



Efektivitas Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.) terhadap Pertumbuhan Bakteri Patogen Tanaman Padi: Kritik atas Pendekatan Biologis dalam Pengendalian Penyakit Tanaman

Elinda Novita Dewi^{1*}, Apririya Putri Nuraieni²

¹ Universitas Negeri Semarang, Indonesia

² Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Indonesia

email: Elindadew@gmail.com

Article Info :

Received:

15-7-2025

Revised:

25-7-2025

Accepted:

17-8-2025

Abstract

*Bacterial Leaf Blight (BLB), caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, remains one of the most destructive diseases affecting rice cultivation in Southeast Asia, with severity levels reported as high as 92% and yield losses reaching 50–70%. Conventional chemical pesticides are often effective but pose environmental and health risks, prompting interest in biological alternatives. This study investigates the effectiveness of betel leaf (*Piper betle* L.) extract as a biological control agent through in vitro and in vivo experiments. Results demonstrate that the extract exhibits significant antibacterial activity, with inhibition zones increasing alongside concentration levels and disease incidence reduced by up to 40% under field-simulated conditions. Bioactive compounds, particularly phenols, flavonoids, and essential oils, were identified as major contributors to cell wall disruption and bacterial growth suppression. Despite its promise, the approach faces challenges such as inconsistent phytochemical content, limited compound stability, and higher production costs. These findings emphasize the potential of betel leaf extract as an eco-friendly alternative, while highlighting the importance of standardization, technological innovation, and policy support to ensure sustainable application in modern rice farming systems.*

Keywords: *Bacterial Leaf Blight, biological control, Piper betle L., rice disease management, Xanthomonas oryzae.*



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan strategis yang menjadi sumber karbohidrat utama bagi lebih dari 90% penduduk Indonesia. Produksi padi berperan penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional yang stabil dan berkelanjutan. Namun demikian, keberlangsungan produksi padi menghadapi ancaman serius dari berbagai penyakit tanaman. Salah satu penyakit paling merugikan adalah Hawar Daun Bakteri (HDB) yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Penyakit ini tidak hanya menurunkan produktivitas, tetapi juga mengganggu ketersediaan beras di tingkat nasional (Budi, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa tingkat serangan HDB di Jawa Tengah cukup mengkhawatirkan. Studi di Desa Gebang, Kota Pekalongan melaporkan keparahan rata-rata mencapai 92%, sedangkan di Desa Kuripan sekitar 60,44% (Anggrayani, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa serangan penyakit tidak hanya bersifat sporadis, melainkan sistematis pada lahan sawah petani. Di Kabupaten Klaten, HDB juga dilaporkan muncul dengan keparahan tinggi pada awal musim hujan dan awal musim kemarau (Yuliani, 2017). Data tersebut memperkuat bukti bahwa HDB merupakan ancaman utama dalam budidaya padi di Jawa Tengah.

Kerugian hasil akibat serangan HDB sangat signifikan. Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kabupaten Purworejo (2023) mencatat bahwa kehilangan hasil (*yield loss*) akibat HDB dapat mencapai 50-70% jika menyerang pada fase generatif tanaman padi. Bahkan di Karawang, Jawa Barat, kejadian penyakit HDB mencapai 81,67–95% dengan keparahan rata-rata 27,97-42,44% tergantung pola tanam (Polije, 2021). Angka-angka tersebut menunjukkan skala kerugian yang dialami petani akibat penyakit ini. Dengan demikian, penanganan penyakit HDB tidak dapat ditunda lagi.

Dalam praktik lapangan, petani masih sangat bergantung pada penggunaan pestisida kimia sintetis untuk mengendalikan HDB. Data Kementerian Pertanian (2020) menunjukkan bahwa sekitar 35% petani padi di Indonesia menggunakan pestisida di atas dosis anjuran. Kondisi ini memperburuk pencemaran tanah dan air serta menurunkan biodiversitas tanah. Selain itu, penggunaan berlebihan juga

memicu resistensi patogen yang semakin menyulitkan pengendalian. Hal ini menimbulkan urgensi untuk mencari alternatif pengendalian yang ramah lingkungan.

Salah satu pendekatan yang berkembang adalah pemanfaatan ekstrak tumbuhan sebagai agen hayati. Daun sirih (*Piper betle* L.) dikenal memiliki kandungan senyawa fenol, flavonoid, tanin, dan alkaloid yang berfungsi sebagai antibakteri alami (Zimron, 2020). Potensi antibakteri daun sirih telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional masyarakat Indonesia. Hal ini menjadikan sirih kandidat potensial untuk dikembangkan sebagai agen pengendali penyakit tanaman. Pemanfaatan ini juga sejalan dengan tren global menuju pertanian berkelanjutan.

Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa ekstrak daun sirih mampu menekan pertumbuhan berbagai bakteri patogen tanaman. Misalnya, (Rahmawati, 2021) menemukan bahwa ekstrak etanol daun sirih dapat menghambat pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* hingga 80%. Pada komoditas hortikultura lain, ekstrak sirih juga terbukti efektif mengurangi intensitas penyakit. Namun demikian, penelitian terhadap efektivitasnya pada padi, khususnya terhadap HDB, masih sangat terbatas. Hal ini membuka peluang penelitian dengan perspektif kritis. Sayangnya, sebagian besar penelitian yang ada hanya berorientasi pada hasil positif tanpa menilai keterbatasannya. Kandungan metabolit sekunder daun sirih sangat dipengaruhi oleh lingkungan tumbuh, usia daun, dan metode ekstraksi (Lestari, 2022). Faktor ini dapat menimbulkan variabilitas efektivitas yang signifikan antar lokasi. Selain itu, penelitian sebelumnya masih dominan berbasis uji laboratorium *in vitro*. Padahal, efektivitas lapangan bisa jauh berbeda karena pengaruh faktor iklim, tanah, dan interaksi biotik.

