

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gejala Tanaman yang Terserang Patogen *Fusarium* sp.

Hasil pengamatan gejala penyakit pada tanaman jagung yang disebabkan oleh patogen *Fusarium* sp. yaitu sampel tanaman yang didapat sudah dalam kondisi layu walaupun tanaman belum terlalu besar atau tanaman masih dalam fase vegetatif.

Gejala yang tampak pada pangkal batang tanaman jagung mengalami perubahan warna menjadi coklat akibat pembusukan, dapat dilihat pada Gambar 6. Jika tanaman yang masih sangat muda terserang, tanaman dapat membusuk sebelum atau sesudah muncul dari tanah, atau tanaman dapat tumbuh menjadi tanaman yang kerdil. Terdapat massa seperti spora berwarna putih disekitar daun dan pangkal batang.



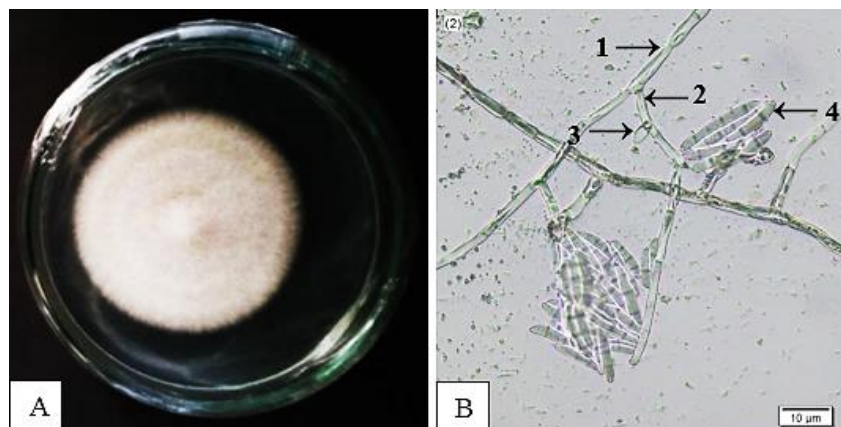
Gambar 6. Gejala serangan patogen *Fusarium* sp. pada pangkal batang tanaman jagung.

Keterangan: 1.) Pangkal batang jagung membusuk.

Menurut Satrahidayat (2010), gejala permulaan dari serangan penyakit ini ialah terjadinya pemucatan daun dan tulang daun, diikuti dengan merunduknya tangkai daun. Daun layu dan lambat laun berwarna kuning. Kelayuan terjadi mulai dari daun terbawah dan terus ke daun bagian atas. Jika tanaman yang sakit dipotong melintang akan kelihatan suatu cincin yang berwarna coklat pada pembuluh xilem. Kelayuan tersebut diakibatkan adanya penutupan saluran xylem yang mengangkut air dan mineral dari tanah, yang mengakibatkan tanaman mati dan akhirnya kering.

4.2 Hasil Isolasi dan Identifikasi Jamur Patogen *Fusarium* sp.

Hasil pengamatan isolasi patogen *Fusarium* sp. dari hasil perbanyakan didapatkan biakan murni pada media PDA. Pada pengamatan biakan murni yang berumur 7 hari didapatkan ciri-ciri makroskopis patogen *Fusarium* sp. dapat dilihat pada Gambar 7. yaitu koloni berwarna putih, pada bagian tengah koloni berwarna putih tulang. Koloni bagian bawah berwarna putih kekuningan. Tipe persebaran konsentris, membulat dengan tekstur permukaan koloni yang agak kasar seperti kapas, kerapatan agak rapat, dan ketebalan agak tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari yaitu 6 cm.



Gambar 7. Hasil biakan murnidan identifikasi jamur patogen *Fusarium* sp.

Keterangan: A.Makroskopis isolat jamur *Fusarium* sp.; B. Mikroskopis jamur *Fusarium* sp. (perbesaran 400x). 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Mikrokonidia, 4.Makrokonidia bersekat.

Pada pengamatan karakteristik mikroskopis dari isolat patogen *Fusarium* sp. dapat dilihat pada Gambar 7. didapatkan hasil adanya hifa hialin yang bersekat dan ramping. Konidiofor hialin, bersekat dan tidak bercabang. Mikrokonidia hialin, tidak bersekat dengan dinding yang tipis, dan berbentuk lonjong dengan ujung agak meruncing. Makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit atau seperti pengait dengan ujung yang meruncing, hialin, dan memiliki 3-5 sekat. Ukuran makrokonidia yang didapat yaitu $19,34\mu\text{m} \times 2,55\mu\text{m}$. Berdasarkan ciri-ciri mikroskopis dari jamur *Fusarium* sp. memiliki ciri khas pada bentuk makrokonidia. Bentuk makrokonidia dari *Fusarium* sp. yaitu seperti bulan sabit, hialin, dan bersekat.

