

**Indeks Keanekaragaman Jamur Endofit pada Akar Tanaman Jeruk
Siam, Batu**
***Diversity Index of Endophytic Fungi in the Roots of Siamese Orange Plants,
Batu***

Muhammad Taufiq Abdul Ghoni, Ahmad Syauqi, Majida Ramadhan
Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang
Faculty of Mathematics and Natural Science University of Islam Malang

ABSTRAK

Jeruk siam merupakan tanaman yang berasal dari Siam (Myanmar) dan mempunyai kulit yang tipis jika dibandingkan dengan jenis jeruk lain. Tanaman jeruk dapat menjadi salah satu inang dari jamur endofit. Jamur endofit biasanya tumbuh di dalam berbagai jaringan tanaman dan memiliki fungsi untuk mempertahankan eksistensi tumbuhan yang berperan menjadi inang agar bisa bertahan hidup dan melindungi diri dari organisme patogen serta predator alami mereka. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui indeks keanekaragaman jamur endofit yang terdapat pada akar tanaman jeruk siam. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk mengetahui indeks keanekaragaman mikroorganisme jamur endofit akar jeruk siam. Sampel diambil secara sengaja dari perkebunan Balai Pengujian Standart Instrumen Tanaman Jeruk Dan Buah Subtropika (BPSI Jestro)-Batu. Pemurnian dilakukan setelah koloni campuran diidentifikasi dan digolongkan yang sama, selanjutnya inventarisasi. Hasil penelitian menunjukkan adanya 5 genus jamur yang berbeda. Hasil yang didapatkan dari proses penelitian tersebut ditemukan 5 genus yang meliputi *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Cephalosporium* sp., *Aspergillus* sp. dan *Fusarium* sp. Kemudian jumlah dari koloni yang didapatkan dari proses isolasi dihitung menggunakan rumus Shannon-wiener dan hasil perhitungan menunjukkan angka 1,02 yang masuk kedalam kategori sedang ($1 < H < 3$).

Kata kunci: endofit, jamur, tanaman jeruk, Shannon-wiener

ABSTRACT

*Siam citrus originates from Siam (Myanmar) and has a thinner peel compared to other citrus varieties. Citrus plants can serve as hosts for endophytic fungi. Endophytic fungi typically grow within plant tissues and play a role in maintaining the host plant's survival by protecting it from pathogens and natural predators. This study aimed to determine the diversity index of endophytic fungi found in the roots of Siam citrus plants. A quantitative descriptive method was employed to determine the diversity index of endophytic fungal microorganisms in Siam citrus roots. Samples were intentionally collected from the Batu Citrus and Subtropical Fruit Standard Instrument Testing Center (BPSI Jestro). Purification was conducted after mixed colonies were identified and classified, followed by inventory. The results indicated the presence of 5 different fungal genera. The results obtained from the research found 5 genera, including *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Cephalosporium* sp., *Aspergillus* sp., and *Fusarium* sp. Subsequently, the number of colonies obtained from the isolation process was calculated using the Shannon-Wiener formula, and the calculation results showed a value of 1.02, which falls into the moderate category ($1 < H < 3$).*

Keywords: citrus plants, endhophythes fungi, Shannon-wiener

Pendahuluan

Tanaman jeruk merupakan salah satu tanaman buah yang paling populer di kalangan masyarakat Indonesia karena memiliki potensi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan tersedia sepanjang tahun tanpa musim berbunga yang spesifik. Kemudahan dalam persyaratan tumbuh memungkinkan jeruk dibudidayakan di dataran rendah maupun dataran tinggi. Lahan untuk menanam jeruk harus bebas dari virus, memiliki pasokan air yang memadai dengan sistem pengairan yang baik, serta berada pada ketinggian dan suhu yang sesuai. Jeruk dikenal sebagai sumber vitamin C yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh, dengan kandungan sekitar 40-72 mg vitamin C per 100 gram, meskipun kandungan ini akan berkurang seiring tingkat kematangan buah. Vitamin C pada jeruk terdapat di sari buah, daging buah, dan lapisan kulit terluarnya. Selain itu, kulit jeruk memiliki berbagai manfaat kesehatan, seperti membantu menghaluskan kulit, memberikan efek relaksasi, dan berfungsi sebagai bahan alami pengusir nyamuk. Salah satu jenis jeruk yang paling digemari oleh masyarakat Indonesia adalah jeruk siam (Endarto, 2016)[1].

Jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour var. *microcorcorva*) merupakan tanaman yang berasal dari Siam (Myanmar) dan mempunyai kulit yang tipis jika dibandingkan dengan jenis jeruk lain (Endarto, 2016). Produksi jeruk siam dari data tahun 2018 meningkat 11,02% dari tahun 2017. Meskipun dengan adanya peningkatan tersebut, pertumbuhan budidaya tanaman jeruk yang ada di Indonesia masih termasuk rendah saat dibandingkan dengan negara-negara lain yang melakukan budidaya jeruk (Saraswati et al., 2022)[2].

Tanaman jeruk tergolong sebagai tanaman yang mudah terserang hama dan penyakit. Penyakit pada tanaman jeruk dapat menyerang pada seluruh bagian, baik akar, batang, daun, bunga, maupun buah. Tingkat serangan penyakit pada tanaman jeruk sangat beragam yang dipengaruhi oleh keadaan iklim, kesuburan tanah, sinar matahari, dan kebersihan lahan. Jenis penyakit yang menyerang tanaman jeruk dapat disebabkan oleh cendawan, bakteri, virus, nematoda, dan dapat disebabkan oleh kurangnya kandungan zat-zat yang dibutuhkan oleh tanaman. Serangan hama pada tanaman jeruk disebabkan oleh serangga pengganggu. Sedangkan serangan penyakit disebabkan oleh organisme parasit, seperti bakteri, cendawan, virus, dan cacing renik. Penyakit pada tanaman jeruk juga dapat disebabkan oleh adanya penyakit non parasit, seperti pengaruh iklim, kekurangan unsur hara, dan sebab teknis lainnya. Oleh karena itu dibutuhkan solusi untuk mengatasi masalah yang sudah ada (Shofira 2023)[3].

Pencarian sumber daya alam sebagai solusi masalah pada tanaman bisa didapatkan dari mikroorganisme yang terletak di dalam organ tanaman, dalam beberapa tahun terakhir mulai menjadi salah satu objek yang menjadi perhatian. Mikroorganisme itu dipelajari dengan banyak tujuan yang berbeda, secara tradisional mikroorganisme dibagi menjadi empat golongan yaitu Bakteri, Ragi/khamir, cendawan atau jamur, Ganggang/alga mikroskopis, Protozoa (Nurul, 2019)[4].

