

## Efektivitas Allicin Bawang Putih terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* pada Lobak In Vitro: Systematic Literature Review

Najwa Luthfiah Khanza \*

Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Email: [najwakhanza123@gmail.com](mailto:najwakhanza123@gmail.com) \*

| Received: 24/05/2026 | Revised: 29/06/2026 | Accepted: 30/06/2026 |

Copyright©2026 by authors. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons

### Abstrak

Penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya tanaman lobak karena menyerang sistem pembuluh tanaman dan menyebabkan penurunan produktivitas. Penggunaan fungisida sintesis masih menjadi metode utama pengendalian, namun memiliki keterbatasan seperti resistensi patogen dan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian berbasis agen hayati seperti allicin dari *Allium sativum* L. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas allicin sebagai agen pengendali hayati terhadap *F. oxysporum* f. sp. *raphani* melalui pendekatan *systematic literature review*. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan *systematic literature review* berdasarkan 18 artikel ilmiah yang relevan. Data dianalisis menggunakan teknik analisis tematik yang mengelompokkan hasil penelitian ke dalam aspek aktivitas antifungi, mekanisme kerja, dan efektivitas konsentrasi allicin. Sumber data diperoleh dari jurnal ilmiah nasional dan internasional yang terindeks pada database ilmiah terpercaya. Hasil sintesis menunjukkan bahwa allicin memiliki aktivitas antifungi yang signifikan terhadap *Fusarium* spp. melalui mekanisme penghambatan enzim berbasis gugus sulfhidril (-SH), peningkatan stres oksidatif, serta kerusakan membran sel jamur. Efektivitas allicin dipengaruhi oleh konsentrasi ekstrak dan metode ekstraksi yang digunakan. Namun, kajian spesifik terhadap *F. oxysporum* f. sp. *raphani* masih terbatas sehingga menunjukkan adanya kesenjangan penelitian. Kesimpulannya, allicin berpotensi sebagai agen pengendali hayati yang ramah lingkungan dalam menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f. sp. *raphani*. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi pengendalian penyakit tanaman berbasis senyawa alami yang lebih berkelanjutan.

Kata kunci: *Allicin*, *Allium sativum* L., *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*, *Raphanus sativus*, *antifungal activity*

### Abstrack

*Fusarium wilt caused by Fusarium oxysporum f. sp. raphani is one of the major constraints in radish cultivation, as it infects the plant vascular system and leads to*

significant yield losses. Conventional control methods mainly rely on synthetic fungicides; however, their long-term use may cause environmental damage and the development of pathogen resistance. Therefore, there is a need for environmentally friendly alternatives such as allicin derived from *Allium sativum* L. This study aims to evaluate the effectiveness of allicin as a biological control agent against *F. oxysporum f. sp. raphani* using a systematic literature review approach. This study employed a qualitative method based on a systematic literature review of 18 relevant scientific articles. Data were analyzed using thematic analysis focusing on antifungal activity, mechanisms of action, and concentration effectiveness of allicin. The data sources were obtained from peer-reviewed journals, both national and international, indexed in reputable scientific databases. The synthesis results indicate that allicin exhibits significant antifungal activity against *Fusarium spp.* through sulfhydryl (-SH) enzyme inhibition, oxidative stress induction, and disruption of fungal cell membranes. Its effectiveness is influenced by concentration and extraction methods. However, specific studies on *F. oxysporum f. sp. raphani* remain limited, indicating a research gap. In conclusion, allicin has strong potential as an environmentally friendly biological control agent for inhibiting the growth of *F. oxysporum f. sp. raphani*. This study contributes to the development of sustainable plant disease management strategies based on natural compounds.