Kritik juga muncul terkait daya simpan ekstrak daun sirih yang relatif singkat. Nugroho (2021) melaporkan degradasi senyawa aktif antibakteri sirih mulai terjadi setelah 48 jam penyimpanan. Hal ini menjadi hambatan dalam penerapannya di lapangan secara luas. Tanpa formulasi yang tepat, efektivitas ekstrak berpotensi menurun drastis. Dengan demikian, inovasi teknologi formulasi menjadi salah satu aspek penting dalam pengembangan. Selain kendala teknis, faktor sosial-ekonomi juga memengaruhi tingkat adopsi petani. Banyak petani masih lebih mempercayai pestisida kimia karena hasilnya cepat terlihat (Syamsudin, 2020). Persepsi ini seringkali menghambat penerapan teknologi berbasis bahan alami. Apabila tidak ada dukungan kebijakan dan penyuluhan yang memadai, potensi ekstrak daun sirih sulit berkembang. Oleh karena itu, kajian kritis harus mempertimbangkan aspek adopsi sosial di tingkat petani.

Kajian kritis atas efektivitas ekstrak sirih penting agar hasil penelitian tidak hanya menekankan kelebihan, tetapi juga mengungkap keterbatasan. Penilaian harus mencakup aspek biologis, ekologis, sosial, dan ekonomis. Maka, rekomendasi yang dihasilkan lebih aplikatif bagi praktik pertanian. Penelitian yang hanya menonjolkan potensi tanpa kritik berisiko menyesatkan kebijakan. Maka dari itu, penelitian ini diarahkan untuk memberikan evaluasi komprehensif. Kesenjangan penelitian juga tampak pada minimnya pembahasan mengenai dampak ekstrak sirih terhadap mikroorganisme non-target. Padahal, pengendalian hayati seharusnya tetap menjaga keseimbangan ekosistem mikroba. Pengabaian aspek ini dapat menimbulkan konsekuensi ekologis jangka panjang. Maka, penting untuk menilai dampak lebih luas dari penggunaan ekstrak sirih. Hal ini akan memperkaya diskursus ilmiah tentang pengendalian biologis (Singh, 2023).

Sejalan dengan agenda Sustainable Development Goals (SDGs), pertanian ramah lingkungan menjadi arah kebijakan global. Pengurangan penggunaan pestisida kimia merupakan salah satu target utama. Pemanfaatan ekstrak tanaman lokal seperti sirih dapat menjadi alternatif untuk mendukung pencapaian tersebut. Namun, kontribusi ini hanya valid jika efektivitasnya terbukti konsisten. Oleh karena itu, pengujian kritis dalam konteks padi menjadi sangat relevan. Metodologi pengujian juga perlu mendapat perhatian serius. Banyak penelitian terdahulu hanya terbatas pada uji *in vitro*, tanpa konfirmasi *in vivo* di lahan petani (Hakim, 2021). Padahal, interaksi patogen, tanaman, dan lingkungan di lapangan jauh lebih kompleks. Hal ini berpotensi menghasilkan kesimpulan yang tidak akurat jika hanya mengandalkan data laboratorium. Dengan demikian, kritik metodologis menjadi dasar yang penting dalam penelitian ini.

Aspek ekonomi juga menentukan kelayakan penggunaan ekstrak sirih. Biaya produksi dalam skala besar belum banyak diteliti secara mendalam. Jika biaya terlalu tinggi, maka adopsinya oleh petani akan rendah, meskipun efektif secara biologis. Maka, evaluasi efektivitas harus mencakup efisiensi biaya. Perspektif ini penting agar hasil penelitian lebih relevan dengan kondisi petani. Selain biaya, ketersediaan bahan baku juga berpotensi menjadi kendala. Daun sirih memang cukup melimpah di beberapa wilayah, tetapi produksinya tidak merata sepanjang tahun. Ketidakstabilan pasokan dapat

mengganggu keberlanjutan pengendalian hayati. Hal ini berbeda dengan pestisida kimia yang tersedia sepanjang waktu. Perbedaan mendasar ini harus dipertimbangkan dalam kritik atas pendekatan biologis.

Dengan mempertimbangkan aspek biologis, teknis, sosial, dan ekonomis, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh. Kritik terhadap efektivitas ekstrak sirih bukan dimaksudkan untuk menolak penggunaannya, tetapi untuk menilai potensi sekaligus keterbatasannya. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip penelitian ilmiah yang objektif dan reflektif. Hasil penelitian dapat memperkuat dasar kebijakan dalam pengendalian penyakit padi. Maka, manfaatnya dapat dirasakan langsung oleh petani dan masyarakat luas. Kajian ini diharapkan dapat menjawab pertanyaan kritis terkait potensi dan keterbatasan ekstrak daun sirih sebagai agen hayati. Penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademik, tetapi juga menawarkan rekomendasi praktis. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pengembangan strategi pengendalian penyakit padi yang berkelanjutan. Penelitian ini dapat mendukung upaya peningkatan ketahanan pangan nasional melalui pendekatan yang ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental dengan dua pendekatan utama, yakni uji *in vitro* dan uji *in vivo*. Uji *in vitro* dilakukan untuk mengetahui efektivitas ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) terhadap *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* menggunakan metode difusi agar dan mikrodilusi cair untuk menentukan MIC dan MBC. Daun sirih diperoleh dari dua daerah berbeda, kemudian diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan etanol 70% dan air sebagai pelarut pembanding. Hasil ekstraksi dianalisis melalui skrining fitokimia untuk mendeteksi kandungan fenol, flavonoid, dan tanin yang berhubungan dengan aktivitas antibakteri. Suspensi bakteri disiapkan pada konsentrasi standar (10^8 CFU/mL), lalu diuji dengan ekstrak pada berbagai konsentrasi menggunakan tiga ulangan biologis dan teknis, serta kontrol positif dan negatif (Sulistiwa, 2024).

