

Identifikasi Senyawa Antijamur dari Agens Hayati Rizoplan

KEZIA
KHAMDAN KHALIMI*)
TRISNA AGUNG PHABIOLA

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana
Jl. PB. Sudirman Denpasar 80362 Bali
*)Email: khamdankhalimi@yahoo.com

ABSTRACT

Identification of Antifungal Compounds From Biological Agents of Rhizoplan

Fusarium wilt disease that attacks plants is caused by *Fusarium oxysporum*, this disease can cause significant losses to plants. The use of rhizoplan bacteria is considered as an alternative to control fungal growth. The use of selective and environmentally friendly rhizoplan bacterial control. The purpose of this study was to identify antifungal compounds in bacterial rhizoplans. The results showed that rhizoplan bacteria were able to inhibit the growth of *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* fungal colonies on potato dextrose agar (PDA) media with an inhibition percentage of 88.24% when compared to the control. The results of the filtrate test of rhizoplan bacteria at a concentration of 50% were able to inhibit the growth of *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* with an inhibition percentage of 90.14%. The antifungal compounds produced by rhizoplan bacteria isolate RbJN10 on Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) analysis were Dihydro-3- (2H)-thiophenone; 2(5H)-Furanon; 2(3H)- Furanone,5-methyl; 2- Furancarboxaldehyde, 5-methyl; 2,5Dimethylfuran-3,4(2H, 5H)-dione; 2- Furancarboxylic Acid; Methyl 2-furoate; 1,2-Ethanadiol,1-(2-furanyl)-; 5- hydroxymethylfurfural.

Keyword: Fusarium wilt, Rhizoplan, F. oxysporum f.sp.lycopersici

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Bakteri rizoplan adalah bakteri yang melekat pada area epidermis akar dan korteks luar. Komunitas bakteri rizoplan lebih banyak dibandingkan dengan komunitas bakteri di bagian rizosfer. Bakteri di rizoplan ditentukan oleh ketersediaan nutrisi yang dihasilkan oleh perakaran tanaman. Nutrisi untuk pertumbuhan bakteri diperoleh dari eksudat yang diproduksi oleh akar tanaman. Eksudat akar ini mengandung berbagai senyawa, seperti asam amino, asam organik, gula, vitamin, purin dan enzim.

Bakteri rizoplan yang cepat membentuk koloni di epidermis akar, mampu memproduksi zat antagonis, mampu memproduksi komponen yang merangsang pertumbuhan tanaman, dikelompokkan dalam kelompok *plant growth promoting*

rhizobacteria (PGPR). PGPR adalah bakteri yang hidup di sekitar perakaran tanaman. Bakteri tersebut hidupnya secara berkoloni menyelimuti akar tanaman. Fungsi PGPR bagi tanaman yaitu mampu memacu pertumbuhan dan fisiologi akar serta mampu mengurangi penyakit atau kerusakan pada tanaman. Mekanisme yang digunakan PGPR untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dibagi menjadi 2 mekanisme, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Bakteri rizoplan dapat secara langsung meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memproduksi fitohormon, seperti indole acetic acid (IAA), giberelin dan sitokinin; memperbaiki nitrogen demikian juga sebagai pelarut fosfat yang tidak dapat diakses dalam tanah. Pengaruh tidak langsung dari pertumbuhan tanaman terjadi ketika PGPR mengurangi atau mencegah efek merusak dari satu atau lebih organisme fitopatogenik. Hal ini dapat terjadi dengan memproduksi zat antagonistik atau dengan menginduksi resistensi terhadap patogen.

