya hambat air rendaman membran cangkang telur

No.	Sampel	Rata-Rata Diameter Zona Hambat (mm)	Kategori
1.	Kontrol (+)	Fungi A	23
		Fungi B	36,5
2.	Kontrol (-)	Fungi A	0
		Fungi B	0
3.	Air Rendaman Cangkang Telur 7 Hari	Fungi A	8,3
		Fungi B	18
4.	Air Rendaman Cangkang Telur 14 Hari	Fungi A	8,3
		Fungi B	10,2

Data yang diperoleh dari hasil uji antifungi pada air rendaman membran cangkang telur mengindikasikan adanya potensi antifungi yang dapat menekan laju pertumbuhan fungus kode A dan fungus kode B dengan variasi antifungi yang berbeda-beda. Uji statistik ANOVA dan uji *Mann Whitney* menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pengaruh pemberian air rendaman membran 7 dan 14 hari ( $P > 0,05$ ). Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa air

rendaman cangkang telur (baik inkubasi 7 maupun 14 hari) lebih efektif terhadap fungus B dibandingkan dengan fungus A dilihat dari zona hambat yang terbentuk.

Cangkang telur adalah cangkang keras yang tersusun dari kalsium, fosfat, dan membran cangkang telur. Membran cangkang telur adalah membran kaya protein yang terdapat di antara cangkang dan putih telur (Park *et al.*, 2016). Membran cangkang telur juga memiliki kandungan

*Ovotransferrin* yang berperan sebagai agen antimikroba terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Varon *et al.*, 2013) serta *Listeria monocytogenes* (Ko *et al.*, 2008).

Penelitian ini menunjukkan bahwa air rendaman membran cangkang telur berpotensi digunakan sebagai biopestisida pada penyakit cabai yang disebabkan oleh fungi. Penelitian lebih lanjut diperlukan agar air rendaman cangkang telur dapat diaplikasikan lebih jauh sebagai agen biopestisida.

## KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian aktivitas antifungi dari air rendaman membran cangkang telur memiliki aktivitas antifungi dengan rata-rata zona hambat yang terbentuk berkategori sedang untuk fungus A dan kuat untuk fungus B. Hasil uji statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu rendaman dengan hasil zona hambat yang terbentuk.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengidentifikasi fungus yang dijadikan sampel uji pada penelitian ini agar pemanfaatan hasil penelitian dapat lebih tepat sasaran dan diaplikasikan lebih luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agastya, I.M.I, D.P.R. Julianto, & A. Hamzah. (2017). Teknik pengendalian penyakit antraknose (patek) di sentra tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) menggunakan pendekatan PHT. *Jurnal Akses Pengabdian Indonesia*, 1(2), 28-31.  
<https://doi.org/10.33366/japi.v2i1.597>.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Data Eksport-Import Indonesia.  
<https://www.bps.go.id/subject/8/ekspor-impor.html#subjekViewTab3>. Diakses pada tanggal 07 Desember 2022.
- Balaz, M. (2014). Eggshell membrane biomaterial as a platform for applications materials science. *Acta Biomater*, 3827-3843.  
<http://doi.org/10.1016/j.actbio.2014.03.020>.
- Choi, M. M., Pang, W. S., Xiao, D., & Wu, X. (2001). An optical glucose biosensor with eggshell membrane as an enzyme immobilization platform. *Analyst*, 126(9), 1558-1563.  
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2004.03.050>.
- Chung, S.-H., & Manthiram, A. (2014a). Eggshell membrane derived polysulfide absorbents for highly stable and reversible lithium-sulfur cells. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2(10), 2248e2252.  
<http://doi.org/10.1021/sc500452j>.
- Chung, S. H., & Manthiram, A. (2014b). Carbonized eggshell membrane as a natural polysulfide reservoir for highly reversible Li-S batteries. *Advanced Materials*, 26(9), 1360e1365.  
<http://doi.org/10.1002/adma.201304365>.
- Davis, W. W., & Stout, T. R. (1971). Disc plate method of microbiological antibiotic assay. I. Factors influencing variability and error. *Appl Microbiol.*, 22(4), 659-665.  
<http://doi.org/10.1128/am.22.4.659-665.1971>.
- Dong, Q., Su, H., Zhang, D., Liu, Z., & Lai, Y. (2007). Synthesis of hierarchical mesoporous titania with interwoven networks by eggshell membrane directed sol-gel technique. *Microporous and Mesoporous Materials*, 98(13), 344-351.  
<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2006.09.041>.
- Ko, K. Y., Mendonca, A. F., & Ahn, D. U. (2008). Effect of ethylenediaminetetraacetate and lysozyme on the antimicrobial activity of ovotransferrin against *Listeria monocytogenes*. *Poultry Sci*, 87, 1649-1658.  
<http://org.doi/10.3382/ps.2007-00521>.
- Liang, M., Su, R., Qi, W., Yu, Y., Wang, L., & He, Z. (2014). Synthesis of well-dispersed Ag nanoparticles on eggshell membrane for catalytic reduction of 4-nitrophenol. *Journal of Materials Science*, 49(4), 1639-1647.  
<https://doi.org/10.1007/s10853-013-7847-y>.
- Mariana, M., E. Liestiany, F.R. Cholis., & N. S. Hasbi. (2021). Penyakit antraknosa cabai oleh *Colletotrichum* sp. di lahan rawa Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 23(1), 30-36.  
<http://doi.org/10.31186/jipi.23.1.30-36>.
- Park, S., Choi K. S., Lee, D., Kim, D., Lim, K. T., Lee, K. H., Seonwoo, H., & Kim, J. (2016). Eggshell membrane: Review and impact on engineering. *Biosystems Engineering*, 151, 446-463.  
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.1.0.014>.
- Pracaya. (1994). Hama dan penyakit tumbuhan. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Schumann, G. L., & D'Arcy, G. J. (2012). *Hungry Planet, Stories of Plant*. The American Phytopathological Society: Minnesota. 294 p.