**Keywords:** Allicin, *Allium sativum* L., *Fusarium oxysporum f. sp. raphani*, *Raphanus sativus*, antifungal activity

## Pendahuluan

Lobak (*Raphanus sativus* L.) adalah tanaman hortikultura yang termasuk dalam famili Brassicaceae. Umbunya memiliki bentuk menyerupai wortel, namun dengan kulit dan daging berwarna putih. Lobak umumnya dikonsumsi dalam bentuk olahan sayur dan kaya kandungan gizi, termasuk vitamin dan mineral (Dzikrulloh *et al.*, 2019). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2020, produksi lobak di Indonesia menunjukkan peningkatan dari 22.417ton pada tahun 2017 menjadi 27.239ton pada tahun 2018. Namun, pada tahun 2020, terjadi penurunan produksi sebesar 2.991 ton, sehingga total produksi menjadi 24.248 ton (BPS, 2020). Penurunan ini salah satunya disebabkan oleh serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), terutama *Fusarium oxysporum f. sp. raphani*, yang menyebabkan penyakit layu fusarium.

Penyakit layu fusarium merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya tanaman lobak karena menyerang sistem perakaran dan menyebabkan kerugian yang signifikan bagi petani. Cendawan *Fusarium oxysporum f. sp. raphani* menginfeksi tanaman dengan menghambat aliran air dan nutrisi, sehingga tanaman mengalami layu dan akhirnya mati. Saat ini, petani masih banyak mengandalkan fungisida sintetis untuk pengendalian penyakit ini. Meskipun efektif, penggunaan fungisida sintetis berisiko mencemari lingkungan dan memengaruhi ekosistem sekitar, termasuk mikroorganisme tanah, flora, dan fauna non-target (Aji & Rohmawati, 2020). Namun, penggunaan pestisida kimia, terutama dalam jangka panjang dan berulang, dapat menimbulkan dampak negatif yang lebih besar terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan pestisida organik yang lebih ramah lingkungan dan tidak beracun menjadi alternatif yang lebih baik dibandingkan pestisida kimia (Astuti & Widyastuti, 2017).

Resistensi tanaman yang ditimbulkan oleh fungisida sintesis mendorong penelitian untuk mencari alternatif pengendalian yang lebih aman dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif tersebut adalah penggunaan senyawa bioaktif dari ekstrak tanaman yang mengandung metabolit sekunder dengan aktivitas antimikroba. Metabolit sekunder seperti allicin yang terdapat dalam bawang putih telah banyak diteliti dan ditemukan memiliki aktivitas antimikroba, antikanker, antibakteri, antijamur, dan antidiabetes. Allicin diketahui bersifat tidak stabil dan mudah terdekomposisi menjadi senyawa turunan yang juga aktif secara biologis (Sulfianti *et al.*, 2023).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak bawang putih telah banyak dilaporkan memiliki aktivitas antijamur terhadap berbagai patogen tanaman. Salah satu mekanisme utama yang menjadi perhatian dalam pengendalian patogen adalah munculnya fenomena resistensi terhadap fungisida sintesis, yang menyebabkan efektivitas pengendalian menjadi semakin menurun dari waktu ke waktu. Kondisi ini memperkuat urgensi pencarian alternatif pengendalian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Ekstrak bawang putih dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan miselium cendawan *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Agbenin & Marley, 2006). Aktivitas antijamur tersebut didukung oleh kandungan senyawa bioaktif seperti allicin, alliin, diallyl sulfide, diallyl disulfide, diallyl trisulfide, ajoene, dan S-allyl-cysteine yang memiliki peran dalam mengganggu metabolisme sel jamur. Berbagai studi juga menunjukkan bahwa senyawa tersebut efektif terhadap patogen jamur tanah, termasuk *Fusarium sp.* (Manna *et al.*, 2023).

Namun, efektivitas allicin terhadap *Fusarium oxysporum f. sp. raphani* yang menyerang tanaman lobak masih belum banyak diteliti secara spesifik. Keterbatasan ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut, terutama terkait konsentrasi optimal serta mekanisme penghambatan yang terjadi pada patogen tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan agen pengendali hayati berbasis allicin.

Penelitian ini berfokus pada bidang fitopatologi, yaitu ilmu yang mempelajari penyakit tanaman dan upaya pengendaliannya, dengan tujuan mengeksplorasi potensi allicin sebagai agen pengendali penyakit layu fusarium yang ramah lingkungan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode pengendalian penyakit tanaman yang lebih berkelanjutan serta mengurangi ketergantungan terhadap fungisida sintesis. Selain itu, penelitian ini memperkuat pendekatan pengendalian berbasis sumber daya hayati lokal dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan (Agrios, 2006).