Mikroorganisme endofit merupakan salah satu jenis jamur yang dapat diperoleh dari jaringan pada tumbuhan dan sudah digunakan untuk kepentingan di bidang industri dan pertanian, namun masih terdapat banyak mikroorganisme endofit yang masih belum ditemukan sehingga belum dapat diketahui karakter dan potensi yang terdapat didalamnya, khususnya yang berada di kawasan Indonesia. Mikroorganisme endofit memiliki peran yang sangat penting dengan sifat simbiosis mutualisme pada tanaman yang menjadi inang, memiliki peran sebagai proteksi terhadap herbivor, serangan serangga atau organ yang terserang oleh parasite atau jamur patogen. Tanaman yang berperan sebagai tempat hidup dari mikroorganisme endofit tidak dirugikan oleh kehadiran mikroorganisme endofit yang hidup didalam organ tanaman. Telah diketahui bahwa interaksi yang terjadi antara mikroorganisme endofit dan tanaman yang menjadi inang dikarenakan adanya kontribusi dari senyawa kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang mempunyai bermacam-macam zat bioaktif (Nurul, 2019).

Pengendalian hayati dengan menggunakan agensia hayati memiliki keefektifan yang lebih besar dan lebih aman untuk lingkungan. Salah satu mikroorganisme yang dapat digunakan untuk agen pengendali hayati adalah jamur endofit, yaitu jamur yang hidup didalam organ tanaman dan dapat hidup disetiap organ yang ada pada tanaman (Nurul, 2019). Jamur endofit dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder berupa *alkaloid*, *banzopyranones*, *flavonoid*, *asam fenolik*, *terpenoid* dan masih banyak yang lainnya, semua senyawa yang dihasilkan oleh jamur endofit dapat berguna untuk

pelindung tanaman yang menjadi inang dari serangan patogen dan mempunyai aktivitas biologisnya secara normal (Erliza, 2024)[5].

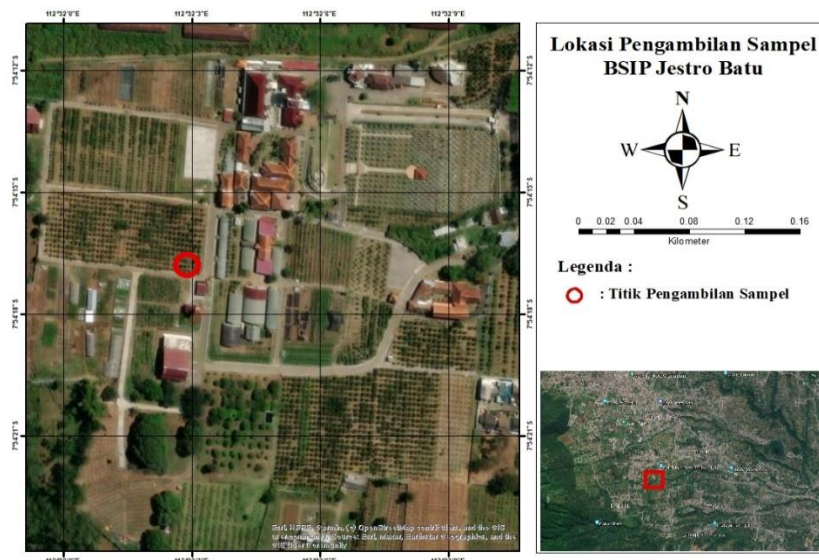
Agen hayati adalah organisme yang berfungsi untuk mengendalikan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) sering menjadi ancaman bagi lahan pertanian. Dalam kaitannya dengan agen hayati, istilah ini mencakup semua makhluk hidup yang dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dan penyakit, serta organisme yang menghambat proses produksi dan pengolahan hasil pertanian. Organisme tersebut meliputi berbagai jenis makhluk hidup seperti spesies, subspecies, varietas, serangga, nematoda, protozoa, jamur, bakteri, virus, dan mikoplasma. Oleh karena itu, agen hayati tidak hanya berfungsi untuk mengendalikan OPT, tetapi juga membantu mengatasi gangguan organisme pada tahap produksi hingga pengolahan hasil pertanian (BPTPH, 2023)[6].

Pengendalian hayati menggunakan musuh alami seperti parasitoid, predator, patogen, dan antagonis dapat menjadi solusi untuk menanggulangi hama dan penyakit tanaman. Namun, terdapat beberapa kendala dalam penggunaan agen hayati, seperti proses pemeliharaan dan penyimpanan yang memakan waktu lama, sehingga stabilitasnya sering kali menurun. Selain itu, penerapan dalam skala komersial kerap kurang optimal karena agen hayati tersebut sering kali tidak mampu beradaptasi atau bersaing di lingkungan baru, maupun dengan mikroorganisme yang telah lama mendominasi area tersebut. Proses pemeliharaan jangka panjang juga cenderung menyebabkan agen hayati kehilangan performa optimalnya. (Ernawati et al., 2023)[7].

Berdasarkan pengertian diatas, penelitian terhadap jamur sebagai bagian dari kekayaan keanekaragaman hayati yang ada perlu untuk diteliti tingkat keanekaragamannya. Dengan dilakukannya penelitian tentang keanekaragaman hayati dapat menambah wawasan tentang tingkat keberadaan suatu jenis mikroorganisme, interaksi yang terjadi antar mikroorganisme dan kepentingan menjaga alam agar dapat tetap lestari. Terkait hal ini, peneliti tertarik untuk meneliti keanekaragaman jamur endofit pada tanaman jeruk siam.

Material dan Metode

Penelitian ini menggunakan sampel akar tanaman jeruk siam yang berasal dari kebun tanaman jeruk siam Badan Pengujian Standart Instrumen Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BPSI Jestro)-Batu, dilakukan pengujian di laboratorium mikrobiologi Halal Center Universitas Islam Malang. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni-Agustus 2023.