Uji *in vivo* dilaksanakan pada skala rumah kaca dan lapangan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan beberapa perlakuan: kontrol negatif, kontrol pelarut, pestisida standar, dan tiga konsentrasi ekstrak daun sirih. Parameter yang diamati mencakup insidensi dan severitas penyakit, pertumbuhan tanaman, serta hasil panen gabah kering. Analisis dampak non-target dilakukan dengan mengamati mikroorganisme tanah dan organisme berguna untuk memastikan keamanan ekologis. Data dianalisis menggunakan ANOVA dengan uji lanjut Tukey pada taraf signifikansi 5%, disertai perhitungan Benefit-Cost Ratio (BCR) sederhana guna menilai kelayakan ekonomi penggunaan ekstrak sirih dibanding pestisida kimia. Penelitian ini diharapkan menghasilkan bukti empiris mengenai efektivitas biologis ekstrak daun sirih sekaligus memberikan kritik terhadap keterbatasan pendekatan biologis dalam pengendalian penyakit tanaman padi (Prasetya, et al., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Ekstrak Daun Sirih terhadap Pertumbuhan Bakteri Patogen Tanaman Padi

Ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) telah lama dikenal sebagai agen antibakteri dalam pengobatan tradisional dan berbagai uji laboratorium modern menunjukkan aktivitasnya terhadap beragam bakteri Gram-negatif dan Gram-positif (Sadiah, et al., 2024). Ulasan komprehensif menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder seperti fenol, flavonoid, tanin, dan turunan fenolik lain berkontribusi besar terhadap efek antibakteri ekstrak sirih (Hayyudiah, et al., 2023). Dalam konteks patogen padi, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) adalah agen penyebab penyakit hawar daun bakteri yang sangat merusak penyakit ini dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 80% jika menyerang dini (Wikipedia, 2025). Literatur yang secara eksplisit menguji efektivitas ekstrak daun sirih terhadap Xoo masih relatif sedikit. Maka, data dari studi umum antibakteri dapat dijadikan pembanding dan baseline dalam interpretasi hasil studi padi.

Salah satu penelitian yang relevan adalah “Evaluation of Piper betle leaf extracts for biocontrol of important phytopathogenic bacteria” oleh Jayalakshmi & Raveesha (dipublikasikan lewat platform Semantic Scholar). Studi tersebut menemukan bahwa berbagai ekstrak P. betle (air, etanol, n-hexana) menunjukkan hambatan terhadap pertumbuhan bakteri patogen tumbuhan seperti *Erwinia carotovora* dan jenis bakteri lain (Jayalakshmi & Raveesha, 2013). Dalam uji *in vitro*, ekstrak etanol menunjukkan nilai MIC paling rendah (1,562 mg/mL) dibanding ekstrak hexana (6,25 mg/mL) dan ekstrak air (>12,50 mg/mL) terhadap *Erwinia carotovora*. Temuan ini menunjukkan bahwa pelarut organik seperti etanol memperkaya senyawa antibakteri aktif dibandingkan dengan ekstrak air. Data tersebut penting karena

memberi indikasi bahwa ekstrak sirih dapat memiliki potensi yang cukup untuk diuji lebih lanjut terhadap Xoo.

Tabel 1. Hasil in vitro ekstrak Piper betle terhadap bakteri patogen tumbuhan

Bakteri Patogen	Jenis Ekstrak	MIC (mg/mL)	Keterangan
<i>Erwinia carotovora</i>	Etanol	1,562	Hambatan kuat terhadap patogen hama sayuran
<i>Erwinia carotovora</i>	Hexana	6,25	Aktivitas menengah
<i>Erwinia carotovora</i>	Air	>12,50	Hambatan rendah atau tidak signifikan

Sumber: Hasil Olahan Peneliti

Ketika mengaplikasikan ekstrak sirih terhadap Xoo dalam penelitian padi, harapan bahwa MIC dan MBC akan serupa atau sedikit lebih tinggi daripada pada patogen sayuran adalah realistis. Namun, karakteristik sel bakteri, mekanisme pertahanan spesifik, dan dinding sel Gram-negatif dari Xoo mungkin memerlukan konsentrasi yang lebih tinggi. Dalam uji *in vitro* yang digabungkan dengan analisis kinetika waktu, penelitian modern terhadap *Piper betle* menunjukkan bahwa ekstrak etanol dapat bekerja secara bakterisidal (membunuh bakteri) dalam rentang waktu tertentu apabila konsentrasi mencukupi (Ningrum, 2023). Dalam studi Ningrum, mode aksi ekstrak sirih dipelajari terhadap bakteri penyebab penyakit layu lunak (soft rot), dan ditemukan bahwa penggunaan $2 \times \text{MIC}$ dan $4 \times \text{MIC}$ dapat menghancurkan pertumbuhan bakteri dalam 6-8 jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ekstrak sirih tidak hanya menghambat pertumbuhan tetapi juga memiliki potensi membunuh (characteristic bactericidal) dalam konsentrasi tinggi. Jika penelitian padi mampu mereplikasi model kinetika waktu ini terhadap Xoo, maka akan lebih banyak bukti kuat bahwa ekstrak sirih mampu digunakan sebagai agen kontrol. Penting untuk memperhatikan bahwa efektivitas ini terutama terjadi di kondisi laboratorium kondisi di planta lebih kompleks (Lubis & Wahyuni, 2020).

Selain efektivitas secara biokimia, perbedaan metode ekstraksi dan pelarut dapat sangat memengaruhi hasil. Ekstrak etanol cenderung menghasilkan senyawa fenolik yang lebih larut dibandingkan ekstrak air, sehingga efektivitas antibakterinya umumnya lebih tinggi dibandingkan ekstrak air murni. Penggunaan pelarut non-polar seperti hexana bisa memperkaya komponen terpena atau minyak esensial, tetapi senyawa polar dengan aktivitas antibakteri mungkin kurang terekstraksi. Oleh karena itu, penelitian efektivitas terhadap Xoo harus mempertimbangkan penggunaan pelarut campuran atau fraksinasi senyawa aktif. Jika ekstrak etanol menunjukkan hasil terbaik, itu dapat menjadi pilihan utama dalam penelitian *in vitro* (Geofani, et al, 2023).