Bakteri antagonis rizoplan menghambat pertumbuhan jamur patogen dengan menghasilkan antibiotik, enzim, dan toksin. Beberapa mikroba antagonis dari golongan bakteri telah dilaporkan mampu mengendalikan penyakit tanaman antara lain: bakteri *Pseudomonas flourecens* (Loekas dan Endang, 2010) dan *Bacillus* sp. (Reddy, 2014). Banyak berbagai jenis bakteri Gram positif sebagai mikroba antagonis yang berperan sebagai agensia pengendali hayati salah satunya dengan cara yaitu adanya senyawa antijamur yang dihasilkan oleh bakteri rizoplan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari 2021 hingga Juni 2021. Bertempat di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana dan pengambilan sampel dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Udayana serta di Laboratorium Forensik, Denpasar Barat sebagai tempat identifikasi senyawa.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah masker, *hand glove*, tisu, timbangan, pisau, panci, kompor gas, beaker glass, kain kasa, erlenmeyer, *laminar flow cabinet*, *autoclave*, cawan petri, penjepit, *cork borer*, api Bunsen, jarum *ose*, saringan, aluminium foil, plastik, alat tulis, kertas label, dan kamera. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* koleksi Lab Penyakit Tumbuhan, Bakteri antagonis Rizoplan yang diperoleh dari akar tanaman jeruk nipis, kentang sukrosa, air, alkohol 70%, akuades, media *Potato Dextrosa Agar* (PDA), media *Potato Dextrosa Broth* (PDB).

2.3 Pelaksanaan Penelitian

2.3.1 Isolasi Patogen

Isolasi bakteri antagonis rizoplan dari perakaran tanaman jeruk nipis dilakukan dengan metode sterilisasi permukaan. Sterilisasi bagian permukaan akar dilakukan dengan cara akar disemprotkan dengan alkohol 70%, kemudian dikeringkan di atas tisu, setelah kering akar dipotong \square 0,5 cm, kemudian masing-masing potongan akar diletakkan di atas permukaan media PDA, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam. Koloni yang muncul di sekitar akar selanjutnya disubkultur ke media yang baru untuk dimurnikan. Subkultur koloni dilakukan dengan menyiapkan media baru, sterilisasi laminar dan alat-alat yang akan digunakan, inokulasi ke dalam media baru, dan koloni baru diinkubasi pada suhu ruang.

2.3.2 Uji Daya Hambat Bakteri Rizoplan Terhadap Pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* Secara *In vitro*

Kandidat bakteri Antagonis terpilih diuji kemampuannya untuk mengendalikan jamur patogen *F. oxysporum*. Pengujian daya hambat bakteri rizoplan terhadap jamur patogen *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri rizoplan dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* secara *in vitro*.

Pengujian ini dimulai dengan membuat media tumbuh, dilakukan dengan menuangkan 10 ml media PDA, yang masih encer pada cawan petri kemudian cawan petri di goyang-goyangkan secara horizontal untuk meratakan, kemudian tunggu agar media memadat. Kemudian uji daya hambat dilakukan dengan cara menginokulasikan isolat jamur patogen *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* di tengah-tengah cawan petri kemudian inokulasikan isolat bakteri antagonis Rizoplan mengapit pada keempat sisi dengan jarak masing-masing 2 cm dari isolat jamur patogen *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Presentase daya hambat bakteri ditentukan dengan rumus.

$$\% \text{ DH} = \frac{\text{Luas koloni Kontrol} - \text{luas koloni Perlakuan}}{\text{Luas koloni Kontrol}} \times 100\%$$

Luas koloni Kontrol

2.3.2 Pembuatan Filtrat Bakteri Rizoplan

Pembuatan filtrat bakteri diawali dengan membuat media PDB yang akan digunakan sebagai media biakan bakteri rizoplan, selanjutnya PDB dituang ke dalam Erlenmeyer ukuran 250 ml lalu disetrilkan menggunakan *autoclave*, kemudian 1 ml suspensi bakteri rizoplan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi 250 ml media PDB yang sebelumnya telah didinginkan. Kemudian kultur bakteri rizoplan tersebut dikocok menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm. Setelah di *shaker*, kultur disentrifugasi dengan kecepatan 450 rpm selama 15 menit. Kemudian supernatant disaring menggunakan kertas saring membrane Millipore 0.45 μm . Penyaringan dilakukan didalam laminar flow cabinet sehingga tidak terjadi kontaminasi. Setelah disaring filtrat dapat digunakan, bila tidak langsung digunakan filtrat bakteri

disimpan pada *freezer*.