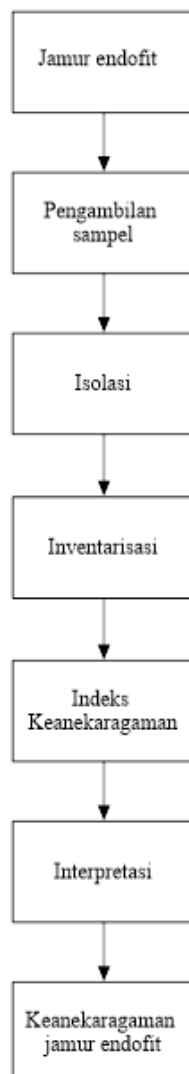
Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel

Bahan dan Alat

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kamera, ATK, autoklaf, inkubator, cawan petri steril, pinset steril, erlenmeyer 250ml, gelas beaker, Laminar Air Flow(LAF), oven, tissue, jarum ose, mikroskop dan wrapping. Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah akar jeruk siam, PDA (*Potato Dextro Agar*) bubuk yang dipakai sebagai media pertumbuhan jamur endofit saat isolasi dilakukan, Aquades, terramycin, Alkohol 70%, metilen blue.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan menggunakan rumus indeks Shannon-Wiener (Syauqi, 2015)[8]. untuk mengetahui indeks keanekaragaman mikroorganisme jamur endofit akar jeruk siam, pengambilan sampel dilakukan secara acak, tersedia total tiga pohonsampel dari perkebunan bagian dari Balai Pengujian Standart Instrumen Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BPSI Jestro)-Batu.



Gambar 2. Kerangka Konsep Penelitian

Cara Kerja

Pengambilan sampel daun jeruk siam yaitu di ambil dari kebun dari Balai Pengujian Standart Instrumen Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BPSI Jestro) Batu. Dengan cara pengambilan akar secara acak pada lahan perkebunan. Akar yang di ambil yaitu pada tumbuhan jeruk dengan kedalaman sekitar ± 10 cm.



A



B

Gambar 3. Tanaman yang Akan Menjadi Sampel

(A) Tanaman jeruk yang akan menjadi sampel

(B) Permukaan akar yang akan digali ± 10 cm dan diambil menjadi sampel

Pembuatan media dimulai dengan menimbang 9,75 gram bubuk PDA, yang kemudian dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan dilarutkan dengan 250 ml akuades. Larutan tersebut dipanaskan hingga mendidih sambil diaduk terus-menerus agar tercampur sempurna. Setelah campuran homogen, media didinginkan hingga mencapai suhu sekitar $36-37^{\circ}\text{C}$. Labu Erlenmeyer ditutup menggunakan kombinasi kapas, kasa, dan kertas, kemudian media disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dengan tekanan 2 atm. Setelah sterilisasi, media cair diberi tambahan 0,25 ml Terramycin di dalam laminar air flow. Terakhir, media dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan hingga mengeras.

Proses isolasi jamur dilakukan dengan mengambil akar sampel, yang kemudian dibersihkan menggunakan akuades steril, diikuti oleh alkohol 70%, dan dibilas kembali dengan akuades steril. Selanjutnya, akar tersebut diletakkan pada media PDA (Potato Dextrose Agar) dan diinkubasi pada suhu ruang selama kurang lebih 5 hari.

Jamur yang telah tumbuh pada media isolasi PDA (Potato Dextrose Agar) kemudian dipindahkan ke media PDA baru untuk proses pemurnian menggunakan jarum ose. Jika terdapat kontaminasi oleh jamur lain, dilakukan purifikasi ulang hingga diperoleh isolat jamur yang benar-benar murni. Setelah itu, jamur diinkubasi selama kurang lebih 5 hari pada suhu ruang.

Koloni yang diperoleh dari hasil isolasi akan dihitung menggunakan indeks keanekaragaman. Indeks keanekaragaman individu koloni adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kelimpahan dan variasi komunitas, berdasarkan jumlah total individu koloni di suatu kawasan serta distribusi jumlah individu pada setiap spesies yang ada. Indeks ini memberikan gambaran tentang struktur komunitas dan keseimbangan ekosistem di wilayah tersebut. Indeks keanekaragaman individu koloni dianalisis dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Keterangan:

H' : Indeks keanekaragaman

p_i : Nilai perbandingan cacah dan total individu ke-i

n_i : jumlah cacah macam individu individu ke-i

N : total cacah semua individu

Kategori Indeks Keanekaragaman

$H' > 3$: keanekaragaman individu jenis tinggi

$1 < H' < 3$: keanekaragaman individu jenis sedang

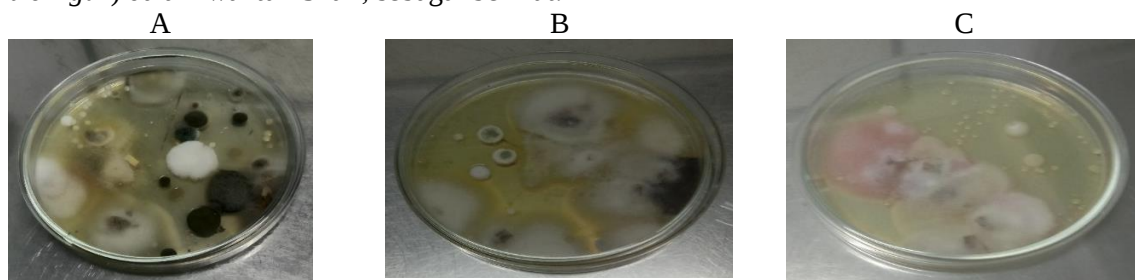
$H' < 1$: keanekaragaman individu jenis rendah (Syauqi, 2015).

Hasil dan Diskusi

Hasil Penelitian

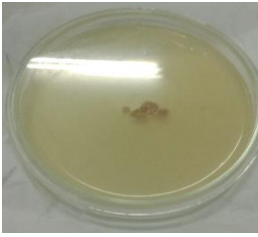
Prinsip isolasi mikroba bertujuan untuk memisahkan satu jenis mikroba dari campuran yang terdiri atas berbagai jenis mikroba. Proses ini dilakukan dengan menumbuhkan mikroba pada media padat, sehingga setiap sel mikroba dapat berkembang menjadi koloni yang tetap berada di lokasi asal pertumbuhan sel tersebut. Hal ini memungkinkan identifikasi dan pemurnian mikroba tertentu berdasarkan karakteristik koloninya (Romadhon, 2020)[9]. Merujuk pada hal ini, isolasi pada jamur endofit akar tanaman jeruk sebagai sampel penelitian.