Dalam konteks penelitian padi, uji *in vitro* hanya merupakan tahap pendahuluan untuk menunjukkan potensi antibakteri ekstrak daun sirih terhadap Xoo. Namun, hambatan nyata muncul ketika aplikasi ke tanaman hidup penetrasi ke jaringan tanaman, interaksi senyawa dengan jaringan tanaman, dan degradasi senyawa aktif di lingkungan. Efek lingkungan seperti suhu, pH, kelembaban, dan eksposisi sinar UV dapat mengurangi aktivitas antibakteri ekstrak. Interpretasi hasil *in vitro* ekstrak sirih terhadap Xoo harus memperhitungkan variabilitas senyawa aktif antar sampel tanaman. Misalnya, faktor genetik populasi tanaman, lokasi tumbuh, dan kondisi pertumbuhan memengaruhi kandungan metabolit seperti fenolik dan flavonoid (Barimbing, 2022). Dua sampel sirih dari daerah berbeda mungkin menghasilkan aktivitas antibakteri yang berbeda meskipun metode ekstraksinya sama.

Tabel 1. Efektivitas Ekstrak Daun Sirih terhadap Xanthomonas oryzae

Konsentrasi Ekstrak Daun Sirih	Zona Hambat (mm)	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)
10%	11,2	-	-
20%	17,3	12,5	25
30%	19,1	12,5	25
Kontrol Positif (Antibiotik)	19,6	6,25	12,5

Sumber: Hasil Lab

Data dalam tabel menunjukkan bahwa ekstrak daun sirih memiliki efektivitas antibakteri yang signifikan. Pada konsentrasi 20% dan 30%, zona hambat yang dihasilkan hampir setara dengan kontrol positif berupa antibiotik. Hal ini membuktikan potensi ekstrak sirih sebagai pengganti atau pendamping pestisida sintetis. Walaupun MIC dan MBC lebih tinggi dibanding kontrol positif, efektivitas biologisnya tetap dianggap menjanjikan. Keunggulan utama adalah sifatnya yang ramah lingkungan serta minim residu.

Studi yang dilakukan di Pekalongan, Jawa Tengah, menunjukkan keparahan HDB rata-rata mencapai 92% di Desa Gebang dan 60,44% di Desa Kuripan (Anggrayani, 2021). Tingginya angka ini menggambarkan kerentanan padi terhadap infeksi bakteri. Dalam konteks ini, penggunaan ekstrak daun sirih berpotensi menjadi strategi alternatif untuk menekan keparahan penyakit. Intervensi biologis seperti ini dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan kimia berbahaya. Dengan demikian, manfaatnya tidak hanya dirasakan oleh petani, tetapi juga oleh lingkungan secara keseluruhan.

Efektivitas ekstrak daun sirih juga ditentukan oleh metode ekstraksi yang digunakan. Maserasi dengan etanol 70% diketahui mampu mengekstrak lebih banyak senyawa aktif dibandingkan pelarut air. Hal ini menjelaskan perbedaan daya hambat antar penelitian. Kandungan flavonoid dan tanin yang tinggi dalam ekstrak etanol memberikan kontribusi besar terhadap sifat antibakterinya. Maka, standarisasi metode ekstraksi menjadi hal yang krusial dalam riset biopestisida (Fathoni, et al., 2019).

Selain konsentrasi, lama waktu inkubasi juga mempengaruhi hasil uji antibakteri. Penelitian menunjukkan bahwa zona hambat ekstrak daun sirih meningkat seiring bertambahnya waktu inkubasi hingga mencapai titik optimum (Puspitawati, 2025). Setelah itu, daya hambat cenderung stabil atau menurun akibat degradasi senyawa aktif. Fakta ini mengindikasikan perlunya pengujian lebih lanjut terkait stabilitas senyawa antibakteri dalam ekstrak. Hal tersebut juga berimplikasi pada formulasi produk komersial yang berbasis sirih. Salah satu tantangan penggunaan ekstrak daun sirih adalah variabilitas kandungan senyawa aktif antar lokasi tumbuh. Faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, jenis tanah, dan curah hujan berpengaruh terhadap kadar metabolit sekunder tanaman. Akibatnya, efektivitas antibakteri ekstrak bisa berbeda antara satu daerah dengan daerah lain. Kondisi ini menimbulkan tantangan dalam konsistensi hasil penelitian maupun aplikasinya. Penelitian lanjutan harus mempertimbangkan faktor ekofisiologi tanaman sirih (Maharani & Hakim, 2025).

Dalam uji rumah kaca, aplikasi ekstrak sirih terbukti mampu menurunkan insidensi penyakit hingga 40% dibandingkan kontrol. Meskipun penurunannya belum sebesar pestisida kimia, hasil ini tetap menunjukkan potensi yang menjanjikan. Keunggulan lainnya adalah tidak adanya efek samping yang merugikan organisme non-target. Hal ini menjadi nilai tambah penting dalam sistem pertanian berkelanjutan. Maka, pengembangan formulasi sirih perlu terus dilakukan untuk meningkatkan efektivitasnya. Salah satu strategi untuk meningkatkan efektivitas ekstrak sirih adalah melalui penggabungan dengan agen biokontrol lain. Misalnya, penggunaan ekstrak sirih bersamaan dengan bakteri antagonis seperti *Bacillus subtilis*. Sinergi tersebut dapat memperkuat daya hambat terhadap patogen sekaligus menstimulasi ketahanan sistemik tanaman. Pendekatan kombinatorial ini dapat mengurangi kebutuhan konsentrasi ekstrak yang tinggi. Dengan demikian, biaya produksi dan aplikasi dapat ditekan (Malini, 2022).

Kendati demikian, efektivitas ekstrak daun sirih masih menghadapi kendala pada konsistensi hasil lapangan. Faktor lingkungan, kondisi lahan, dan varietas padi mempengaruhi keberhasilan aplikasi biologis. Di satu sisi, pestisida kimia menawarkan efektivitas yang stabil dan cepat. Namun, risiko ekologis jangka panjang membuat penggunaannya semakin dipertanyakan. Di sinilah kritik terhadap pendekatan biologis perlu diseimbangkan dengan analisis risiko manfaat secara holistik (Wibawa, 2022).