2.3.3 Uji Daya Hambat Filtrat Bakteri Rizoplan Terhadap Pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* Secara *In vitro*

Pengujian daya hambat filtrat terhadap pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dilakukan dengan lima konsentrasi yaitu: 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Untuk membuat konsentrasi 10% dilakukan dengan menuang 1 ml filtrat ke dalam cawan petri dan ditambahkan 9 ml PDA kemudian cawan petri digoyang-goyangkan untuk mencampur filtrat bakteri dengan PDA. Isolat jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* kemudian diambil dengan jarum ose lalu diletakkan di tengah-tengah cawan petri yang telah berisi filtrat dan PDA yang telah memadat. Selanjutnya perlakuan diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. Luas koloni jamur ditentukan dengan menggunakan kertas kalkir dan kertas milimeter block.

2.3.4 Identifikasi Senyawa pada Bakteri dengan Menggunakan Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

Identifikasi senyawa antijamur pada bakteri rizoplan dilakukan dengan menggunakan GCMS (GC-MS QP2010 Ultra Shimadzu). Filtrat bakteri rizoplan dilarutkan dalam 5 ml metanol selanjutnya dianalisis dengan GCMS. Eluen yang digunakan adalah nitrogen cair, kolom Wakosil ODS/5C18-200, ukuran 4,6 x 200 mm, kecepatan alir eluen 1 ml/menit, suhu 250⁰C dan dideteksi memakai sinar UV pada 254 nm. Hasil deteksi dilakukan melalui kecocokan bobot molekul dan pola fragmentasi dari senyawa hasil isolasi dengan senyawa yang ada pada pustaka GCMS. Dengan menggunakan GCMS maka senyawa pada bakteri rizoplan dapat diketahui berat molekul dan struktur molekul dari senyawa volatil tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Isolasi Bakteri Rizoplan dan Uji Daya Hambat Isolat Bakteri Terhadap *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Berdasarkan hasil isolasi dan uji daya hambat isolat bakteri terhadap jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, didapatkan 1 isolat bakteri rizoplan yang memiliki potensi sebagai bakteri antagonis dari 10 isolat yang diuji (tabel 3.1), 10 isolat tersebut diperoleh dari akar jeruk nipis pada Kebun Percobaan Fakultas Pertanian. Isolat bakteri rizoplan tersebut adalah RbJN10 yang menunjukkan adanya zona bening. Maria (2002) melaporkan bahwa kriteria keefektifan hasil uji antagonisme secara *in vitro* dalam screening dilihat dari terbentuk atau tidaknya zona hambatan, yaitu zona bening di antara patogen dan calon agens antagonisme.

Tabel 1. Hasil seleksi Bakteri Rizoplan dalam menghambat pertumbuhan jamur *F.oxysporum* f.sp. *lycopersici*

No	Nama Isolat	Daya Hambat
1	RbJN1	-
2	RbJN2	-
3	RbJN3	-
4	RbJN4	-
5	RbJN5	-
6	RbJN6	-
7	RbJN7	-
8	RbJN8	-
9	RbJN9	-
10	RbJN10	+

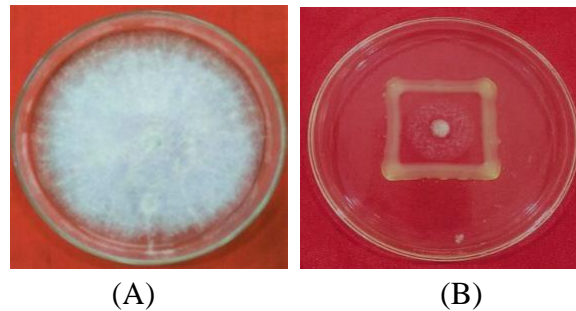
3.2 Uji Daya Hambat Bakteri Isolat RbJN10 Terhadap Pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* Secara In Vitro

Berdasarkan hasil uji daya hambat bakteri isolat RbJN10 terhadap pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* menunjukkan bahwa bakteri isolat RbJN10 mampu menekan pertumbuhan koloni jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Hal ini ditunjukkan dengan rendahnya nilai luas koloni jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dengan perlakuan bakteri isolat RbJN10 dan tingginya presentase daya hambat bakteri isolat RbJN10 dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Tabel 2). Dengan diperoleh nilai rata-rata luas koloni *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada perlakuan dengan bakteri isolat RbJN10 sebesar 405,29 mm² persentase daya hambat sebesar 88,24% jika dibandingkan dengan kontrol dengan luas sebesar 3459,63 mm².