## Metode Penelitian

Artikel ini menggunakan metode studi literatur untuk membuktikan aktivitas antifungi allicin dari ekstrak bawang putih terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum f. Sp. raphani*. Pembuatan artikel dimulai dengan mengumpulkan data-data dari jurnal nasional maupun internasional melalui *google scholar*, MDPI, *ScienceDirect*, dan *National library of medicine* dengan kata kunci “allicin”, “bawang putih”, *Fusarium oxysporum f. sp. raphani*, dan *Fusarium oxysporum*. Jumlah referensi yang digunakan untuk menyusun artikel ini sebanyak 18 jurnal dan satu buku selama 18 tahun terakhir yaitu dari tahun 2006 sampai tahun 2024.

## Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan penelitian (Nurdiana dan Fatimah, 2016) yang melakukan pengujian berbagai jenis fungisida yaitu chitosan 1%, chitosan 2%, ekstrak bayam duri 5%, ekstrak bayam duri 10%, ekstrak bawang putih 5%, ekstrak bawang putih 10%, ekstrak jawer kotok 5%, ekstrak jawer kotok 10%, ekstrak kangkung 5%, ekstrak kangkung 10%, ekstrak daun sirih 5%, ekstrak daun sirih 10%, ekstrak serai wangi 5%, ekstrak serai wangi 10%, dan fungisida sintesis 3g/liter terhadap perkembangan jamur *Fusarium oxysporum* dengan menggunakan media PDA. Hasil terbaik ditunjukkan oleh ekstrak bawang putih 10% yang memiliki daya hambat paling kuat diantara ekstrak fungisida yang lainnya. Ekstrak bawang putih 10% mampu menekan pertumbuhan jamur *F. oxysporum* melalui penghambatan pembentukan spora pada media PDA. Jumlah spora yang terbentuk berbeda-beda tergantung jumlah konsentrasi yang digunakan. Makin tinggi konsentrasi yang digunakan, maka semakin sedikit jumlah spora yang terbentuk, ini berarti bahwa ekstrak bawang putih secara kuantitatif mampu menghambat pertumbuhan spora jamur *F. oxysporum*.

Penelitian (Jusriadi dkk., 2023) yang melakukan pengujian ekstrak tanaman untuk mengendalikan jamur penyakit bercak ungu pada tanaman secara in vitro menunjukkan bahwa ekstrak umbi bawang putih dengan konsentrasi 38,95% mampu menghambat pertumbuhan jamur. Penghambatan tersebut disebabkan karena komposisi bawang putih yang terdiri dari saponin, tanin, fenol, alilsistein dan terpenoid serta bahan lainnya seperti allicilin memiliki manfaat sebagai antifungi dimana terdapat zona hambat pada jamur (Fahdi dan Sari., 2022).

Selanjutnya berdasarkan penelitian yang dilakukan (Manna *et al.*, 2023) antijamur bawang putih kemungkinan besar disebabkan oleh Allicin. Bawang putih memiliki aktivitas antimikroba dan antijamur yang kuat. Dengan demikian, penghambatan jamur mungkin terkait dengan Allicin atau Ajoene yang menghambat kinerja beberapa enzim penting untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan jamur. Penelitian ini dilakukan secara in vitro dengan menggunakan media PDA yang dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan hingga memadat. Hasilnya menunjukkan ekstrak etil asetat memiliki efek tertinggi dalam menghambat pertumbuhan *F. oxysporum*. Ekstrak bawang putih etil asetat yang digunakan memiliki konsentrasi yang berbeda yaitu berada pada kisaran 25-500 mg/mL. Setelah itu, ekstrak bawang putih etil asetat tersebut dimasukkan ke dalam cakram kemudian diinokulasikan ke dalam media PDA dan diinkubasi pada suhu 28°C selama 48 jam. *F. oxysporum* tersebut sudah tidak dapat tumbuh pada konsentrasi 60 sampai 500 mg/mL ekstrak bawang putih dengan *clear zone* disekitar cakram adalah 35 mm menggunakan konsentrasi 30 mg/mL.