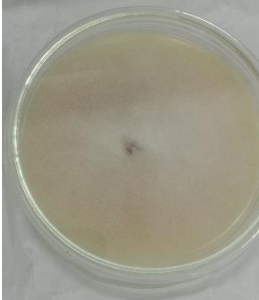
Hasil yang diperoleh pada percobaan penumbuhan jamur endofit tersebut menunjukkan tumbuh dan berkembangnya koloni jamur endofit pada media PDA (*Potato Dextro Agar*) padat media PDA digunakan karena memiliki banyak nutrisi yang dapat mendukung tumbuhnya jamur endofit dan memiliki sifat selektif akan jamur endofit (Irawati, 2021)[10]. Isolat diinkubasi dalam waktu 2-7 hari dengan suhu ruang (28°C) atau sampai isolat jamur endofit tumbuh memenuhi cawan petri (Khalil et al., 2021)[11]. suhu yang rendah dan kelembaban tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan jamur menjadi semakin cepat. Suhu optimal untuk pertumbuhan jamur adalah sekitar 28°C . Pertumbuhan jamur yang terjadi di atas suhu optimal dapat menyebabkan terjadinya kematian jika melebihi dari suhu maksimumnya. Suhu maksimum untuk pertumbuhan jamur berada pada suhu 32°C (Syamsulhadi et al., 2023)[12]. Selanjutnya akan dilampirkan gambar pertumbuhan jamur pada media PDA (*Potato Dextro Agar*) dalam waktu ± 5 hari, sebagai berikut:



Gambar 4. Koloni jamur hasil isolasi akar tanaman jeruk
(A) Ulangan 1 (B) Ulangan 2 (C) Ulangan 3

Morfologi jamur yang diperoleh saat penelitian memiliki beberapa perbedaan. Berikut lampiran gambar jamur yang telah melewati proses pemurnian selama 7 hari :

No	Kode	Gambar	No	Kode	Gambar
1	A		5	E	
		<i>Mucor sp</i>			<i>Aspergillus</i>

2	B	 <i>Penicillium sp</i>	6	F	 <i>Fusarium sp.</i>
3	C	 <i>Cephalosporium sp</i>	7	G	 <i>Penicillium sp</i>
4	D	 <i>Fusarium sp</i>			

Gambar 5. Koloni jamur setelah melewati proses pemurnian (A) *Mucor sp.*, (B) *Aspergillus sp.*, (B) *Cephalosporium sp.*, (D) *Fusarium sp.*, (E) *Aspergillus sp.*, (F) *Fusarium sp.*, (G) *Penicilum sp.*

Selanjutnya hasil yang didapat dari penumbuhan jamur endofit pada tanaman jeruk siam dengan menggunakan media PDA (*Potato Dextro Agar*) dengan waktu ± 4 hari akan dipaparkan pada Tabel

Tabel 1. Karakteristik makroskopis serta jumlah jamur endofit.

No	Kode	Jumlah Koloni pada Cawan Petri			Karakteristik
		1	2	3	
1	A	4	9	4	Seperti kapas putih buram timbul
2	B	10	0	0	Hijau tua halus berkapas timbul
3	C	2	4	0	Berkapas putih terang timbul
4	D	11	0	16	Licin putih cembung
5	E	10	118	36	Krem keabuan mengkilap
6	F	0	0	3	Berkapas merah muda padat
7	G	1	1	0	Abu-abu seperti spons

Pewarnaan dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah pengamatan keberadaan hifa, memperjelas ukuran dan bentuk jamur, serta memungkinkan pengamatan terhadap struktur luar dan, jika memungkinkan, struktur dalam jamur. Selain itu, pewarnaan juga bertujuan untuk mengamati reaksi jamur terhadap pewarna yang digunakan, sehingga dapat diperoleh informasi mengenai sifat fisik dan kimia jamur tersebut (Suharman, 2020)[13]. Dilanjutkan ke pengamatan secara mikroskopis yang dilakukan pada hari terakhir inkubasi dengan menggunakan mikroskop. Gambar merupakan hasil pengamatan secara mikroskopis.

Nilai indeks keanekaragaman adalah sebesar 1,02 sehingga menunjukkan bahwa keanekaragaman jamur endofit tanaman jeruk siam di Batu termasuk dalam kategori sedang ($1 < H' < 3$).

Pembahasan

1. *Mucor* sp

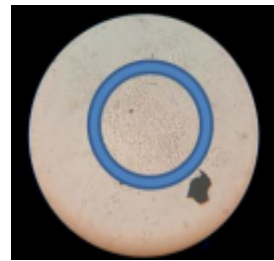
Isolat jamur dari genus *Mucor* sp. memiliki ciri khas koloni berbentuk bulat dengan tepi yang halus. Permukaan koloninya memiliki tekstur berserabut yang menyerupai kapas tebal, dengan miselium berwarna putih. Warna koloni tetap putih tanpa menunjukkan pola lingkaran konsentris. Setelah masa inkubasi lebih dari 7 hari, pertumbuhan miselium menjadi semakin tebal. Pada tahap awal, miselium tampak berwarna putih, namun seiring perkembangan dan pembentukan spora, warnanya berubah menjadi hitam (Hasanah, 2017)[14].

Jamur *Mucor* sp. memiliki sporangiofor yang bercabang, baik dengan pola simpodial maupun monopodial. Kolumela yang dihasilkan berbentuk seperti buah pir, elips, atau bulat. Sporangium memiliki bentuk elips hingga semi-bulat dengan diameter berkisar antara 5–10 μm . Jamur dari genus ini mampu tumbuh dan menghasilkan spora pada rentang suhu 5–20°C, tetapi tidak dapat berkembang pada suhu 37°C (Hasanah, 2017).

Genus *Mucor* sp., yang termasuk dalam kelas Zygomycetes, berkembang biak melalui spora yang dihasilkan dari produksi sporangium. Jamur ini termasuk dalam ordo Mucorales dan keluarga Mucoraceae. Secara makroskopis, *Mucor* sp. menyerupai *Rhizopus* sp., di mana miseliumnya tampak seperti kapas, namun berwarna lebih putih jika dibandingkan dengan *Rhizopus* sp.. Perbedaannya, *Rhizopus* sp. memiliki miselium yang berkembang menjadi struktur seperti akar, sementara *Mucor* sp. tidak memiliki struktur akar tersebut (Hasanah, 2017).



Gambar 6. *Mucor* sp
(Arissandi et al., 2019)[15].



Gambar 7. *Rhizopus* sp
(Arissandi et al., 2019).