Tabel 2. Luas koloni *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dan daya hambat bakteri isolat RbJN10 terhadap pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada pengamatan 7 HSI

Perlakuan	Luas Koloni (mm ²)	Persentase Daya Hambat (%)
RbJN10	405,29 mm ² a	88,24
Kontrol	3459,63 mm ² b	-

Dari gambar 1. dapat dilihat bahwa pada perlakuan kontrol, koloni jamur pada isolat jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dapat tumbuh dengan baik karena tidak ada kompetitor yang memperebutkan ruang dan nutrisi. Sedangkan pada perlakuan bakteri terlihat pertumbuhan koloni jamur terhambat. Besarnya hambatan bakteri isolat RbJN10 terhadap jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* mengakibatkan kecilnya luas koloni jamur pada perlakuan. Luas koloni jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada perlakuan bakteri isolat RbJN10 mengalami hambatan dalam pertumbuhan.



Gambar 1. Hasil uji daya hambat bakteri isolat RbJN10 terhadap pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada pengamatan 7 HSI. Keterangan: (A) perlakuan Kontrol jamur *F. oxysporum*; (B) perlakuan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dan bakteri isolat RbJN10

3.3 Uji Daya Hambat Filtrat Bakteri Isolat RbJN10 Terhadap Jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* Secara In Vitro

Pengujian daya hambat filtrat yang telah dilakukan selama 7 HSI terhadap *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* bahwa masing-masing perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Semakin tinggi konsentrasi filtrat bakteri isolat RbJN10 maka semakin tinggi persentase daya hambat yang dihasilkan (Tabel 3).

Tabel 3. Persentase Daya Hambat Filtrat bakteri isolat RbJN10 terhadap Jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*

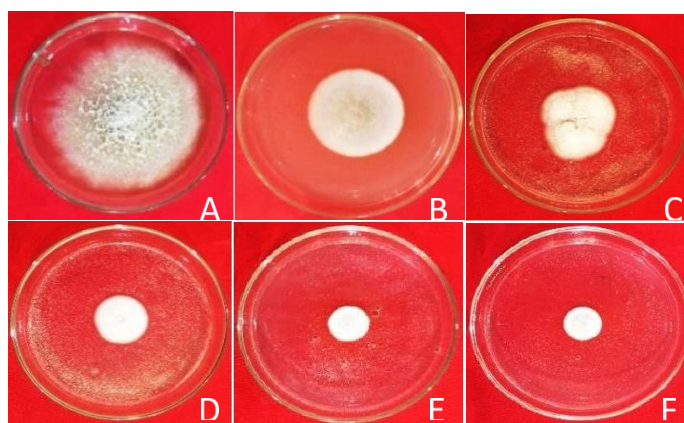
Perlakuan / Konsentrasi Filtrat	Luas Koloni (mm ²)	Daya Hambat (%)
10%	1626b	57,56
20%	1043c	72,70
30%	642d	83,32
40%	417e	89,10
50%	379f	90,14
Kontrol	3830.5a	-

Persentase daya hambat tertinggi ditunjukkan pada perlakuan dengan konsentrasi filtrat 50% dengan luas koloni sebesar 379 mm² dan persentase daya hambat sebesar 90,14%, konsentrasi 40% dengan luas koloni sebesar 417 mm² dan persentase daya hambat sebesar 89,10% konsentrasi 30% luas koloni sebesar 642 mm² dengan persentase daya hambat 83,32% dan konsentrasi 20% dengan luas koloni sebesar 1043 mm² dan persentase daya hambat sebesar 72,70%. Sedangkan persentase daya hambat terendah pada perlakuan filtrat 10% dengan luas koloni sebesar 1626 mm² dengan persentase daya hambat sebesar 57,56%, jika dibandingkan dengan luas koloni kontrol sebesar 3830.5 mm² pada pengamatan 7 HSI.

