



Uji Efektivitas Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) untuk Menghambat Pertumbuhan Jamur *Geotrichum* sp. Penyebab Penyakit Busuk Asam pada Umbi Wortel

Ardita Dia Utami*, Dewa Ngurah Suprpta, I Made Sudarma

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana,
Jl. PB. Sudirman, Denpasar Bali 80231, Indonesia

*Corresponding author: ardita.utm@gmail.com

ABSTRACT

Effectiveness of Green Betel Leaf Extract (*Piper betle* L.) to Inhibit the Growth of the Fungus *Geotrichum* sp. the Causes of Sour Rot Disease in Carrot Tuber. Sour rot disease caused by the fungus *Geotrichum* sp. is one of the main postharvest diseases that can greatly reduce carrot production in the world. Until now, synthetic fungicides are still used to control sour rot disease. To reduce the use of synthetic fungicides, control of sour rot disease can be done by using botanical pesticides that are environmentally friendly because they are made from natural ingredients. Green betel leaf is one of the plants whose extract can be used as a botanical fungicide. This study aims to test the effectiveness of green betel leaf extract against the fungus *Geotrichum* sp. causing sour rot disease in carrot. Colony tests used eight concentrations of extracts, namely 0.8%; 0.16%; 0.32%; 0.40%; 0.48%; 0.56%; 0.64% and control. The *in vivo* test used five concentrations, namely 0.5%; 1%; 1.5%; 2%; 2.5% and control. The results showed that the concentration of green betel leaf extract as low as 0.48% significantly ($p < 0.05$) suppressed the growth of *Geotrichum* sp. fungus on PDA medium, which means it is feasible to be used as a botanical fungicide. The results of *in vivo* test showed that, treatment with green betel leaf extract at concentration of 2.5% significantly ($p < 0.05$) reduced the sour rot disease on carrot tuber caused by *Geotrichum* sp. This treatment could reduced the sour rot disease on carrot tubers by 56.01% compared to the control.

Keywords: green betel leaf extract, *Geotrichum* sp., sour rot disease, carrot

PENDAHULUAN

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan salah satu sayuran akar yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia karena memiliki banyak manfaat sehingga permintaan wortel terus meningkat dan harga jual yang tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2020 produksi wortel sebesar 1.851 ton, sementara

tahun 2021 mengalami penurunan menjadi 1.780 ton. Salah satu faktor pembatas dalam penyimpanan komoditas wortel hasil panen adalah kerentanan produk terserang penyakit pascapanen.

Salah satu penyakit pascapanen yang terjadi pada umbi wortel adalah busuk asam yang disebabkan oleh jamur *Geotrichum* sp. Penyakit busuk asam merupakan salah satu

penyakit penting pascapanen pada buah yang sudah masak atau matang. Penyakit tersebut apabila tak dikendalikan dapat menyebabkan kerugian kualitas buah yang serius.

Pengendalian terhadap penyakit busuk asam sampai saat ini masih menggunakan fungisida sintetik karena penggunaannya secara cepat dan praktis, namun penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan efek samping terutama gangguan pada kesehatan manusia, pencemaran lingkungan, dan berkembangnya jamur patogen yang resisten terhadap fungisida.

Dalam upaya menggantikan peran fungisida sintetik, beberapa penelitian telah dilakukan untuk tujuan pengendalian penyakit pada tanaman akibat jamur patogen menggunakan fungisida nabati. Fungisida nabati bersifat ramah lingkungan karena terbuat dari bahan alami atau nabati, maka jenis pestisida ini bersifat mudah terurai (*bio-degradable*) di alam, sehingga tak mencemari lingkungan dan relatif aman bagi manusia dan ternak peliharaan, karena residu (sisa-sisa zat) mudah hilang (Syakir, 2011).

Banyak tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai fungisida nabati, salah satu diantaranya adalah daun sirih hijau. Kandungan kimia daun sirih hijau antara lain yaitu saponin, flavonoid, polifenol, dan minyak atsiri (Carolia et al., 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui efektivitas ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle* L.) dalam menghambat pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. penyebab penyakit busuk asam pada umbi wortel (*Daucus carota* L.) secara *in vitro*. (2) mengetahui efektivitas ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle* L.) dalam menghambat penyakit busuk asam pada umbi wortel (*Daucus carota* L.) secara *in vivo*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biopestisida Fakultas Pertanian

Universitas Udayana. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2023 sampai dengan bulan Juli 2024. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan Petri, labu erlenmeyer, timbangan elektrik, gelas ukur, autoklaf, *Laminar Air Flow*, lampu busen, kompor, mikroskop, mikropipet, kaca preparat, pinset, kertas label, blender, plastik, pisau, gunting, kamera, *hand sprayer*, jarum ose, *cork borer*, tisu steril, kertas saring, nampan plastik, dan *rotary vacuum evaporator*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat jamur *Geotrichum* sp., wortel (*Daucus carota* L.), media *Potato Dextrose Agar* (PDA), daun sirih hijau (*Piper betle* L.), metanol, alkohol 70 %, air steril, dan levofloxacin 500 mg.