Jamur yang termasuk dalam genus *Mucor* sp dapat membantu tanah agar menjadi lebih subur dengan berperan menjadi decomposer. Jamur dengan genus *Mucor* sp juga dapat menghasilkan enzim berjenis protease, yaitu enzim yang memiliki peran penting didalam siklus nitrogen yang berada didalam tanah (Ristiari, 2018)[16].



Gambar 8. *Mucor* sp.
(Raposo et al., 2023)[17].

Secara makroskopis, koloni *Mucor* sp. berwarna putih dengan pertumbuhan yang padat dan tekstur menyerupai kapas. Permukaan koloninya tampak rata tanpa pola garis radial konsentris. Secara mikroskopis, *Mucor* sp. memiliki ciri khas berupa hifa yang tidak bersekat serta konidiofor tunggal. Rhizoid tidak ditemukan pada spesimen ini. Sporangium berbentuk bulat, disertai kolumela yang juga berbentuk bulat. Spora yang dihasilkan memiliki bentuk bulat dengan permukaan yang halus (Fathoni, 2016)[18].

2. *Penicillium* sp.

Penicillium sp. merupakan genus jamur yang termasuk dalam filum *Ascomycota* dan ordo *Hypomycetes*. Salah satu ciri khasnya adalah hifa yang bersekat (septa) serta kemampuannya membentuk struktur spora yang disebut konidium. Berbeda dengan sporangium, konidium tidak dilindungi oleh selubung pelindung. *Penicillium* sp. berkembang biak secara asexual dengan memproduksi konidium di ujung hifa, di mana setiap konidium dapat tumbuh menjadi individu jamur baru. Konidium yang berwarna kehijauan sering ditemukan pada berbagai bahan organik yang telah membusuk, seperti roti, buah-buahan, makanan, kain, dan kulit. Jamur ini juga banyak tersebar secara alami di lingkungan dan memiliki peranan penting dalam bidang mikrobiologi pangan. Selain itu, *Penicillium* sp. sering menjadi penyebab kerusakan pada sayuran, buah-buahan, dan sereal. Di sisi lain, genus ini juga dimanfaatkan dalam industri, terutama untuk produksi antibiotik.

Mikroba dengan genus *Penicillium* sp. memiliki banyak peran penting dalam kehidupan, terutama sebagai produsen zat antibiotik yang terkenal, yaitu penisilin. Namun, penisilin tidak dapat bertahan lama dalam tubuh manusia (in vivo) untuk memberikan efek yang optimal dalam menghilangkan bakteri. Selain manfaatnya, *Penicillium* sp. juga dapat menjadi gangguan dalam industri, seperti dalam produksi susu dan jus buah, di mana dapat menyebabkan kerusakan pada produk tersebut. Metabolit yang dihasilkan oleh *Penicillium* sp. memiliki kemampuan yang sangat menonjol dalam menghambat sintesis peptidoglikan dinding sel mikroorganisme. Hal ini menyebabkan dinding sel mikroba menjadi lemah, yang pada akhirnya dapat membunuh bakteri tersebut. Keunggulan ini menjadikan *Penicillium* sp. sebagai agen yang efektif dalam pengendalian bakteri patogen, meskipun terkadang juga menyebabkan masalah dalam beberapa proses industri.

Beberapa jenis jamur dari genus *Penicillium* sp. memiliki peran penting dalam kehidupan manusia. Contohnya, *Penicillium notatum* yang dimanfaatkan dalam produksi antibiotik, serta *Penicillium camembertii* yang digunakan dalam pembuatan keju biru. Namun, beberapa spesies *Penicillium* diketahui dapat menghasilkan mikotoksin yang mencemari makanan atau pakan ternak. Mikotoksin ini berpotensi menyebabkan keracunan pada manusia yang mengonsumsi produk hewan ternak yang terkontaminasi, maupun pada hewan ternak itu sendiri. Secara mikroskopis, konidia *Penicillium* terlihat seperti rangkaian manik-manik kaca. Warna konidia yang bervariasi, seperti hijau, biru, atau kuning, memengaruhi warna koloni jamur dari berbagai spesies *Penicillium*. Contoh penyakit yang disebabkan oleh genus ini meliputi *blue mold* pada jeruk (*P. italicum*), *green mold* pada jeruk (*P. digitatum*), dan busuk pada apel (*P. expansum*). Selain itu, beberapa spesies *Penicillium* juga dapat merusak makanan, produk kulit, dan pakaian, yang pada akhirnya menurunkan kualitas serta nilai produk tersebut.



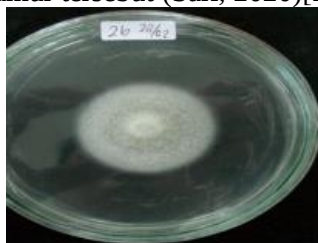
Gambar 9. *Penicillium* sp.
(Yilmaz et al., 2014)[19].

Karakteristik mikroskopis *Penicillium* sp. meliputi rantai konidia bersel tunggal yang dihasilkan oleh sel khusus bernama fialid. Fialid dapat muncul secara tunggal, dalam kelompok, atau berasal dari metula bercabang, membentuk struktur menyerupai sikat yang disebut penicillus. Penicillus ini terdiri dari cabang-cabang dan metulae (cabang sekunder yang mendukung fialid). Pola percabangannya beragam, mulai dari tanpa cabang (sederhana), percabangan satu tingkat (monoverticillate), dua tingkat (biverticillate), hingga lebih dari tiga tingkat percabangan. Konidiofor, tempat pembentukan konidia, memiliki tekstur yang bervariasi, bisa halus atau ber dinding kasar. Fialid memiliki berbagai bentuk, seperti menyerupai labu dengan bagian tubuh silindris dan leher yang berbeda, atau berbentuk lanset dengan tubuh yang sempit dan ujung meruncing. Konidia yang dihasilkan dapat membentuk rantai panjang dengan bentuk bulat atau silindris, tergantung pada spesies *Penicillium* (Dwi, 2019)[20].

3. *Cephalosporium* sp

Jamur dari genus *Cephalosporium* sp. memiliki konidiofor berbentuk fialid yang ramping atau sedikit membesar. Konidia yang dihasilkan bersifat transparan, uniseluler, dan tidak bersekat. Sifat dari jamur yang termasuk dalam genus *Cephalosporium* sp memiliki sifat saprofit atau parasite terlebih pada tanaman yang berpembuluh. Genus *Cephalosporium* sp memproduksi sefalosporin yang merupakan kelompok zat kimia yang sejenis dengan penisilin. Sefalosporium mengganggu pertumbuhan dari mikroorganisme dengan cara menghambat sintesis yang terjadi di dinding sel (Hardianti, 2017)[21].