Menurut Prasetya *et al.* (2014), kategori persentase daya hambat yang kuat yaitu >40%, sedang (40%<x>30%), lemah (<30%), dan tidak memiliki kemampuan (0%). Berdasarkan hal tersebut, kemampuan bakteri rizoplan isolat RbJN10 dalam menghambat jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* termasuk dalam kategori kuat,

dikarenakan memiliki persentase daya hambat sebesar >70% pada konsentrasi terkecil sampai dengan konsentrasi terbesar. Wibisono *et al.* (2014) menambahkan bahwa standart kualitas uji daya hambat agens hayati yang baik yaitu memiliki kemampuan penghambatan $\geq 70\%$ secara *in vitro*, sehingga isolat RbJN10 memiliki potensi sebagai agens antagonis yang dapat dimanfaatkan.

Adanya filtrat bakteri isolat RbJN10 terbukti mampu menekan pertumbuhan koloni jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* secara *in vitro* (Gambar 2) Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa koloni jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* tanpa filtrat pada perlakuan (kontrol) tumbuh dengan baik karena kebutuhan nutrisi terpenuhi. Sementara itu, pertumbuhan koloni jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* yang diujikan dengan masing-masing konsentrasi filtrat bakteri isolat RbJN10 terlihat pertumbuhannya terhambat. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri isolat RbJN10 memiliki aktivitas antijamur terhadap jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

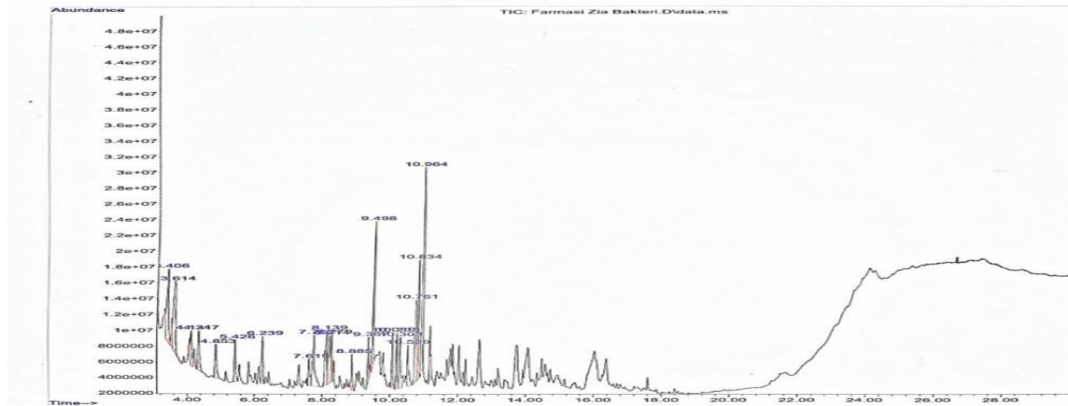


Gambar 2. Hasil daya hambat filtrat bakteri isolat RbJN10 terhadap *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada pengamatan 7 HSI. Keterangan : (A) Perlakuan Kontrol, (B) Perlakuan filtrat bakteri isolat RbJN10 konsentrasi 10%, (C) Perlakuan filtrat bakteri isolat RbJN10 konsentrasi 20%, (D) Perlakuan filtrat bakteri isolat RbJN10 konsentrasi 30%, (E) Perlakuan filtrat bakteri isolat RbJN10 konsentrasi 40%, (F) Perlakuan filtrat bakteri isolat RbJN10 konsentrasi 50%

3.4 Identifikasi Senyawa pada Kultur Bakteri Isolat RbJN10 dengan Menggunakan

Terdapat 22 senyawa yang berhasil teridentifikasi pada filtrat RbJN10 dengan pelarut metanol yaitu Dihydro-3-(2H)-thiophenone; triethylphosphine; 2(5H)-Furanone; 2(3H)-Furanone, 5-methyl; 2,5-Furandione, 3-methyl; 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl; 2H-Pyran-2, 6(3H)-dione; 1,2,6-Hexanetriol; 2,5-Dimethylfuran-3,4(2H, 5H)-dione; 2-Furancarboxylic acid; Uracil; 1-methyl-Methyl 2-furoate; Maltol, 2-Propanamine; N-methyl-N-nitroso-; 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-; (S)-5-Hydroxymethyl-2[5H]-foranon; 4H-Pyran-4-one,3,5-dihydroxy-2-methyl-;5-Hydroxymethyl-dihydrp-furan-2-one; Catechol; 2H-Pyran-2-methanol,tetrahydro-;1,2-Ethandiol,1-(2-furanyl)-;5- ydroxymethylfurfural.