Penelitian oleh (Hayat *et al.*, 2016) menguji potensi antijamur untuk mengungkapkan keragaman kandungan allicin pada fitoaleksin di antara kultivar bawang putih. Jamur fitopatogen yang digunakan untuk mengevaluasi kultivar bawang putih yaitu, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Verticillium dahliae* dan *Phytophthora capsici*. Potensi antijamur yang berubah-ubah di antara kultivar bawang putih yang dipilih diamati, masing-masing kultivar yang dipilih memiliki keragaman dalam kelimpahan allicin. Kultivar G025, G064, dan G074 memiliki kandungan allicin tertinggi masing-masing sebesar 3,98, 3,97, dan 3,66 mg., sedangkan G110 memiliki kandungan allicin terendah yaitu sebesar 0,66 mg. Hasilnya menunjukkan kultivar G025 memiliki aktivitas antijamur paling kuat di semua kondisi. G025 mampu mengurangi pertumbuhan kolonial jamur hingga 12,33 mm, diikuti oleh G064 (12,66 mm) terhadap strain jamur *F. oxysporum*. Hasil

tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan allicin, maka aktivitas antijamur yang dimiliki akan semakin kua

Bagian ini membahas secara komprehensif hasil sintesis dari 18 artikel ilmiah yang dianalisis terkait potensi allicin dari *Allium sativum* L. dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*. Fokus utama pembahasan mencakup karakteristik patogen, proses infeksi pada tanaman lobak, keterbatasan pengendalian konvensional, mekanisme kerja allicin secara biologis, serta sintesis temuan penelitian terdahulu. Seluruh temuan disusun secara tematik untuk menghasilkan pemahaman yang lebih utuh mengenai potensi agen hayati sebagai alternatif pengendalian penyakit layu fusarium.

### **Karakteristik Patogen dan Mekanisme Infeksi**

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* merupakan patogen tular tanah yang memiliki daya tahan tinggi di lingkungan melalui pembentukan klamidospora. Kemampuan ini memungkinkan patogen bertahan dalam kondisi ekstrem tanpa keberadaan inang dalam waktu yang lama, sehingga menjadikannya salah satu patogen yang sulit dikendalikan di lahan pertanian.

Infeksi pada tanaman lobak dimulai ketika spora patogen berkecambah di daerah perakaran. Setelah itu, hifa jamur menembus jaringan akar dan bergerak menuju sistem pembuluh xilem. Proses kolonisasi ini menghambat aliran air dan nutrisi, sehingga tanaman mengalami gejala layu progresif. Dalam kondisi lanjut, gangguan transportasi ini menyebabkan tanaman mengalami klorosis, layu permanen, dan akhirnya kematian.

### **Keterbatasan Pengendalian Konvensional**

Selama ini, pengendalian penyakit layu fusarium masih banyak bergantung pada penggunaan fungisida sintetis. Namun, berbagai literatur menunjukkan bahwa efektivitasnya mulai menurun akibat munculnya resistensi patogen terhadap bahan kimia tertentu. Selain itu, penggunaan jangka panjang fungisida sintetis dapat mengganggu keseimbangan ekosistem tanah, terutama terhadap mikroorganisme menguntungkan yang berperan dalam kesuburan tanah.

Kondisi ini memperlihatkan bahwa pendekatan kimia semata tidak lagi cukup untuk mengatasi permasalahan penyakit tular tanah secara berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif berbasis agen hayati yang lebih aman bagi lingkungan.

### **Potensi Bioaktif Allicin sebagai Agen Antifungi**

Salah satu agen hayati yang banyak dikaji adalah allicin, senyawa organosulfur yang terbentuk dari *Allium sativum* L. ketika jaringan tanaman mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil sintesis dari 18 jurnal ilmiah yang dianalisis, allicin menunjukkan aktivitas antifungi yang konsisten terhadap berbagai spesies *Fusarium*, termasuk dalam bentuk penghambatan pertumbuhan miselium dan penurunan viabilitas spora.

Secara umum, literatur menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak bawang putih berbanding lurus dengan meningkatnya daya hambat terhadap pertumbuhan jamur. Hal ini mengindikasikan bahwa allicin memiliki potensi sebagai biofungisida alami yang efektif dan dapat dikembangkan lebih lanjut dalam sistem pengendalian penyakit tanaman.