Isolat Jamur *Geotrichum* sp.

Isolat jamur *Geotrichum* sp. yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari koleksi Laboratorium Biopestisida, Fakultas Pertanian Universitas Udayana yang sudah diidentifikasi secara molekuler berdasarkan analisis gen. Isolat diremajakan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) pada cawan Petri. Miselia jamur pada pinggir koloni (bagian yang paling aktif tumbuh) diambil menggunakan *cork borer*, kemudian di tumbuhkan pada media PDA dan diinkubasi pada suhu ruang. Isolat hasil peremajaan ini sudah siap digunakan untuk pengujian selanjutnya.

Pembuatan Ekstrak Daun Sirih Hijau

Daun sirih hijau (*Piper betle* L.) ditimbang sebanyak 200 gr, lalu dibilas dengan menggunakan air yang mengalir, kemudian ditiriskan dan dikeringanginkan selama 7 hari. Daun sirih hijau yang telah kering diblender hingga didapatkan serbuk kasar, kemudian diayak sehingga diperoleh serbuk halus. Serbuk halus daun sirih direndam dengan metanol dengan perbandingan 1:10 (berat/volume) di dalam labu erlenmeyer dan dimaserasi selama 2 x 24 jam. Setelah proses

maserasi, ekstrak daun sirih selanjutnya disaring menggunakan kertas saring sehingga didapatkan filtrat cair daun sirih hijau dan ampasnya dibuang. Ekstrak tersebut kemudian dipekatkan agar diperoleh ekstrak murni menggunakan *rotary vacuum evaporator*.

Uji Aktivitas Antijamur dengan Metode Sumur Difusi

Cawan Petri diisi dengan 200 µl spora jamur *Geotrichum* sp. kemudian ditambahkan dengan 10 ml media PDA encer (suhu media sekitar 42-45°C) digoyangkan secara horizontal agar spora jamur dan media PDA tercampur merata. Setelah media memadat buat sumur difusi menggunakan *cork borer* sebanyak 2 buah pada setiap cawan Petri dan setiap sumur difusi diisi dengan ekstrak daun sirih hijau sebanyak 20 µl. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter zona hambatan yang terbentuk di sekitaran sumur difusi (Suriani, 2015). Terbentuknya daerah bening atau zona bening menandakan adanya penghambatan pertumbuhan mikroorganisme yang dilakukan larutan uji pada media agar (Balouri *et al.*, 2011).

Uji Persentase Daya Hambat Ekstrak Daun Sirih Hijau Terhadap Pertumbuhan Koloni Jamur *Geotrichum* sp.

Pengujian dilakukan dengan melakukan uji antagonis secara *in vitro*. Ekstrak daun sirih hijau dicampurkan dengan media PDA sehingga mencapai konsentrasi 0,08%; 0,16%; 0,24%; 0,32%; 0,40%; 0,48%; 0,56%; 0,64% dan kontrol, lalu digoyangkan horizontal hingga merata. PDA tanpa dicampur ekstrak daun sirih hijau digunakan sebagai kontrol. Setelah media memadat, miselia jamur yang diambil dari koloni jamur biakan murni menggunakan *cork borer* diletakkan pada bagian tengah cawan Petri menggunakan jarum ose. Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan jumlah perlakuan

yaitu konsentrasi ekstrak sebanyak 9 perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Biakan ini diinkubasi pada tempat gelap pada suhu ruang selama 7 hari dan dilakukan pengukuran persentase daya hambat dilakukan ketika jamur kontrol telah memenuhi cawan Petri. Daya hambat perlakuan ekstrak dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suprpta, 2014):

$$I (\%) = \frac{\text{diameter koloni jamur kontrol} - \text{diameter koloni jamur perlakuan}}{\text{diameter koloni jamur kontrol}} \times 100\%$$

(I = Inhibitory (Daya hambat) dalam persen)

Uji Efektivitas Ekstrak Daun Sirih Hijau Secara *in vivo* Pada Wortel

Uji efektivitas ekstrak daun sirih hijau secara *in vivo* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan konsentrasi ekstrak 0,5%; 1%; 1,5%; 2%; 2,5% dan kontrol. Setiap perlakuan diuji coba menggunakan 3 buah wortel sehat dan diulang sebanyak 4 ulangan. Wortel dibersihkan dan disterilkan dengan alkohol 70% kemudian dibilas air steril. Wortel ditaruh pada nampan plastik, ditusuk dengan menggunakan jarum sebanyak 2 titik pada bagian umbi wortel. Wortel disemprot dengan masing-masing konsentrasi ekstrak daun sirih hijau, kemudian diinokulasikan jamur *Geotrichum* sp. Nampan kemudian ditutup dengan *wrapping plastic sheet*. Kemudian dilakukan pengukuran persentase daya hambat setelah perlakuan kontrol menunjukkan gejala penyakit busuk asam.