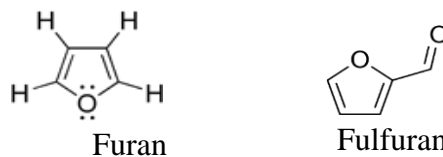
Gambar 3 dapat dilihat jumlah puncak-puncak (peak) yang muncul yang menandakan setiap peak tersebut merupakan senyawa yang berbeda dengan waktu retensi yang berbeda pula. Dari hasil terdapat satu senyawa yang konsentrasinya lebih besar yaitu 5-Hydroxymethylfurfural. 5-Hydroxymethylfurfural masuk digolongkan senyawa furfural memiliki rumus kimia $C_5H_4O_2$, dengan massa jenis 1,16g/mL (Van Rhijn *et al.*, 2007).



Gambar 3. Kromatogram GCMS filtrat RbJN10 dengan pelarut metanol

Sebanyak 22 komponen senyawa filtrat RbJN10 yang diperoleh, sebagian besar merupakan golongan senyawa yang memiliki aktivitas antijamur, seperti golongan senyawa furanon, furfural, fenol, kemudian terdapat senyawa-senyawa antioksidan, antikanker, antimikroba dan lainnya seperti golongan senyawa pyran, maltol, uracil, katekol.

Zhung Y (2017) melaporkan bahwa furfural memiliki aroma seperti *almond*, berupa padatan putih dengan titik leleh rendah, jika terpapar udara bebas warna larutan berubah menjadi kekuningan, sangat larut dalam air dan pelarut organik. Furfural sering disebut dengan 2-furankarboksaldehid, merupakan senyawa turunan dari golongan furan (Shin J *et al.* 2014). Johann Wolfgang Dobereiner (1831) melaporkan bahwa furfural termasuk senyawa turunan dari furan yang yang tergolong penting.

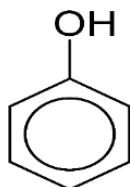


Gambar 4. Struktur kimia furan, fulfuran

Senyawa furan juga dikenal dengan senyawa furana memiliki rumus kimia C_4H_4O tidak berwarna, mudah terbakar, sangat mudah menguap dengan titik didih mendekati suhu ruang, dan beracun (Paula Y *et al.*, 2007).

Paulitz (2000) melaporkan bahwa senyawa furanon memiliki berat molekul rendah yang mudah menguap, hal tersebut dapat memberikan keuntungan bagi bakteri, karena konsentrasi penghambatan dapat terbentuk di sekitar mikrokoloni

bakteri, memungkinkannya untuk memusuhi jamur dalam jarak yang lebih jauh. Golongan senyawa Furanon dari Bakteri *Pseudomonas aureofaciens* memiliki aktivitas metabolit antijamur yang efektif berperan untuk mengendalikan jamur patogen tanaman, salah satunya jamur *F. oxysporum*. Furanon yang diproduksi oleh bakteri *P. aureofaciens* mengatur produksi antibiotik (Horinouchi dan Beppu, 1994; Yamada *et al.*, 1987).