Secara makroskopis, koloni jamur dari genus *Cephalosporium* sp. berwarna putih dengan tampilan mirip kapas dan tekstur menyerupai beludru. Bagian bawah koloninya biasanya berwarna merah muda. Sementara itu, secara mikroskopis, jamur ini memiliki konidiofor berupa fialid yang berbentuk ramping atau sedikit membesar. Konidia yang dihasilkan bersifat transparan, uniseluler, dan terbentuk serta berkumpul di ujung konidiofor. Struktur ini mendukung proses pembentukan spora yang berperan dalam perkembangbiakan jamur tersebut (Sari, 2020)[22].



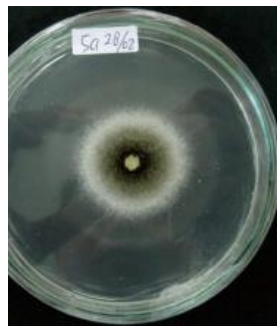
Gambar 10. *Cephalosporium* sp
(Tanzil et al., 2023)[23].

4. *Aspergillus* sp

Aspergillus sp. merupakan jamur yang sering menjadi kontaminan pada berbagai substrat, terutama di daerah tropis dan subtropis. Jamur ini banyak ditemukan di gudang, terutama pada bahan pakan yang disimpan dalam kondisi lembab dan dengan tingkat kelembapan tinggi. *Aspergillus* sp. memiliki konidia dengan warna yang bervariasi, seperti hijau, kuning, oranye, hitam, atau coklat. Hifa jamur ini bersekat dan bercabang. Di bagian ujung hifa, khususnya yang tegak, terdapat pembesaran yang disebut konidiofor, yang berfungsi untuk menampung konidia. Di bagian pendukung konidiofor, terdapat struktur pendek yang disebut sterigma. Sterigma ini dapat tumbuh memanjang dan berfungsi mendukung konidiofor dalam pembentukan konidia (Mawarni et al., 2021)[24].

Aspergillus adalah genus jamur yang tersebar luas secara kosmopolitan, yang berarti dapat ditemukan hampir di seluruh dunia. Spora *Aspergillus* yang kecil dan ringan mudah terbawa oleh angin, sehingga jamur ini berperan dalam mencemari berbagai bahan. Jamur ini dapat tumbuh dengan baik pada media yang memiliki tingkat keasaman dan kandungan gula tinggi, menjadikannya penyebab utama pembusukan pada buah-buahan dan sayuran. *Aspergillus* memiliki dua sifat utama, yakni sebagai parasit dan saprofit. Beberapa spesies *Aspergillus* bersifat parasit, yang dapat menyebabkan penyakit aspergillosis pada unggas, karena kemampuannya dalam menghasilkan aflatoksin, yaitu racun berbahaya. *Aspergillus spp.* juga sering ditemukan pada bahan pakan yang disimpan dalam kondisi lembab di gudang, yang dapat menyebabkan kontaminasi. Selain itu, *Aspergillus spp.* juga dianggap sebagai patogen bagi manusia, karena dapat menyebabkan berbagai penyakit saluran pernapasan serta radang granulomatosis yang dapat menyerang berbagai bagian tubuh, termasuk selaput lendir, mata, telinga, kulit, meningen, bronkus, dan paru-paru (Novita, 2017)[25].

Aspergillus adalah mikroorganisme eukariotik yang termasuk dalam kelompok jamur dan sering dijumpai sebagai kontaminan pada berbagai substrat, terutama di daerah tropis dan subtropis. Secara makroskopis, koloni *Aspergillus* umumnya berwarna hijau, sementara pada koloni yang masih muda, warnanya biasanya putih. Selain itu, koloni ini juga menunjukkan keberadaan hifa, konidia, dan konidiofor. Secara mikroskopis, *Aspergillus* hanya dapat diamati di bawah mikroskop karena ukurannya yang sangat kecil. Ciri-ciri mikroskopis yang umum adalah hifa yang bersepta (terpisah oleh sekat) dan miselium yang bercabang, yang merupakan karakteristik khas dari jamur ini. Struktur-struktur tersebut memungkinkan *Aspergillus* untuk berkembang biak dan menyebar di berbagai lingkungan (Indriani et al., 2020)[26].



Gambar 11. *Aspergillus* sp
(Tanzil et al., 2023).

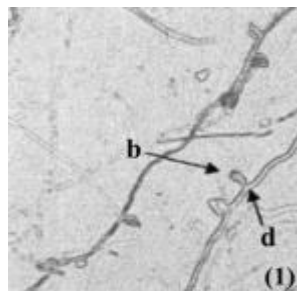
5. *Fusarium* sp

Jamur genus *Fusarium* sp memiliki hubungan yang dekat antar spesies satu dengan spesies yang lainnya. Memiliki makrokondria dan mikrokondria, beberapa ada yang mempunyai mitokondria yang bersepta, sedangkan ada beberapa yang tidak. Koloni dari genus *fusarium* umumnya memiliki warna merah muda hingga violet dengan bagian tengah dari koloni memiliki warna lebih gelap saat dibandingkan dengan warna jamur yang berada dibagian samping atau pinggir. Pada saat konidium sudah terbentuk koloni jamur genus *Fusarium* memiliki tekstur seperti wol atau kapas. Ciri dari jamur yang termasuk dalam genus *Fusarium* sp mempunyai konidia hyaline yang terbentuk dari dua macam jenis yaitu makrokondria memiliki bentuk sabit, biasanya mempunyai sekat berjumlah tiga, mikrokondria terdiri dari satu sel, memiliki bentuk bulat telur atau lonjong, terbentuk dengan cara tunggal atau berangkai, membentuk koloni yang mempunyai warna putih atau merah muda. *Fusarium* memproduksi senyawa anti mikroba *trichothecenes* sehingga dapat mengganggu sintesis protein serta DNA sel bakteri (Hardianti, 2017).

Genus *Fusarium* sp adalah jamur yang mempunyai hifa bersekat, memproduksi spora aseksual yang berupa mikrokonidium dan makrokonidium. Pada umumnya mikrokonidium dibentuk dengan cara berkelompok di ujung konidiofor. Morfologi mikroskopis *fusarium* diketahui bahwa beberapa isolat mempunyai mikrokonidium dengan bentuk oval atau elips, tidak mempunyai sekat atau mempunyai 1-2 sekat, mikrokonidium tersusun di ujung konidiofor yang panjang, tidak memiliki

cabang, memiliki sifat monofialid tunggal. Sel kaki kurang berkembang menyebabkan makrokonidium memmpunyai ujung dengan bentuk yang tumpul (Sari, 2018)[27].