Analisis Data

Semua data yang diperoleh dianalisa secara kuantitatif menggunakan *analysis of varians* (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila antara perlakuan yang diujikan terdapat perbedaan pengaruh yang nyata terhadap

variabel yang diamati, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolat Patogen Penyebab Penyakit Busuk Asam pada Umbi Wortel

Isolat *Geotrichum* sp. yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari koleksi Laboratorium Biopestisida, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana. Jamur hasil peremajaan isolat yang sudah tumbuh pada media PDA diidentifikasi dengan mengamati ciri makroskopis dan mikroskopis. Hasil pengamatan disajikan pada Gambar 1.

Koloni jamur *Geotrichum* sp. pada media PDA berwarna putih dan bagian dasar koloni juga berwarna putih. Bentuk tepi koloni bulat serta permukaan koloni halus, rata, dan hifa tipis. Koloni jamur ini sesuai dengan morfologi *Geotrichum* sp. menurut Indrawati et al. (2016) yaitu koloni *Geotrichum* tumbuh dengan cepat, berbentuk datar, berwarna putih hingga krem, dan halus.

Secara mikroskopis jamur *Geotrichum* sp. memiliki hifa bersekat dan percabangannya dikotom, konidia banyak dengan bentuk silindris, berwarna hialin (bening), dan bersel satu. Hal ini sesuai dengan ciri *Geotrichum* sp. yang dilaporkan oleh Samson et al. (1995) yaitu bentuk konidia *Geotrichum* sp. adalah silindris atau elips, hifa bersepta dengan percabangan dikotom. Menurut Irawan et al. (2014) *Geotrichum* sp. memiliki konidia (arthrospores) hialin yang berasal dari segmentasi hifa.

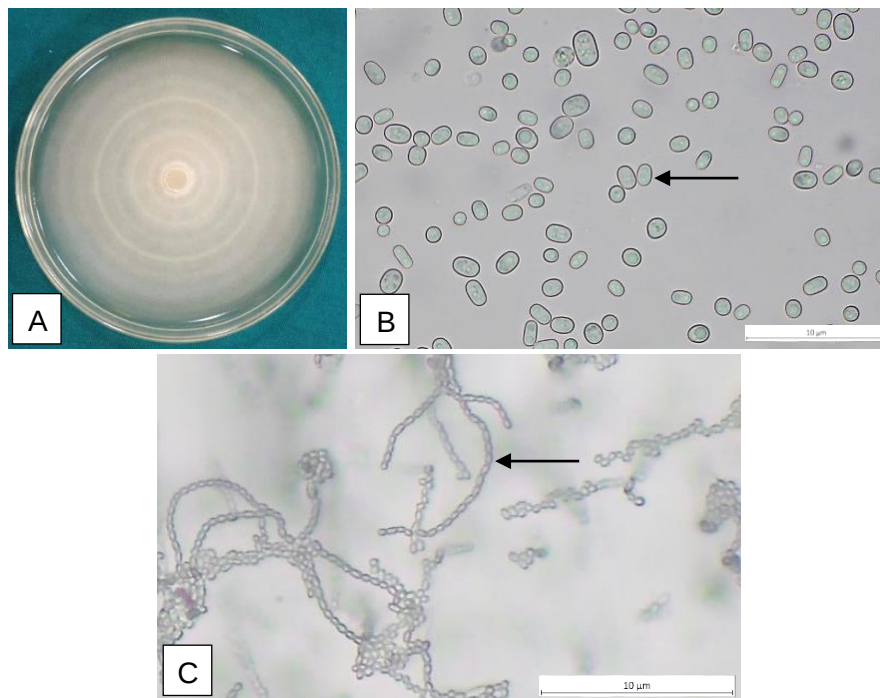
Aktivitas Antijamur dengan Metode Sumur Difusi

Berdasarkan hasil uji aktivitas antijamur dengan metode sumur difusi menunjukkan bahwa ekstrak kasar dari daun sirih hijau memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. pada media PDA (Gambar 2.). Daya hambat ekstrak daun sirih hijau terhadap pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. dapat dilihat dari zona bening yang terbentuk. Setelah jamur *Geotrichum* sp. tanpa ekstrak (kontrol) memenuhi petri, maka selanjutnya dilakukan pengukuran zona bening pada media dengan perlakuan ekstrak daun sirih hijau, sehingga didapatkan bahwa diameter zona hambat adalah 30,5 mm.