Gambar 5. Struktur kimia fenol

Senyawa fenol merupakan zat kristal tak berwarna yang memiliki bau khas, memiliki kelarutan terbatas dalam air, yakni 8,3 gram/100 ml, fenol memiliki sifat yang cenderung asam. Kuncoro (2018) melaporkan bahwa senyawa fenolik yang berasal dari alam adalah komponen organik yang umumnya memiliki bobot molekul rendah yang mengandung satu atau lebih gugus fenolik diproduksi oleh tumbuhan atau mikroorganisme. Menurut Yatagai (2002) melaporkan fenol dan turunannya berfungsi untuk mencegah serangan hama dan penyakit tanaman, termasuk patogen jamur. Kemampuan senyawa Fenol dalam menghambat pertumbuhan jamur dengan menghentikan siklus pada jamur pada fase replikasi (Ashour *et al.*, 2011). Peranan senyawa Fenol dalam menghambat pertumbuhan jamur adalah dengan masuk ke dalam sel dan membentuk ikatan dengan protein membran sel. Senyawa Fenol akan berinteraksi dengan protein membran sel melalui proses absorpsi yang menyertakan ikatan hidrogen dengan cara terikat pada bagian hidrofilik dari membran sel. Kerusakan pada membran sel menyebabkan perubahan permeabilitas pada membran sel yang kemudian mengakibatkan hancurnya membran sel jamur sehingga semakin tinggi kadar senyawa fenol maka semakin kuat bahan tersebut untuk menghambat pertumbuhan jamur (Parwata dan Dewi, 2008). Loekas dan Endang (2010) melaporkan bahwa aplikasi *Pseudomonas fluorescens* P60, mampu meningkatkan senyawa fenol (tanin, saponin, dan glikosida) di dalam jaringan tanaman, dan menurunkan intensitas penyakit layu akibat *F. oxysporum*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang tertera di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa bakteri rizoplan isolat RbJN10 mampu menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dengan persentase daya hambat sebesar 88,24% jika dibandingkan dengan kontrol pada pengujian secara *in vitro*. Filtrat bakteri isolat RbJN10 pada konsentrasi 10% - 50% mampu menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dengan persentase daya hambat sebesar 57,56% - 90,14% jika dibandingkan dengan kontrol pada pengujian secara *in vitro*. Filtrat bakteri isolat

RbJN10 mengandung 9 senyawa yang memiliki aktivitas antijamur terhadap *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* yaitu Dihydro- 3-(2H)-thiophenone; 2(5H)- Furanone; 2(3H)- Furanone,5-methyl; 2- Furancarboxaldehyde,5-methyl; 2,5Dimethylfuran-3,4(2H, 5H)-dione; 2- Furancarboxylic acid; Methyl 2-furoate; 1,2-4 Ethanediol,1-(2-furanyl)-; 5- Hydroxymethylfurfural.

Daftar Pustaka

- Al, M. J., & Mohammed, G. J. Anti-bacterial, Antifungal Activity and Chemical Analysis of *Punica grantanum* (Pomegranate peel) Using GC-MS and FTIR Spectroscopy.
- Ashour, M., Yehia, H. M., & Proksch, P. 2011. Utilization of Agro-industrial by-products for production of bioactive natural products from endophytic fungi. *J Nat Prod*, 4, 108-114.
- Johnson, C. H., Patterson, A. D., Krausz, K. W., Lanz, C., Kang, D. W., Luecke, H., ... & Idle, J. R. 2011. Radiation metabolomics. 4. UPLC-ESI- QTOFMS-Based metabolomics for urinary biomarker discovery in gamma-irradiated rats. *Radiation research*, 175(4), 473-484.
- Kuncoro, H. 2018. Senyawa Fenolik Dari Tumbuhan Kerokot (*Lygodium microphyllum*).
- Mishra, S., Bansal, D. D., Malhotra, P., K. Reddy, D. S., Jamwal, V. S., Patel, D. D., ... & Kumar, R. 2014. Semiquinone fraction isolated from *Bacillus* sp. INM-1 protects hepatic tissues against γ -radiation induced toxicity. *Environmental toxicology*, 29(12), 1471-1478.
- Ning, L., Liao, S., Liu, X., Yu, L., Zhuang, X., & Tong, X. 2017. Selective transformation of renewable furfural catalyzed by diverse active species derived from 2D co-based metal-organic frameworks. *Journal of catalysis*, 352, 480-490.
- Paulitz, T., Nowak-Thompson, B., Gamard, P., Tsang, E., & Loper, J. 2000. A novel antifungal furanone from *Pseudomonas aureofaciens*, a biocontrol agent of fungal plant pathogens. *Journal of Chemical Ecology*, 26(6), 1515-1524.
- Soesanto, L., Mugiastuti, E., & Rahayuniati, R. F. 2010. Kajian mekanisme antagonis *Pseudomonas fluorescens* P60 terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* pada tanaman tomat in vivo. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 10(2), 108-115.
- Yatagai, M., Nishimoto, M., Hori, K., Ohira, T., & Shibata, A. 2002. Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. *Journal of Wood Science*, 48(4), 338-342.
- Yurnaliza, Y., Margino, S., & Sembiring, L. 2012. Kemampuan kitinase *Streptomyces* Rkt5 sebagai Antijamur terhadap patogen *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1), 42-46.