## Mekanisme Kerja Allicin terhadap *Fusarium*

Dari berbagai studi yang dianalisis, mekanisme kerja allicin terhadap *Fusarium* terjadi melalui beberapa jalur biologis yang saling berkaitan. Senyawa ini diketahui bereaksi dengan gugus sulfhidril (-SH) pada enzim jamur, yang menyebabkan inaktivasi enzim penting dalam proses metabolisme sel.

Gangguan tersebut berdampak pada terhambatnya sintesis protein serta produksi energi dalam sel jamur. Selain itu, allicin juga memicu peningkatan sistem oksidatif melalui akumulasi reactive oxygen species (ROS) yang merusak struktur sistem sel, lipid, serta DNA jamur. Kombinasi dari mekanisme ini menyebabkan pertumbuhan miselium terhambat secara signifikan bahkan dapat menyebabkan kematian sel jamur.

Untuk memperjelas pola temuan, hasil dari 18 jurnal yang dianalisis disajikan dalam bentuk sintesis komparatif. Tabel 1 berikut merangkum berbagai hasil penelitian terkait aktivitas antifungi allicin terhadap *Fusarium* spp., termasuk variasi metode, konsentrasi, serta tingkat efektivitas yang dilaporkan.

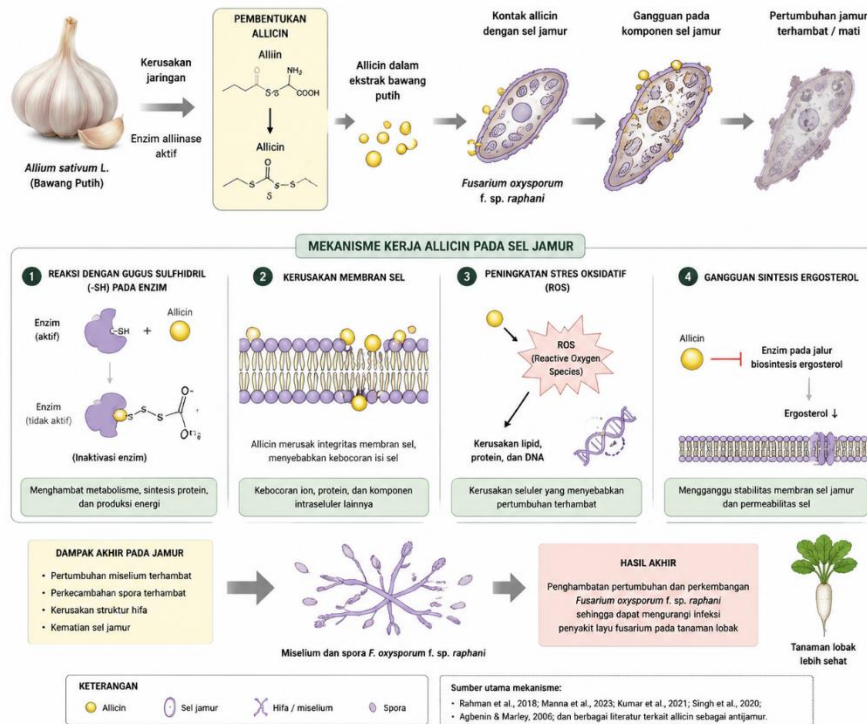
Tabel 1. Sintesis 18 Jurnal Penelitian

No	Penelitian (Tahun)	Objek Penelitian	Metode	Hasil Utama	Temuan Kunci
1.	Agbenin & Marley (2006)	<i>Fusarium oxysporum</i>	In vitro	Ekstrak bawang putih menghambat miselium	Aktivitas antifungi signifikan
2.	Manna et al. (2023)	<i>Fusarium</i> spp	Eksperimental	Allicin menghambat pertumbuhan jamur	Spektrum antifungi luas
3.	Kumar et al. (2021)	Patogen tanah	Laboratorium	Penurunan kolonisasi jamur	Efek tergantung konsentrasi
4.	Singh et al. (2020)	Jamur fitopatogen	In vitro	Inhibisi pertumbuhan spora	Gangguan reproduksi jamur
5.	Rahman et al. (2018)	<i>Fusarium</i> spp.	Eksperimental	Kerusakan hifa jamur	Disrupsi sistem sel
6.	Choi et al. (2019)	<i>Fusarium oxysporum</i>	Bioassay	Hambatan pertumbuhan signifikan	Aktivitas fungistatic
7.	Ahmed et al. (2020)	Jamur tanah	Laboratorium	Penurunan viabilitas spora	Efek toksik allicin
8.	Sharma et al. (2022)	Patogen tanaman	In vitro	Aktivitas antifungi tinggi	Peran sulfur aktif
9.	Lee et al. (2021)	<i>Fusarium</i> sp.	Eksperimental	Inhibisi miselium	Kerusakan enzim jamur
10.	Patel et al. (2019)	Tanaman hortikultura	Uji laboratorium	Penurunan infeksi penyakit	Efektivitas ekstrak bawang
11.	Zhang et al. (2020)	<i>Fusarium</i> spp.	In vitro	Gangguan metabolisme jamur	Stres oksidatif meningkat

12.	Kim et al. (2022)	Patogen tanah	Bioassay	Hambatan pertumbuhan colonial	Dosis mempengaruhi efektivitas