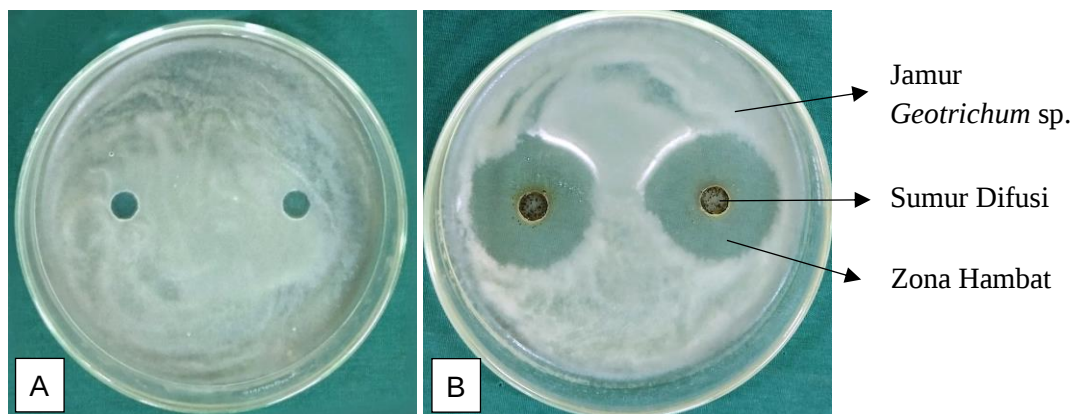
Diameter zona hambat dikelompokkan kriteria sensitivitas antijamur sesuai kriteria Davis and Stout (1971), diameter zona hambat < 5 mm dikategorikan lemah, 5-10 mm dikategorikan sedang, 10-20 mm kategori kuat, dan > 20 mm kategori sangat kuat. Berdasarkan kriteria tersebut, maka diameter zona hambat ekstrak daun sirih terhadap pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. termasuk kategori sangat kuat karena diameter zona hambat yang terbentuk ≥ 20 mm.. Dengan demikian, ekstrak daun sirih hijau layak untuk diuji lebih lanjut.

Daya Hambat Ekstrak Terhadap Pertumbuhan Koloni Jamur

Berdasarkan hasil uji daya hambat ekstrak daun sirih hijau terhadap pertumbuhan koloni jamur *Geotrichum* sp. pada media PDA, ekstrak daun sirih hijau mampu menekan pertumbuhan koloni jamur *Geotrichum* sp. Hasil uji daya hambat dengan 8 konsentrasi ekstrak daun sirih hijau terhadap pertumbuhan koloni jamur *Geotrichum* sp. disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 3.



Gambar 1. Ciri makroskopis dan mikroskopis jamur *Geotrichum* sp.
(A) Koloni jamur *Geotrichum* sp. pada media PDA umur 10 hari setelah inkubasi. (B) Konidia *Geotrichum* sp. pada wortel secara mikroskopis (panah). Bar = 10 µm. (C) Rantai arthroconidia terbentuk dari segmentasi hifa. Bar = 10 µm.



Gambar 2. Daya hambat ekstrak daun sirih hijau terhadap pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. pada media PDA. (A) Kontrol. (B) Perlakuan dengan ekstrak.

Tabel 1. Daya hambat ekstrak daun sirih hijau terhadap pertumbuhan koloni jamur *Geotrichum* sp.

No.	Konsentrasi Ekstrak (%)	Diameter koloni (mm)	Daya Hambat (%)
1.	Kontrol	90 f	-
2.	0,08	85 e	5,55
3.	0,16	81,33 de	9,63
4.	0,24	79 d	12,22
5.	0,32	60,33 c	32,96
6.	0,40	34,33 b	61,85
7.	0,48	0 a	100
8.	0,56	0 a	100
9.	0,64	0 a	100

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Jamur *Geotrichum* sp. pada kontrol tumbuh memenuhi cawan Petri. Sedangkan pada uji dengan perlakuan ekstrak daun sirih hijau dengan masing-masing konsentrasi ekstrak menunjukkan pertumbuhan koloni jamur yang semakin kecil seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak yang diberikan. Efektivitas daya hambat ditunjukkan dengan rendahnya nilai luas diameter koloni jamur *Geotrichum* sp. dan tingginya persentase daya hambat ekstrak daun sirih hijau terhadap pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. (Tabel 1.)

Konsentrasi 0,08% merupakan konsentrasi yang memiliki diameter koloni terbesar yaitu 85 mm dengan daya hambat terkecil sebesar 5,55 %. Konsentrasi 0,48%; 0,56%; dan 0,64% memiliki diameter koloni terkecil yaitu 0 mm dengan daya hambat terbesar sebesar 100%. Semakin meningkatnya konsentrasi ekstrak yang diujikan pada media, semakin besar jumlah ekstrak yang berdifusi ke dalam sel jamur, sehingga persentase daya hambatnya juga meningkat (Sitepu et al., 2012).