- Siswandono & Soekardjo. (2000). *Kimia Medisinal Edisi 2*. Penerbit Airlangga: Surabaya.
- Suryaningsih, E., R. Sutarya., & Duriat, A. S. (1996). *Penyakit Tanaman Cabai Merah dan Pengendaliannya*. Badan Litbang Pertanian: Jakarta. pp. 64-84.
- Suyama, K., Fukazawa, Y., & Umetsu, Y. (1994). A new biomaterial, hen egg shell membrane, to eliminate heavy metal ion from their dilute waste solution. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 45(1), 871-879. <http://doi.org/10.1007/BF02941856>.
- Tiwa, F. G., Homenta, H., & Hutagalung, B. S. P. (2017). Uji efektivitas daya hambat getah daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap *Streptococcus mutans*. *Pharmakon*, 6(4), 192-200. <https://doi.org/10.35799/pha.6.2017.17750>.
- Varon, O., Allen, K. J., Bennett, D. C., Mesak, L. R., & Scaman, C. H. (2013). Purification and characterization of tinamou egg white ovotransferrin as an antimicrobial agent against foodborne pathogenic bacteria. *Food Res Int*, 54, 1836-1842. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.041>.
- Wang, A., Bai, Y., Gao, H., & Wang, S. (2015a). A tetracycline selective fluorescent biosensor using anthranilic acid immobilized on a glutaraldehyde-coated egg shell membrane. *Analytical Methods*, 7(16), 6842e6847. <https://doi.org/10.1039/C5AY01047K>.
- Wang, C. L., Liao, J. Y., Chung, S. H., & Manthiram, A. (2015b). Carbonized eggshell membranes as a natural and abundant counter electrode for efficient dye-sensitized solar cells. *Advanced Energy Materials*, 5(6), 1401524. <https://doi.org/10.1002/aenm.201401524>.
- Wu, J., & Alexandra, L. (2012). Ovotransferrin: structure, bioactivities, and preparation. *Food Res.Int*, 46, 480-487. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.012>.
- Yu, H., Tang Q., Wu, J., Lin, Y., Fan, L., Huang, M., Lin, J., Li, Y., & Yu, F. (2012). Using eggshell membrane as a separator in supercapacitor. *Journal of Power Sources*, 206, 463-468. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.01.116>



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0  
International License