Efektivitas ekstrak daun sirih dapat pula ditingkatkan melalui formulasi modern seperti enkapsulasi nanopartikel. Teknologi ini mampu melindungi senyawa aktif dari degradasi sehingga memperpanjang masa simpan dan meningkatkan bioavailabilitas. Aplikasi dalam bentuk semprotan berbasis nanoemulsi juga dilaporkan meningkatkan penetrasi senyawa ke jaringan tanaman. Dengan inovasi teknologi, ekstrak sirih berpotensi bersaing dengan pestisida kimia dalam hal efektivitas. Hal ini menunjukkan perlunya integrasi penelitian biologi molekuler dan teknologi pertanian (Mulun, et al., 2025).

Dari sudut pandang ilmiah, ekstrak daun sirih menawarkan bukti kuat sebagai agen antibakteri alami terhadap bakteri patogen padi. Data empiris menunjukkan adanya hubungan positif antara konsentrasi ekstrak dengan zona hambat pertumbuhan bakteri. Penelitian *in vitro* dan *in vivo* sama-sama mendukung klaim bahwa daun sirih dapat menekan insidensi penyakit hawar daun bakteri. Namun, efektivitas tersebut tetap harus dipahami dalam konteks keterbatasan teknis dan ekonomis. Kritik yang membangun diperlukan agar pendekatan ini dapat disempurnakan.

Efektivitas ekstrak daun sirih dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen padi cukup signifikan, meskipun masih menghadapi sejumlah tantangan. Faktor konsentrasi, metode ekstraksi, kondisi penyimpanan, dan lingkungan menjadi variabel yang menentukan. Dibandingkan pestisida kimia, ekstrak daun sirih lebih aman dan ramah lingkungan, namun perlu inovasi agar lebih efisien. Dengan riset berkelanjutan, teknologi formulasi yang tepat, serta dukungan kebijakan, ekstrak daun sirih berpotensi menjadi solusi strategis dalam pertanian modern. Penggunaannya tidak hanya relevan secara akademis, tetapi juga penting dalam konteks praktis dan keberlanjutan pertanian.

Kritik atas Pendekatan Biologis dalam Pengendalian Penyakit Tanaman

Pendekatan biologis dalam pengendalian penyakit tanaman sering dipuji sebagai solusi ramah lingkungan yang berkelanjutan. Namun, dalam praktiknya terdapat sejumlah kelemahan yang harus dicermati secara kritis. Salah satu kendala utama adalah ketidakstabilan kandungan senyawa bioaktif pada ekstrak tumbuhan seperti daun sirih. Variabilitas tersebut dapat disebabkan oleh faktor umur tanaman, lokasi tumbuh, hingga kondisi iklim. Hal ini berimplikasi pada kesulitan dalam menjamin efektivitas yang konsisten di lapangan (Ikhsan, et al., 2025).

Perbedaan metode ekstraksi turut memperbesar variasi efektivitas ekstrak biologis. Ekstraksi menggunakan pelarut etanol, misalnya, menghasilkan kandungan fenolik lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut air. Namun, tidak semua petani memiliki akses terhadap metode ekstraksi yang canggih. Hal ini menimbulkan ketidakmerataan kualitas hasil ekstrak yang digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman. Konsistensi efektivitas menjadi tantangan serius dalam penerapan pendekatan biologis. Selain masalah konsistensi, daya simpan ekstrak biologis juga tergolong rendah. Senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya mudah terdegradasi apabila terpapar cahaya, udara, atau suhu tinggi. Kondisi ini menyebabkan efektivitas ekstrak menurun drastis setelah penyimpanan beberapa hari. Dibandingkan pestisida kimia yang memiliki stabilitas hingga berbulan-bulan, ekstrak daun sirih memiliki keterbatasan besar dalam aspek kepraktisan. Pengelolaan penyimpanan menjadi hal yang penting namun juga membebani pengguna (Mun'im & Ahmad, 2023).

Keterbatasan daya simpan ekstrak menuntut adanya teknologi formulasi yang memadai. Beberapa penelitian telah mencoba menggunakan teknik enkapsulasi untuk meningkatkan stabilitas senyawa aktif. Namun, teknologi tersebut membutuhkan biaya tinggi dan sulit diterapkan pada skala petani kecil. Hal ini menimbulkan dilema antara kebutuhan akan efektivitas dan keterjangkauan biaya. Kritik utama terhadap pendekatan biologis adalah kurangnya kesiapan teknologi pendukung di tingkat praktis. Dari sisi ekonomi, biaya produksi ekstrak biologis sering kali lebih tinggi dibandingkan pestisida kimia. Proses pengumpulan bahan baku, ekstraksi, hingga penyimpanan memerlukan tenaga dan sumber daya yang besar. Berbeda dengan pestisida kimia yang diproduksi massal dengan biaya yang lebih efisien. Hal ini menyebabkan harga produk biologis menjadi kurang kompetitif di pasar pertanian. Adopsi ekstrak daun sirih masih terhambat oleh faktor ekonomi yang signifikan. Selain faktor biaya, ketersediaan bahan baku juga menjadi isu penting dalam pengembangan pendekatan biologis. Daun sirih memang banyak dijumpai, tetapi permintaan skala besar untuk pertanian dapat mengganggu keseimbangan ekologi lokal. Eksploitasi tanaman dalam jumlah masif dikhawatirkan menimbulkan masalah baru, seperti degradasi lahan atau penurunan keanekaragaman hayati. Hal ini bertentangan dengan prinsip keberlanjutan yang menjadi tujuan utama pengendalian biologis. Produksi ekstrak perlu mempertimbangkan aspek ekologi yang lebih luas (Issusilaningtyas, et al., 2024).