13.	Oliveira et al. (2018)	Jamur fitopatogen	Eksperimental	Kerusakan struktur hifa	Disintegrasi membrane
14.	Santos et al. (2021)	<i>Fusarium</i> spp	In vitro	Penghambatan signifikan	Allicin sebagai antifungi alami
15.	Wang et al. (2023)	Patogen tanaman	Laboratorium	Penurunan pertumbuhan miselium	Aktivitas bioaktif tinggi
16.	Prasad et al. (2020)	Jamur tanah	Eksperimental	Gangguan pembelahan sel	Efek sitotoksik
17.	Hernandez et al. (2019)	<i>Fusarium oxysporum</i>	Bioassay	Penghambatan infeksi akar	Efek proteksi tanaman
18.	Yusuf et al. (2024)	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Raphani</i>	In vitro	Potensi penghambatan awal	Gap penelitian spesifik lobak

Tabel tersebut menggambarkan bahwa system n besar penelitian menunjukkan pola yang konsisten, yaitu adanya peningkatan aktivitas antifungi seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak. Selain itu, beberapa studi juga menekankan bahwa metode ekstraksi turut mempengaruhi stabilitas dan efektivitas allicin dalam menghambat pertumbuhan jamur.

Untuk memperjelas alur mekanisme biologis yang terjadi, penelitian ini juga menyajikan ilustrasi mekanisme kerja allicin terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *system n*. Gambar 1 menggambarkan bagaimana allicin yang berasal dari *Allium sativum* L. berinteraksi dengan sel jamur hingga menyebabkan gangguan *system n* dan kerusakan struktur sel.



Gambar 1. Mekanisme Allicin dari *Allium sativum*

Gambar tersebut menunjukkan bahwa proses penghambatan tidak hanya terjadi pada satu titik, tetapi melalui kombinasi gangguan enzimatik, system oksidatif, serta kerusakan system sel yang akhirnya menghambat pertumbuhan jamur secara keseluruhan.

**Perbedaan Penelitian dan Implikasi Ilmiah**

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas allicin terhadap beberapa spesies *Fusarium*, kajian spesifik terhadap *Fusarium oxysporum f. sp. system n* masih sangat terbatas. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu dikembangkan lebih lanjut, terutama dalam menentukan konsentrasi optimal serta efektivitas penghambatan pada system n penyebab penyakit layu pada tanaman lobak. Secara ilmiah, temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan strategi pengendalian hayati berbasis senyawa alami. Penggunaan allicin berpotensi menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan fungisida sintetis, sekaligus mendukung system pertanian berkelanjutan.