Menurut Kartika et al. (2003), persentase daya hambat dapat dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu lemah (1-25%),

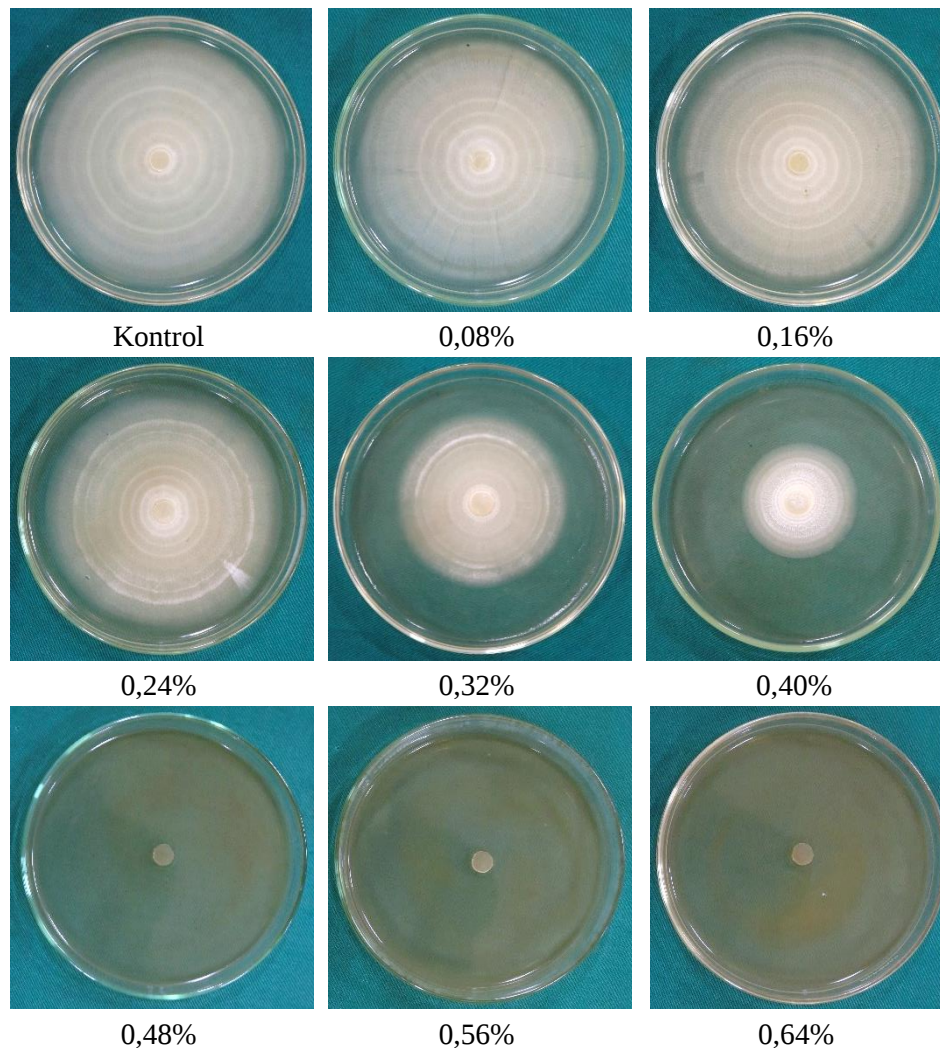
sedang (26-50%), kuat (51-75%), dan sangat kuat (>75%). Berdasarkan kategori persentase tersebut dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun sirih hijau konsentrasi 0,40% tergolong ke dalam persentase daya hambat kuat dan konsentrasi 0,48%; 0,56%; dan 0,64% tergolong ke dalam persentase daya hambat sangat kuat.

Efek antijamur ekstrak daun sirih hijau disebabkan karena daun sirih hijau mengandung minyak atsiri, dimana komponen utamanya terdiri atas fenol dan senyawa turunannya seperti kavikol, kavibetol, karvacol, eugenol, dan allilpyrocatechol (Adeltrudes et al., 2010). Selain minyak atsiri, daun sirih juga mengandung karoten, tiamin, riboflavin, asam nikotinat, vitamin C, tannin, gula, pati dan asam amino. Kandungan kimia karvakol, eugenol, dan saponin bekerja menghambat pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. dengan cara mengubah struktur dan menghambat dinding sel, sehingga meningkatkan permeabilitas membrane terhadap benda asing dan menyebabkan kematian sel (Tsair et al., 2008).