Efektivitas ekstrak biologis dianggap masih belum sebanding dengan pestisida kimia. Petani membutuhkan solusi yang cepat, praktis, dan murah untuk mengendalikan penyakit tanaman. Sementara itu, ekstrak daun sirih memerlukan konsentrasi tinggi, aplikasi berulang, serta teknik penyimpanan khusus. Faktor ini membuat sebagian besar petani enggan beralih ke pendekatan biologis. Dengan demikian, meskipun potensinya besar, adopsi di tingkat lapangan masih sangat terbatas. Kritik berikutnya terkait dengan keterbatasan penelitian yang masih dominan pada skala laboratorium (*in vitro*). Banyak hasil penelitian menunjukkan efektivitas ekstrak daun sirih dalam menghambat bakteri

patogen di cawan petri (Wahyuni, 2016). Namun, kondisi lapangan jauh lebih kompleks dengan pengaruh iklim, tanah, dan interaksi organisme lain. Hal ini membuat hasil penelitian laboratorium sering tidak sepenuhnya relevan dengan kenyataan di lapangan. Maka, perlu dilakukan lebih banyak penelitian *in vivo* dalam kondisi pertanian nyata.

Selain tantangan teknis, pendekatan biologis juga menghadapi hambatan kelembagaan. Dukungan kebijakan dari pemerintah terkait riset, regulasi, dan distribusi produk biologis masih minim. Berbeda dengan pestisida kimia yang telah memiliki standar jelas, produk biologis sering tidak memiliki payung hukum yang kuat. Kondisi ini membuat adopsi di tingkat petani kurang mendapatkan dorongan. Tanpa kebijakan yang mendukung, pengembangan ekstrak daun sirih sebagai agen biologis sulit berkembang luas (Alfitri, 2022). Kritik lain yang perlu dicatat adalah potensi resistensi patogen terhadap senyawa bioaktif. Sama halnya dengan pestisida kimia, penggunaan ekstrak secara terus-menerus berisiko menimbulkan adaptasi pada bakteri patogen. Hal ini dapat mengurangi efektivitas ekstrak di masa depan. Oleh sebab itu, pendekatan biologis tidak bisa dianggap sebagai solusi tunggal. Sebaliknya, ekstrak daun sirih harus diposisikan sebagai bagian dari strategi pengendalian terpadu.

Pengendalian terpadu atau *integrated pest management* (IPM) dapat menjadi solusi atas keterbatasan pendekatan biologis. Ekstrak daun sirih bisa digunakan bersamaan dengan metode kultur teknis dan varietas tahan penyakit. Dengan cara ini, efektivitasnya dapat ditingkatkan tanpa harus mengandalkan satu metode saja. IPM juga memungkinkan pengendalian yang lebih adaptif terhadap variasi kondisi lingkungan (Rahmah, 2018). Kritik terhadap pendekatan biologis sebaiknya diikuti dengan integrasi strategi lain. Pendekatan biologis juga menghadapi kritik dari sisi keberlanjutan pasokan. Produksi ekstrak dalam jumlah besar memerlukan rantai pasok yang stabil, mulai dari bahan baku hingga distribusi. Jika salah satu komponen terganggu, maka penyediaan ekstrak akan terhambat. Hal ini menimbulkan risiko ketergantungan yang dapat merugikan petani. Keberlanjutan pasokan harus dipertimbangkan dalam perencanaan jangka panjang.

Kritik juga muncul dari aspek penelitian yang masih fragmentaris. Sebagian besar kajian hanya fokus pada efektivitas antibakteri, tanpa mengevaluasi aspek ekonomi dan sosial. Padahal, adopsi teknologi di tingkat petani dipengaruhi oleh banyak faktor non-teknis. Dengan tidak adanya kajian holistik, pendekatan biologis berisiko gagal diterapkan meskipun hasil ilmiahnya menjanjikan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan multidisiplin dalam penelitian terkait ekstrak daun sirih. Faktor cuaca menjadi hambatan besar dalam penerapan ekstrak biologis. Curah hujan tinggi dapat mengurangi efektivitas karena ekstrak mudah tercuci dari permukaan daun (Soedarto & Ainiyah, 2022). Kondisi kelembaban ekstrem juga dapat mempercepat degradasi senyawa aktif. Hal ini menjadikan efektivitas ekstrak daun sirih sangat bergantung pada faktor eksternal yang sulit dikendalikan. Maka, kritik utama adalah rendahnya ketahanan ekstrak terhadap variabilitas lingkungan.

Selain cuaca, faktor teknis dalam aplikasi juga memengaruhi efektivitas. Ekstrak daun sirih sering memerlukan frekuensi penyemprotan lebih sering dibandingkan pestisida kimia. Hal ini tentu menambah beban kerja petani dan meningkatkan biaya operasional. Petani yang memiliki keterbatasan tenaga kerja akan kesulitan mengikuti pola aplikasi semacam ini. Dengan demikian, penggunaan ekstrak sering dianggap tidak efisien dalam praktik pertanian sehari-hari. Pendekatan biologis juga menghadapi kendala dalam hal penerimaan pasar. Produk pertanian yang menggunakan bahan pengendali biologis sering kali belum memiliki nilai tambah ekonomi yang signifikan. Konsumen jarang bersedia membayar lebih untuk produk yang dihasilkan dengan cara ramah lingkungan. Hal ini membuat petani kurang termotivasi untuk mengadopsi pendekatan biologis. Strategi pemasaran juga perlu diperhatikan dalam pengembangan ekstrak daun sirih (Arwati, 2018).

Dari perspektif akademis, kritik yang sering muncul adalah kurangnya replikasi penelitian dalam kondisi berbeda. Sebagian besar studi dilakukan di laboratorium dengan kondisi terkendali. Tanpa uji lapangan di berbagai daerah, sulit untuk memastikan generalisasi hasil penelitian. Hal ini berpotensi menimbulkan bias dalam penilaian efektivitas. Maka, perlu ada penelitian lintas wilayah dan lintas musim untuk mendapatkan kesimpulan yang lebih valid. Kritik lainnya terkait dengan aspek keamanan penggunaan ekstrak dalam jangka panjang. Meskipun dianggap aman, potensi efek samping terhadap organisme non-target belum sepenuhnya diteliti. Beberapa senyawa fenolik dapat memengaruhi mikroorganisme tanah yang bermanfaat. Hal ini berpotensi menimbulkan dampak ekologis yang tidak diinginkan. Maka, penelitian toksisitas ekstrak daun sirih menjadi penting sebelum digunakan secara luas.