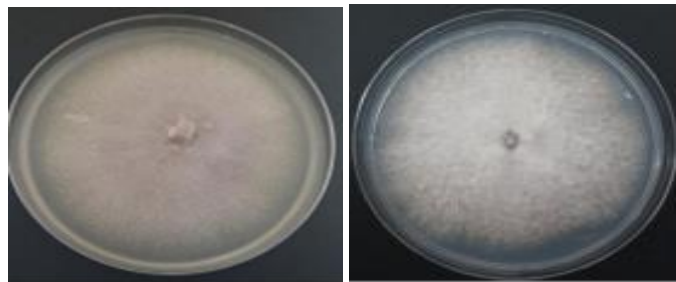
Jamur *Fusarium sp.* memiliki ciri khas yang dapat diamati baik secara mikroskopis maupun makroskopis. Secara mikroskopis, miselium *Fusarium* bersifat hialin, bersepta, dan bercabang. Mikrokonidia yang dihasilkan sedikit jumlahnya, tidak berwarna (hialin), berbentuk bulat, dan uniseluler. Sementara itu, makrokonidia yang dihasilkan tidak berwarna, berbentuk sabit dengan 3-5 cabang, dan memiliki ukuran sekitar 25 µm. Makrokonidia ini memiliki ujung yang tajam dan sedikit melengkung atau bengkok. Koloni *Fusarium sp.* berbentuk bulat dengan pertumbuhan berserabut di permukaan, berwarna putih. Konidiofor *Fusarium sp.* memiliki variasi bentuk, dapat tumbuh secara berkelompok atau tunggal, serta bercabang secara tidak teratur. *Fusarium sp.* menghasilkan dua jenis konidia: mikrokonidia dan makrokonidia. Mikrokonidia biasanya uniseluler, berbentuk bulat atau lonjong, dengan beberapa di antaranya memiliki dua hingga tiga sel yang sedikit lonjong atau melengkung. Sementara itu, makrokonidia berbentuk kano dengan ujung runcing, sedikit melengkung atau bengkok, dan memiliki banyak sel. Ciri-ciri ini membantu dalam identifikasi *Fusarium sp.* yang berperan sebagai patogen tanaman dan dapat menghasilkan mikotoksin berbahaya bagi manusia dan hewan (Burdah, 2023)[28].



Gambar. *Fusarium sp* (b)mikrokonidium (d) false head (Mahendra, 2008)[29].

Fusarium sp. merupakan patogen signifikan yang menyerang tanaman jagung, baik pada bagian batang, tongkol, maupun biji, baik saat di lahan maupun di tempat penyimpanan. *Fusarium verticillioides* menjadi patogen utama pada tanaman jagung, khususnya di wilayah penghasil jagung utama seperti Sulawesi Selatan, Gorontalo, dan Nusa Tenggara Timur. Di tempat penyimpanan, *F. verticillioides* menempati posisi kedua setelah *Aspergillus flavus* dalam menyebabkan kerusakan jagung. Selain itu, *F. verticillioides* diketahui mampu menghasilkan mikotoksin bersifat karsinogenik yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan ternak jika mengonsumsi jagung yang telah terkontaminasi (Pakki, 2016)[30].

Pada umumnya *Fusarium sp* dikenal sebagai pathogen tular tanah, namun jamur *Fusarium sp* tidak hanya menyerang bagian akar saja, tetapi juga bisa menyerang bagian organ lainnya seperti batang, daun, bunga bahkan buah, hal tersebut dapat terjadi melalui luka. Selain spora yang berada di dalam tanah, penyakit yang disebabkan oleh jamur *Fusarium sp* dapat menyebar melalui angin serta air. Tumbuhan inang merupakan tumbuhan dengan usia muda, penyakit ini disebarkan secara vegetative oleh inang dan penyakit ini dapat menjadi sebab gagal panen dengan presentase hingga 50% (Serly, 2020)[31].



Gambar. *Fusarium sp*
(Kalman et al., 2020)[32].

Kesimpulan

Genus yang ditemukan dalam penelitian ini meliputi *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Cephalosporium* sp., *Aspergillus* sp. dan *Fusarium* sp. Nilai indeks keanekaragaman jamur endofit adalah sebesar 1,02 atau dalam kategori sedang ($1 < H' < 3$).

Daftar Pustaka

- [1]. Endarto. (2016). *Budi Daya Jeruk Sehat*. Bogor. World Agroforestry Centre.
- [2]. Saraswati, A. P., Sutopo, S., & Kurniawan, S. (2022). Effect of Organic Fertilizer Form and Dosage on Soil Chemical Properties, Leaf Macro Nutrient Content and Vegetative Growth of Siamese Orange (*Citrus nobilis* Lour) seedlings. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 29–36. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.4>
- [3]. Shofira Latifanisa. (2023). *IDENTIFIKASI PATOGEN DAN PENGENDALIAN HAYATI SECARA IN VITRO PADA PENYAKIT ENTRES MUTAN SINAR GAMMA JERUK VARIETAS SITAYA DAN SIAM MADU SHOFIRA LATIFANISA 1910401018 PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS TIDAR MAGELANG 2023*. Universitas Tidar.
- [4]. Nurul Afiyatul Jannah. (2019). *Isolasi Bakteri Endofit Pada Tanaman Jeruk Keprok (Citrus)*. Universitas Islam Malang.
- [5]. Erliza. (2024). KARAKTERISASI DAN UJI POTENSI JAMUR ENDOFIT PADA DAUN BAWANG MERAH (*Allium ascalonicum* L.) SEBAGAI PENGENDALI PATOGEN *Fusarium* sp. dan *Alternaria* sp. *Journal of Biological Sciences and Applied Biology*.
- [6]. BPTPH. (2023). *Buku Saku Produksi APH (Agen Pengendali Hayati) di BPTPHBUN BALI*.
- [7]. Ernawati, E., Senari, A. M., Mellu, Y., & Boimau, M. (2023). Agensi Hayati Jamur Endofit Daun dan Batang Apel Timor. *Jurnal Biologi UNAND*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.25077/jbioua.11.1.22-28.2023>
- [8]. Syauqi. (2015). *Mikrobiologi lingkungan*. Yogyakarta. Andy.
- [9]. Romadhon. (2020). Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA UNM IDENTIFIKASI MORFOLOGI MIKROBA PADA RUANGAN WATER CLOSET JURUSAN BIOLOGI UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR Identification of Microbial Morphology in The Water Closet Room Department of Biology Universitas Negeri Maka. *Biologi FMIPA UNM*.
- [10]. Irawati, W. (2021). Praktikum Virtual Tentang Pembuatan Medium Potatoes Dextrose Agar Secara Sederhana Dan Isolasi Jamur Pada Biji-Bijian. *BIO-EDU: Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(3), 289–299. <https://doi.org/10.32938/jbe.v6i3.1341>
- [11]. Khalil, A. M. A., Hassan, S. E. D., Alsharif, S. M., Eid, A. M., Ewais, E. E. D., Azab, E., Gobouri, A. A., Elkelish, A., & Fouda, A. (2021). Isolation and characterization of fungal endophytes isolated from medicinal plant ephedra pachyclada as plant growth-promoting. *Biomolecules*, 11(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/biom11020140>
- [12]. Syamsulhadi, M., Ramadhan, V. T., & Widjayanti, T. (2023). PERTUMBUHAN JAMUR *Beauveria bassiana* PADA BEBERAPA TINGKAT KEASAMAN MEDIA DAN SUHU PENYIMPANAN SERTA EFEKTIVITASNYA TERHADAP HAMA *Spodoptera litura*. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 11(1), 28–41. <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2023.011.1.4>
- [13]. Suharman. (2020). *BAHAN AJAR MATA KULIAH MIKROBIOLOGI UMUM*. Universitas PGRI Yogyakarta.
- [14]. Hasanah. (2017). *POTENSI FUNGI ENDOFIT *Fusarium* sp. DAN *Mucor* sp. SEBAGAI AGEN ANTAGONIS TERHADAP FUNGI PATOGEN PENYEBAB BUSUK BATANG TANAMAN BUAH NAGA (*Hylocereus costaricensis*)*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