Kandungan yang paling berpengaruh sebagai senyawa yang bersifat anti fungi yang

terkandung dalam daun sirih hijau yaitu fenil propane (senyawa fenolik) (Rahmah *et al.*, 2010). Senyawa tersebut dapat menyebabkan denaturasi protein yaitu kerusakan struktur tersier protein penyusun dinding sel jamur sehingga akan mengakibatkan kelemahan fungsi protein dinding sel (Harman, 2013). Hal ini juga seperti yang dilaporkan oleh Achmad *et al.* (2009) bahwa senyawa fenol mampu memutuskan ikatan silang (*cross*

linkage) peptidoglikan dalam usahanya menerobos dinding sel jamur. Semakin banyak senyawa fenol yang terkandung di dalam daun sirih maka akan semakin banyak dinding sel yang akan dirusak, sehingga menyebabkan pertumbuhan jamur menjadi lambat dan mati. Sel jamur yang mati akan membentuk zona bening pada media pertumbuhan.



Gambar 3. Koloni jamur *Geotrichum* sp. pada media PDA yang diberi perlakuan beberapa konsentrasi ekstrak daun sirih hijau

Efektivitas Ekstrak Daun Sirih Hijau Secara *in vivo* pada Umbi Wortel

Hasil uji efektivitas ekstrak daun sirih hijau secara *in vivo* pada umbi wortel menunjukkan perbedaan pengaruh yang nyata terhadap daya hambat pertumbuhan koloni jamur dan kerusakan umbi wortel. Pemberian dari setiap konsentrasi ekstrak memiliki persentase daya hambat yang berbeda-beda baik daya hambat koloni maupun daya hambat kerusakan (Tabel 2 dan Gambar 4).

Tabel 2. menunjukkan bahwa masing-masing konsentrasi ekstrak daun sirih hijau memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan koloni jamur dan kerusakan umbi wortel. Konsentrasi 0,5 % memiliki daya hambat terkecil sebesar 12,31% dan 11,92%. Daya hambat tertinggi pada konsentrasi 2,5% sebesar 54,42% dan 56,01%. Pemberian ekstrak daun sirih hijau berpengaruh nyata terhadap diameter koloni atau kerusakan pada umbi wortel dibandingkan dengan kontrol.

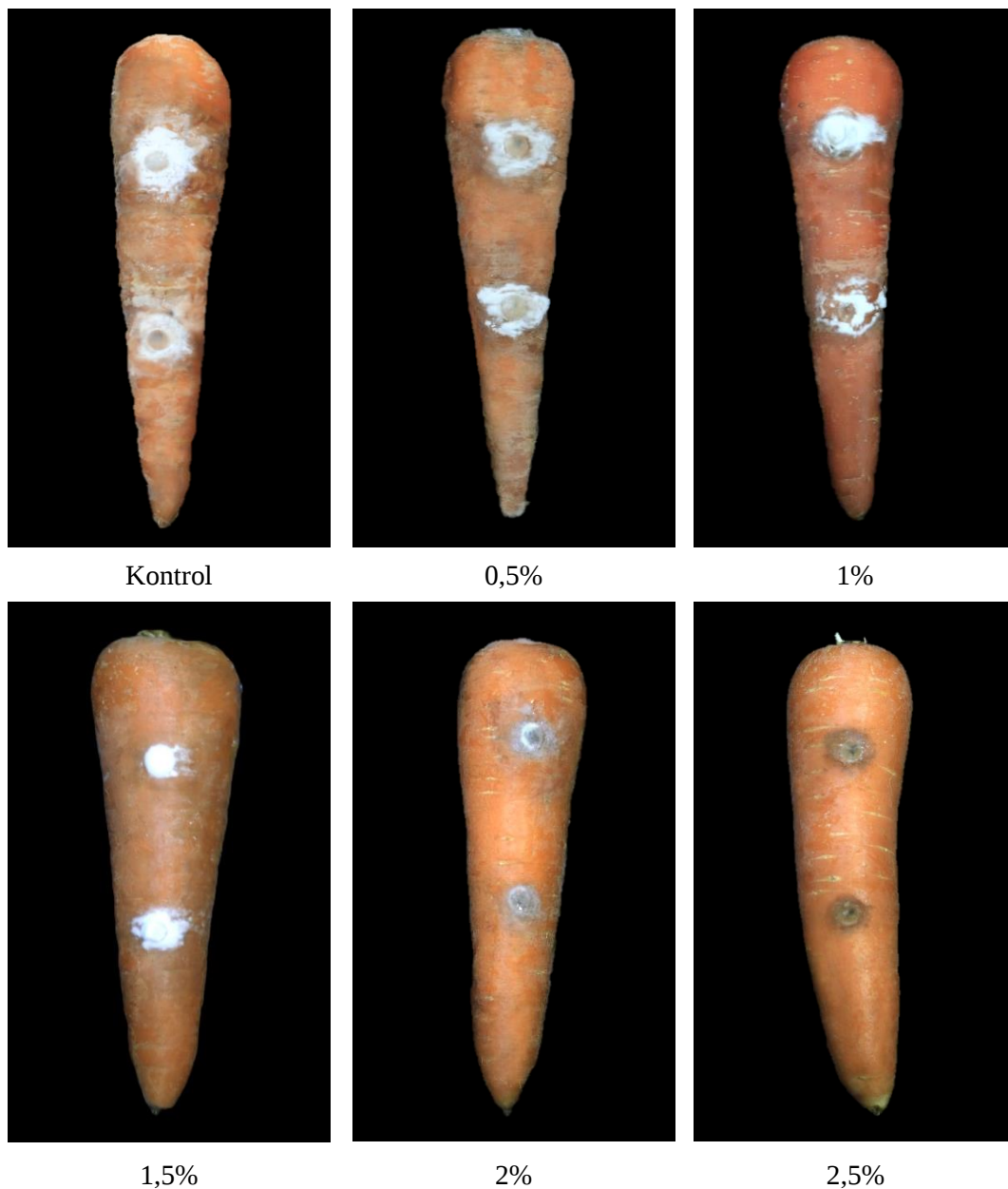
Adanya penghambatan pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. disebabkan oleh kandungan senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, serta minyak atsiri yang terdapat dalam ekstrak daun sirih hijau. Menurut Juriah *et al.* (2018), mekanisme kerja flavonoid dalam menghambat pertumbuhan jamur adalah dengan menyebabkan gangguan permeabilitas sel jamur. Gugus hidroksil pada senyawa flavonoid menyebabkan perubahan