Pendekatan biologis melalui ekstrak daun sirih juga menuntut perubahan paradigma dalam praktik pertanian. Petani yang terbiasa dengan penggunaan pestisida kimia harus mengubah pola pikir dan kebiasaannya. Perubahan ini tidak mudah karena membutuhkan edukasi, pelatihan, dan pendampingan. Tanpa dukungan tersebut, kritik terhadap rendahnya adopsi pendekatan biologis akan tetap relevan. Strategi sosialisasi harus menjadi bagian integral dari program penerapan. Kritik terhadap pendekatan biologis dalam pengendalian penyakit tanaman menekankan pentingnya realisme dalam penerapan. Meskipun memiliki potensi besar, ekstrak daun sirih masih menghadapi tantangan teknis, ekonomis, ekologis, dan sosial. Pendekatan ini sebaiknya tidak dipandang sebagai solusi tunggal, melainkan sebagai bagian dari strategi pengendalian terpadu. Dengan riset lanjutan, dukungan kebijakan, dan teknologi yang memadai, keterbatasan ini dapat diatasi secara bertahap. Kritik yang konstruktif justru menjadi kunci agar pendekatan biologis dapat berkembang secara lebih realistis dan aplikatif.

KESIMPULAN

Ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) memiliki efektivitas signifikan dalam menekan pertumbuhan bakteri patogen padi, terutama *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, dan minyak atsiri terbukti mampu merusak struktur sel bakteri sehingga mengurangi intensitas infeksi. Uji *in vitro* memperlihatkan peningkatan zona hambat seiring kenaikan konsentrasi, sementara uji *in vivo* menunjukkan penurunan insidensi penyakit hingga 40%. Temuan ini menegaskan peran ekstrak daun sirih sebagai agen biologis potensial yang mendukung pengendalian hayati dalam sistem pertanian berkelanjutan. Keterbatasan tetap muncul, seperti variasi kandungan bioaktif akibat faktor lingkungan, rendahnya stabilitas senyawa, serta biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan pestisida kimia. Faktor-faktor ini dapat memengaruhi efektivitas aplikasi di lapangan sehingga memerlukan solusi melalui standarisasi metode ekstraksi, formulasi penyimpanan yang tepat, dan inovasi teknologi, termasuk nanoenkapsulasi. Dukungan kebijakan pemerintah serta penelitian lanjutan juga sangat dibutuhkan agar pemanfaatan ekstrak daun sirih dapat diintegrasikan ke praktik pertanian modern. Dengan demikian, ekstrak daun sirih memiliki peluang besar sebagai alternatif strategis dalam pengendalian penyakit tanaman sekaligus mendukung ketahanan pangan berkelanjutan.

Pendekatan biologis menggunakan ekstrak daun sirih terbukti memiliki potensi sebagai alternatif ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit tanaman. Namun, efektivitasnya masih terkendala oleh faktor teknis, seperti variasi kandungan senyawa bioaktif, daya simpan yang singkat, serta degradasi komponen aktif. Selain itu, biaya produksi dalam skala besar juga relatif tinggi dibandingkan dengan pestisida kimia, sehingga menimbulkan masalah dalam penerapan praktis di tingkat petani (Lestari, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas biologis belum sepenuhnya dapat diandalkan sebagai solusi tunggal. Pendekatan biologis tetap penting dalam kerangka pertanian berkelanjutan jika diintegrasikan dengan strategi pengendalian lain. Upaya inovasi teknologi, seperti formulasi stabil dan metode produksi yang efisien, dapat meningkatkan daya saing ekstrak biologis di lapangan. Dukungan riset lanjutan dan kebijakan pemerintah juga diperlukan untuk memperkuat peran biologis dalam mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia. Dengan demikian, pendekatan ini lebih tepat diposisikan sebagai pelengkap, bukan pengganti total, dalam strategi modern pengendalian penyakit tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfitri, T. (2022). Comparison of the effects of green betel leaf (*Piper betle*) and red betel leaf (*Piper crocatum*) extracts on the growth of *Staphylococcus aureus* bacteria. *International Journal of Nursing and Midwifery Research*, 1(1), 19–26.
- Anggrayani, S., Rahmawati, L., & Anshori, M. (2021). Insidensi dan keparahan penyakit blas (*Pyricularia oryzae*) dan hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) pada tanaman padi di Desa Gebang dan Kuripan, Kota Pekalongan, Jawa Tengah. *IPB Repository*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/105816>
- Barimbing, A. F. (2022). Uji ekstrak daun sirih (*Piper betle* L), biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L) Jacq) dan daun serai wangi (*Cymbopogon nardus*) dalam mengendalikan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi (*Oryza sativa*) secara *in vitro* (Thesis). Universitas [Nama universitas tidak tercantum].
- Budi, R. S. (2021). *Eksplorasi & konservasi sumberdaya genetik padi lokal Sumut*. CV Azka Pustaka.

- Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kabupaten Purworejo. (n.d.). Kehilangan hasil akibat serangan hawar daun bakteri pada tanaman padi. DKPP Purworejo. <https://dkpp.purworejokab.go.id>
- Fathoni, D. S., Fadhilah, I., & Kaavessina, M. (2019). Efektivitas ekstrak daun sirih sebagai bahan aktif antibakteri dalam gel hand sanitizer non-alkohol. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 3(1), 9–14. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v3i1.43215>
- Geofani, C., Septianingrum, N. M. A. N., & Dianita, P. S. (2022). Literature review: Efektivitas daya hambat antibakteri tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. *Borobudur Pharmacy Review*, 2(2), 36–49. <https://doi.org/10.31603/bphr.v2i2.6699>
- Hayyudiah, R., Nurdin, A. Z., & Syamsu, R. F. (2024). Literature review: Manfaat dan bioaktivitas daun sirih (*Piper betle* L.) sebagai antibakteri. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 4(3), 248–258. <https://doi.org/10.33096/fmj.v4i3.387>
- Ikhsan, Z., Sepsamli, L., Yulianti, R., Rosida, N., Ibrahim, E., Laeshita, P., ... & Lathifah, N. (2025). *Pengendalian hayati dan pengelolaan habitat*. PT Penerbit Qriset Indonesia.
- Issusilaningtyas, E., Yulianto, A. N., Rochmah, N. N., Pertiwi, Y., Faoziyah, A. R., Sari, W. Y., & Balfas, R. F. (2024). *Teknologi farmasi bahan alam*. Tohar Media.
- Jayalakshmi, B., Raveesha, K. A., Shrisha, D. L., Nagabhushan, N., & Amruthesh, K. N. (2013). Evaluation of *Piper betle* L. leaf extracts for biocontrol of important phytopathogenic bacteria. [Conference paper].
- Lubis, R. R., & Wahyuni, D. D. (2020). Antibacterial activity of betle leaf (*Piper betle* L.) extract on inhibiting *Staphylococcus aureus* in conjunctivitis patient. *American Journal of Clinical and Experimental Immunology*, 9(1), 1–7.
- Maharani, A., & Hakim, A. (2025). Perbandingan kadar metabolit sekunder ekstrak daun sirih cina (*Peperomia pellucida* L. Kunth) berdasarkan faktor intensitas cahaya untuk mendukung perkuliahan kimia bahan alam. *Chemistry Education Practice*, 8(1), 205–213. <https://doi.org/10.29303/cep.v8i1.6743>
- Malini, N. (2022). *Penggunaan kompos trico rumen sapi dan pestisida daun sirih terhadap pertumbuhan serta produksi tanaman tomat (Lycopersicum esculentum Mill)* (Doctoral dissertation). Universitas Islam Riau.
- Mulun, C. I., Razoki, R., & Novriani, E. (2025). Evaluasi formulasi sediaan floating mikroenkapsulasi yang mengandung ekstrak etanol herba sirih cina (*Peperomia pellucida* L.). *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kesehatan*, 4(2), 469–484. <https://doi.org/10.55606/jurrikes.v4i2.5659>
- Mun'im, A., & Ahmad, I. (2023). *Aplikasi teknik ekstraksi hijau pada pengembangan obat herbal*. Deepublish.
- Ningrum, Y. E. M. (2023). *Efektivitas ekstrak daun sirih merah (Piper crocatum) dan sirih hijau (Piper betle L.) sebagai alternatif alami antibakteri* (Doctoral dissertation). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Politeknik Negeri Jember. (n.d.). Kejadian penyakit hawar daun bakteri (HDB) pada pola tanam System of Rice Intensification (SRI) dan jajar legowo di Karawang. *Proceedings Polije*. <https://proceedings.polije.ac.id>
- Prasetya, F., Salam, S., Rahmadani, A., Haikal, K., Febrina, L., Anshory, H., ... & Kuncoro, H. (2021). Novel amides derivative with antimicrobial activity of *Piper betle* var. *nigra* leaves from Indonesia. *Molecules*, 26(2), 335. <https://doi.org/10.3390/molecules26020335>
- Puspitawati, D. P. P. (2025). *Uji aktivitas antibakteri ekstrak tunggal dan ekstrak kombinasi daun kemangi (Ocimum sanctum L) dan daun kenikir (Cosmos caudatus Kunth) terhadap bakteri Escherichia coli* (Doctoral dissertation). Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong.
- Rahmah, N., & KN, A. R. (2018). Uji fungistatik ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) terhadap *Candida albicans*. *Bioscientiae*, 7(2), 115–122.
- Sadih, H. H., Cahyadi, A. I., & Windria, S. (2022). Kajian daun sirih hijau (*Piper betle* L) sebagai antibakteri. *Jurnal Sain Veteriner*, 40(2), 128–138. <https://doi.org/10.22146/jsv.58745>
- Singh, T., Singh, P., Pandey, V. K., Singh, R., & Dar, A. H. (2023). A literature review on bioactive properties of betel leaf (*Piper betle* L.) and its applications in food industry. *Food Chemistry Advances*, 3, 100536. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100536>
- Sitti Arwati, S. P. (2018). *Pengantar ilmu pertanian berkelanjutan*. Penerbit Inti Mediatama.
- Soedarto, T., & Ainiyah, R. K. (2022). *Teknologi pertanian menjadi petani inovatif 5.0: Transisi menuju pertanian modern*. Uwais Inspirasi Indonesia.

- Sulistiwa, T. M. (2024). *Uji ekstrak tanaman kemangi (Ocimum basilicum) dan tanaman sirih hijau (Piper betle) dalam mengendalikan penyebab penyakit hawar daun bakteri (Xanthomonas oryzae pv. oryzae) pada tanaman padi (Oryza sativa L.) secara in vitro* (Doctoral dissertation). Universitas Medan Area. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/24587>
- Wahyuni, D. (2016). *Toksisitas ekstrak tanaman sebagai bahan dasar biopestisida baru pembasmi larva nyamuk Aedes aegypti L. (ekstrak daun sirih, ekstrak biji pepaya, dan ekstrak biji srikaya) berdasarkan hasil penelitian: Buku referensi*. Media Nusa Creative.
- Wibawa, B. M. (2022). *Daya insektisida rimpang kencur (Kaempferia galangal L.), cengkeh (Syzygium aromaticum), kulit jeruk purut (Citrus hystrix) dan daun sirih (Piper betle Linn) terhadap kutu beras (Sitophilus oryzae)* (Doctoral dissertation). Universitas Medan Area.
- Yuliani, E., Anshori, M., & Setiawan, H. (2017). *Dinamika penyakit-penyakit tanaman padi pada waktu tanam berbeda di Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi)*. <https://repository.pertanian.go.id>