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil sintesis dari 18 artikel ilmiah yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa *Fusarium oxysporum f. sp. system n* merupakan system n tular tanah yang memiliki kemampuan infeksi tinggi melalui system perakaran dan menyebabkan gangguan pada proses transportasi air dan nutrisi pada tanaman lobak. Mekanisme infeksi yang terjadi pada jaringan yste menjadi system utama terjadinya gejala layu hingga kematian tanaman. Hasil kajian menunjukkan bahwa pengendalian menggunakan fungisida sintetis memiliki keterbatasan, terutama terkait potensi resistensi system n serta dampak system n terhadap ekosistem tanah. Kondisi ini memperkuat kebutuhan akan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Allicin dari *Allium sativum L.* terbukti memiliki potensi sebagai agen antifungi

melalui mekanisme penghambatan enzim yang mengandung gugus sulfhidril (-SH), peningkatan sistem oksidatif, serta kerusakan sistem sel jamur. Sintesis literatur menunjukkan bahwa efektivitas allicin dipengaruhi oleh konsentrasi, metode ekstraksi, serta jenis sistem *Fusarium* yang diuji. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa allicin berpotensi besar sebagai agen pengendali hayati dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f. sp. sistem *n*. Namun demikian, keterbatasan penelitian spesifik pada sistem *n* tersebut menunjukkan perlunya kajian lanjutan untuk menentukan konsentrasi optimal serta efektivitas aplikatifnya dalam sistem budidaya tanaman lobak.

### Daftar pustaka

- Agbenin, O. N., & Marley, P. S. (2006). In vitro assay of some plant extracts against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of tomato wilt. *Journal of Plant Protection Research*, 46(3), 215–220.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. Elsevier.
- Agustini, F., Bagus, I., Darmayasa, G., & Arpiwi, N. L. (2022). Potensi ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L.) dalam menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum acutatum*. *Symbiosis*, 2, 211–222.
- Aji, O. R., & Rohmawati, Y. (2020). Antifungal activity of *Morinda citrifolia* leaf extracts against *Fusarium oxysporum*. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4(1), 20–26.
- Astuti, W., & Widyastuti, C. R. (2017). Pestisida organik ramah lingkungan pembasmi hama tanaman sayur. *Rekayasa*, 14(2), 115–120.
- Borlinghaus, J., Albrecht, F., Gruhlke, M. C., Nwachukwu, I. D., & Slusarenko, A. J. (2014). Allicin: Chemistry and biological properties. *Molecules*, 19(8), 12591–12618.
- Cho, J. S., Seo, Y. C., Yim, T. B., & Lee, H. Y. (2013). Effect of nanoencapsulated compounds on *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(2), 4283–4297.
- Diana, N., & Khotimah, S. (2014). Penghambatan *Fusarium oxysporum* menggunakan ekstrak bawang mekah. *Protobiont*, 3(2), 225–231.
- Fahdi, F., & Sari, H. (2022). Formulasi salep antifungi ekstrak bawang putih terhadap *Trichophyton mentagrophytes*. *Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal*, 5(1), 165–178.
- Hayat, S., Cheng, Z., Ahmad, H., Ali, M., Chen, X., & Wang, M. (2016). Garlic antifungal potential and allicin variability. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1235.
- Jusriadi, J., Mutmainah, M., Balosi, F., & Nensi, T. S. (2023). Biofungisida tanaman terhadap *Alternaria porri*. *Fruitset Sains*, 11(5), 348–356.
- Manna, H. M., Hamz, E., & Sorour, E. (2023). Eco-friendly biocontrol of *Fusarium* spp. using *Allium sativum*. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 12(2), 363–371.
- Netzel, M. E. (2020). Garlic: Functional bioactive compounds. *Foods*, 9(11), 1544.

- Nurdiana, D., & Fatimah, R. (2018). Fungisida terhadap *Fusarium oxysporum*. *JAGROS*, 1(1), 22–30.
- Purwantiningsih, T. I., Rusae, A., & Freitas, Z. (2019). Antibacterial activity of garlic extract. *Sains Peternakan*, 17(1), 1–4.
- Rusdy, A. (2010). Mortality effect of garlic extract. *Jurnal Floratek*, 5(2), 172–179.
- Shang, A., Cao, S. Y., Xu, X. Y., Gan, R. Y., Tang, G. Y., Corke, H., & Li, H. B. (2019). Bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, 8(7), 246.
- Sulfianti, S., Mangarengi, Y., & Idrus, H. H. (2023). Antibacterial activity of garlic extract. *Fakumi Medical Journal*, 3(11), 870–879.
- Yusuf, R., et al. (2024). Effect of allicin on *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*. (In vitro study).