komponen organik dan transport nutrisi, yang akhirnya mengakibatkan sel jamur menjadi lisis. Alkaloid berfungsi sebagai perusak membran dengan mekanisme menghambat sintesis asam nukleat dan mempengaruhi ergosterol pada jamur. Tanin mempunyai sifat sebagai pengelat berefek spasmolitik. Efek spasmolitik diduga dapat mengerutkan dinding sel jamur *Geotrichum* sp. sehingga mengganggu permeabilitas sel dan mengakibatkan sel tidak dapat melakukan aktifitas hidupnya yang akhirnya menyebabkan perumbuhan sel terhambat atau bahkan sel akan mati (Suraini *et al.* 2015). Saponin dapat mengakibatkan sel mikroba lisis dengan mengganggu stabilitas membran selnya. Minyak atsiri dapat mendenaturasi protein dan enzim pada dinding sel dan membran sel jamur, sehingga membran mengalami kebocoran dan menyebabkan minyak atsiri masuk ke dalam sel dan permeabilitas membran berkurang. Selanjutnya sel kehilangan kemampuan untuk berkembang biak dan terjadi lisis (Noveriza *et al.* 2010). Kandungan minyak atsiri daun sirih hijau dilaporkan memiliki daya antijamur. Salah satu cara menghambat pertumbuhan jamur ialah dengan cara menghambat proses pembentukan dinding sel atau dengan melisis dinding sel yang sudah terbentuk (Moeljanto *et al.*, 2003).

Tabel 2. Daya hambat ekstrak daun sirih hijau terhadap pertumbuhan jamur *Geotrichum* sp. dan kerusakan pada umbi wortel

No.	Konsentrasi Ekstrak (%)	Diameter koloni jamur (mm)	Daya hambat terhadap kontrol (%)	Diameter kerusakan umbi wortel (mm)	Daya hambat terhadap kontrol (%)
1.	Kontrol	21,33 d	-	38,08 e	-
2.	0,5	18,70 cd	12,31	28,25 d	11,92
3.	1	16,13 c	24,28	24,88 c	22,41
4.	1,5	12,76 b	40,24	20,91 b	34,68
5.	2	11,63 ab	45,56	18,15 b	43,48
6.	2,5	9,52 a	54,42	14,09 a	56,01

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.



Gambar 4. Gejala penyakit busuk asam pada umbi wortel yang disebabkan oleh jamur *Geotrichum* sp. yang diberi perlakuan beberapa konsentrasi ekstrak daun sirih hijau pada umbi wortel

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle* L.) efektif menghambat pertumbuhan koloni jamur *Geotrichum* sp. penyebab penyakit busuk asam pada umbi

wortel (*Daucus carota* L.) secara *in vitro* pada media PDA. Ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle* L.) efektif dalam menghambat penyakit busuk asam pada umbi wortel (*Daucus carota* L.) secara *in vivo*. Konsentrasi ekstrak 2,5 % dapat menghambat kerusakan umbi wortel oleh jamur *Geotrichum* sp. sebesar 56,01 %.