- [15]. Arissandi, D., Setiawan, christina T., & Wiludjeng, R. (2019). Identifikasi jamur pada buah tomat. *Jurnal Borneo Cendekia*, 3(2), 40–46.
- [16]. Ristiari, N. P. N. (2018). ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR MIKROSKOPIS PADA RIZOSFER TANAMAN JERUK SIAM (*Citrus nobilis* Lour.) DI KECAMATAN KINTAMANI, BALI. *Pendidikan Biologi Undiksha*, 6.
- [17]. Raposo, C., Serrano, I., Cunha, E., Couto, M. P., Lopes, F., Casero, M., Tavares, L., & Oliveira, M. (2023). Phenotypic Characterization of Oral *Mucor* Species from Eurasian Vultures: Pathogenic Potential and Antimicrobial Ability. *Life*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/life13081638>
- [18]. Fathoni. (2016). Identification of Fungi Species on Bats (Order Chiroptera) in South Tangerang City. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 1(1), 28–37. www.jmi.mikoina.or.id
- [19]. Yilmaz, N., Visagie, C. M., Houbaken, J., Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2014). Polyphasic taxonomy of the genus *Talaromyces*. *Studies in Mycology*, 78(1), 175–341. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.08.001>
- [20]. Dwi. (2019). Isolasi dan Identifikasi Jamur *Penicillium* sp, yang Berasal Dari Swab Pasien Ulkus. *Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Tanjungpura Pontianak*.
- [21]. Hardianti. (2017). Identifikasi Jamur Endofit Asal Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Dalam Menghambat *Xanthomonas albilineans* L. Penyebab Penyakit Vaskular Bakteri. 4
- [22]. Sari, N. (2020). Review of Endophytic Fungi as Biocontrol Agents Against Plant Pathogen. *Gontor AGROTECH Science Journal*, 6(1), 55. <https://doi.org/10.21111/agrotech.v6i1.3734>
- [23]. Tanzil, A. I., Efendi, S., Dewi, N., & Kurnianto, A. S. (2023). Morphological Characterization of Saprophyte Fungi on Cocoa Fruit Peel Litter. *Jurnal Pertanian Tropik*, 10(1), 11–19. <https://doi.org/10.32734/jpt.v10i1.10959>
- [24]. Mawarni, N. I. I., Erdiansyah, I., & Wardana, R. (2021). Isolasi Cendawan *Aspergillus* sp. pada Tanaman Padi Organik. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 5(1), 68–74. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v5i1.363>
- [25]. Novita. (2017). ISOLASI DAN IDENTIFIKASI *Aspergillus* Spp PADA PARU-PARU AYAM KAMPUNG YANG DIJUAL DI PASAR BANYUWANGI. *J Med Vet*, 1(1), 6–11. <http://journal.unair.ac.id>
- [26]. Indriani, C., FR., F., & Kodariah L. (2020). Identification of *Aspergillus* Growth on White Bread Against Storage Temperature. *Jurnal Kesehatan Rajawali*, 10(2), 92–103. <http://ojs.rajawali.ac.id/index.php/JKR/article/view/75>
- [27]. Sari. (2018). Keanekaragaman dan Patogenisitas *Fusarium* spp. Asal Beberapa Kultivar Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 13(6), 216. <https://doi.org/10.14692/jfi.13.6.216>
- [28]. Burdah Asni. (2023). *Colletotrichum* sp . PADA TANAMAN PISANG BARANGAN. In *Skripsi. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY*.
- [29]. Mahendra. (2008). IDENTIFIKASI MORFOLOGI BEBERAPA SPESIES JAMUR *FUSARIUM* MORPHOLOGICAL IDENTIFICATION OF SEVERAL *FUSARIUM* SPECIES.
- [30]. Pakki, S. (2016). CEMARAN MIKOTOKSIN, BIOEKOLOGI PATOGEN *Fusarium verticillioides* DAN UPAYA PENGENDALIANNYA PADA JAGUNG. 0411, 371961.
- [31]. Serly. (2020). UJI KONSENTRASI BAHAN AKTIF MANKOZEB DAN WAKTU APLIKASI TERHADAP JAMUR (*Fusarium oxysporum*) PADA TANAMAN CABAI

MERAH (Capsicum annum L.) SECARA IN-VITRO.

- [32]. Kalman, B., Abraham, D., Graph, S., Perl-Treves, R., Harel, Y. M., & Degani, O. (2020). Isolation and identification of fusarium spp., the causal agents of onion (*allium cepa*) basal rot in northeastern israel. *Biology*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/biology9040069>
-