Saran yang diberikan yaitu perlu dilakukan uji lanjutan pada umbi wortel dengan skala yang lebih besar untuk mengetahui konsistensi efikasi ekstrak daun sirih hijau dalam menekan penyakit busuk asam pada umbi wortel pasca panen. Selain itu perlu dikembangkan formulasi ekstrak daun sirih hijau agar efektif dan efisien dalam mengendalikan penyakit busuk asam pada umbi wortel.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A., & Suryana, I. 2009. Pengujian aktivitas ekstrak daun sirih (*Piper betle* Linn.) terhadap *Rhizoctonia* sp. secara *in vitro*. *Bul littro*. 20(1): 92-98.
- Adeltrudes, B., Caburian., Marina, O., and Osi. 2010. Characterization and Evaluation of Antimicrobial Activity of the Essential Oil from the Leaves of *Piper* L. *E-International Scientific Research Journal*. 2(1): 2-13.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Produksi Tanaman Sayuran*. Sektor Hortikultura. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diakses 25 November 2023.
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibensouda, S. K. 2016. Methods for *In vitro* Evaluating Antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*. 6(2): 71-79
- Davis, W. W., and T. R. Stout. 1971. Disc plate methods of microbiological antibiotic assay. *Microbiology*. 22: 659-665.
- Harman, D. T. A. 2013. *Efektivitas Anti Bakteri Ekstrak Daun Sirih (Piper betle Linn) terhadap Bakteri Enterococcus faecalis (Penelitian In vitro)*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Indrawati, I., & Fakhrudin, S. D. 2016. Isolasi dan Identifikasi Jamur Patogen pada Air Sumur dan Air Sungai di Pemukiman Warga Desa Karangwangi, Cianjur, Jawa Barat. *Jurnal Biodjati*. 1(1): 27-38.
- Irawan, B., Kasiamdari, R. S., Sunarminto, B. H., dan Sutariningsih, E. 2014. Preparation Of Fungal Inoculum For Leaf Litter Composting From Selected Fungi. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 9(3): 89-94.
- Juriah, S., Irawan M.P. & Yuliana. 2018. Efektivitas ekstrak etanol kulit nanas (*Ananas comosus* L. Merr) terhadap *Trichopyton mentaghropytes*. *JOBS* 1: 8-9.
- Kartika, R. Syafi'i, W. & M. Hanafi. 2003. Aktivitas antijamur damar mata kucing. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*. 16(2): 81-89.
- Moeljanto, R.D., & Mulyono. 2003. *Buku Khasiat Dan Manfaat Daun Sirih obat mujarab dari masa ke masa*. Tangerang. PT Agromedia Pustaka.
- Noveriza, Nety, dan Miftahurohman. 2010. Efektivitas ekstrak methanol daun salam (*Eugenia poluantha*) dan daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) sebagai antijamur *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Litri*. 16(1): 6-11.
- Rahmah, N., dan Rahman, A. 2020. Uji Fungistatik Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.) terhadap *Candida albicans*. *Jurnal Bioscientae*. 7(2): 17-24.
- Samson, R. A., Hoekstra, E. S., Frisvad, J. C., and Filtenborg, O. 1995. *Introduction to Food Borne Fungi*. Ed ke-4. Ponsen & Looyen. Netherlands.
- Sitepu, I. S., I. K. Suada dan I. G. K. Susrama. 2012. Uji Aktivitas Antimikroba beberapa Ekstrak Bumbu Dapur terhadap Pertumbuhan Jamur *Curvularia lunata* (Wakk.) Boed. dan *Aspergillus flavus*. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 1(2): 107-114.
- Suprpta, D. N. 2014. *Pestisida Nabati: Potensi dan Prospek Pengembangan*. Pelawa Sari: Denpasar.
- Suraini, Chairani, dan Enlita. 2015. Uji aktivitas antijamur ekstrak gambir (*Uncaria gambir* Roxb) terhadap *Candida albicans* secara *in vitro*. *Scientia*. 5(2): 65-66.
- Suriani, N. L. 2015. Pemanfaatan ekstrak daun cabe hutan (*Piper caninum* Blume) untuk mengendalikan jamur *Pyricularia oryzae* Cav. penyebab penyakit blas pada padi (*Oryza sativa* L.). Disertasi. Universitas Udayana

- Syakir, M. 2011. *Status Penelitian Pestisida Nabati*. Makalah Disampaikan pada Seminar Nasional Pestisida Nabati IV (p 9-18). Jakarta.
- Tsair-Bor, Y., Shang-Tzen, C. 2008. Synergistic effects of cinnamaldehyde in combination with eugenol against wood decay fungi. *Bioresource Technology*. 99: 232-236