Hal ini sesuai dengan Sastrahidayat (2010), *Fusarium* mempunyai makrokonidium yang berbentuk melengkung, panjang dengan ujung yang mengecil dan mempunyai satu atau tiga buah sekat, sedangkan mikrokonidium mempunyai bentuk tidak bersekat atau bersekat satu dan dihasilkan oleh sporodokium (ukurannya lebih kecil daripada yang makro). Selain itu menurut

Watanabe (2002) menyatakan bahwa jamur *Fusarium* memiliki konidiofor hialin, sederhana, pendek. Konidia hialin, terdiri dari dua macam yaitu makrokonidia berbentuk perahu, ramping lonjong dan bengkok, bersekat. Sedangkan mikrokonidia berbentuk elips bersekat.

4.3 Hasil Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit dari Akar Jagung

Setelah dilakukan isolasi dan purifikasi ditemukan 10 isolat mikroba jamur pada akar jagung, kemudian dilakukan identifikasi dan diperoleh 9 isolat jamur yang teridentifikasi dan 1 isolat jamur tidak teridentifikasi. Sepuluh isolat jamur tersebut ditemukan pada akar jagung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil isolasi dan identifikasi jamur endofit dari akar jagung

Sampel tanaman	Genus jamur
BMD57	1. <i>Nigrospora</i> sp. 2. <i>Alternaria</i> sp. 3. Jamur akar (isolat 1)
BMD58	1. <i>Phomasp.</i> 2. <i>Curvularia</i> sp. (isolat 1)
BISI 18	1. <i>Fusarium</i> sp. (isolat 1) 2. <i>Culvularia</i> sp. (isolat 2) 3. <i>Fusarium</i> sp. (isolat 2)
P35	1. <i>Trichoderma</i> sp. (isolat 1) 2. <i>Trichoderma</i> sp. (isolat 2)

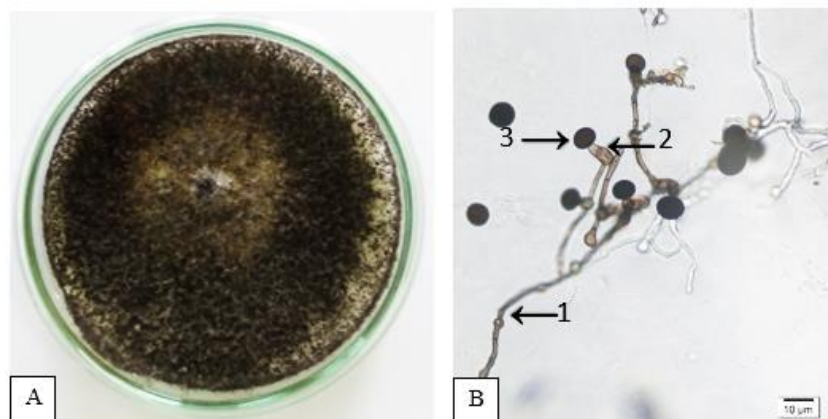
Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa jaringan akar tanaman jagung ditemukan 10 isolat mikroba jamur. Pada galur BMD57 ditemukan 3 isolat jamur yaitu *Nigrospora* sp., *Alternaria* sp., Jamur akar (isolat 1). Untuk galur BMD58 ditemukan 2 isolat jamur yaitu *Phoma* sp. dan *Curvularia* sp. (isolat 1), sedangkan varietas BISI 18 ditemukan 3 isolat jamur yaitu *Fusarium* sp. (isolat 1), *Culvularia* sp. (isolat 2), *Fusarium* sp. (isolat 2) dan varietas P35 ditemukan 2 isolat jamur *Trichoderma* sp.

Hasil isolasi dan identifikasi jamur endofit pada akar jagung galur BMD57

1. Jamur *Nigrospora* sp.

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis menunjukkan bahwa pertumbuhan awal koloni berwarna putih kemudian berubah warna putih bercampur hitam yang dominan. Warna dasar koloni hitam. Pada pertumbuhan koloni kasar dan tebal. Memiliki pola persebaran menyebar dan tidak mempunyai lingkaran konsentris. Pertumbuhan koloni jamur pada hari ke-7 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil biakan murnidan identifikasi jamur *Nigrospora* sp.

Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Nigrospora* sp.pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Nigrospora* sp.(perbesaran 400x). 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Konidia.

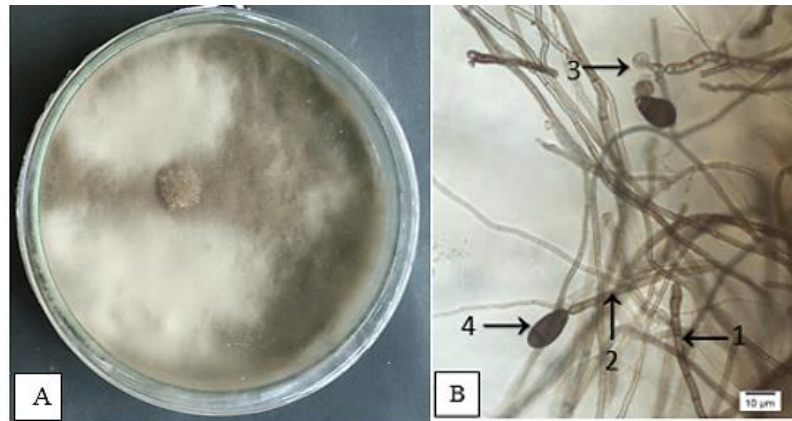
Pengamatan mikroskopis

Pengamatan mikroskopis jamur *Nigrospora* sp. menunjukkan bahwa hifa bersekat dan berwarna kecoklatan, konidiofor pendek, sederhana dan berwarna kecoklatan. Konidia berwarna hitam dan berbentuk bulat atau globose dengan panjang $7,56\mu\text{m}$ x lebar $5,31\mu\text{m}$ dapat dilihat pada Gambar 8. Menurut Barnet dan Hunter (1998), konidiofor sederhana dan pendek, konidia berbentuk globose dan berwarna hitam.

2. Jamur *Alternaria* sp.

Pengamatan makroskopis

Dari hasil pengamatan jamur *Alternaria* sp. dapat dilihat pada Gambar 9. tampak depan koloni berwarna coklat kehitaman dan pada bagian belakang berwarna kehitaman. Tipe persebaran merata dan tidak memusat, tidak memiliki lingkaran konsentris. Tekstur permukaan koloni rata dan halus, ketebalan koloni agak tebal. Koloni jamur memenuhi cawan petri (d=9) selama 9 hari.



Gambar 9. Hasil biakan murni dan identifikasi jamur *Alternaria* sp.
Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Alternaria* sp.pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Alternaria* sp. (perbesaran 400x) 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Mikrokonidia, 4. Makrokonidia.

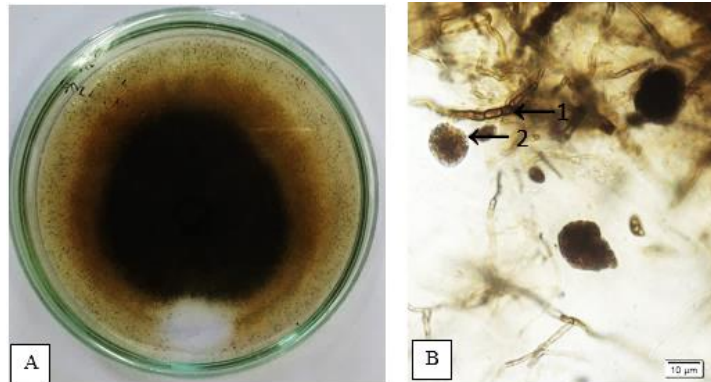
Pengamatan mikroskopis

Pengamatan secara mikroskopis jamur *Alternaria* sp. dapat dilihat pada Gambar 9. menunjukkan bahwa hifa bersekat dan berwarna coklat. Konidiofor berwarna coklat, bersekat, bentuk tegak dengan ujung melengkung. Makrokonidia terdapat di ujung konidiofor dan berwarna coklat gelap dengan bentuk oval. Ukuran makrokonidia hasil pengamatan yaitu $15,31 \times 7,68 \mu\text{m}$. Terdapat mikrokonidia yang berwarna hialin. Menurut Watanabe (2002) menyatakan bahwa konidiofor bersekat, tegak, berdinding tebal. Konidia berwarna coklat gelap, mempunyai 3-5 sekat dan bentuknya oval.

3. Jamur akar(isolat 1)

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis jamur akar (isolat 1) dapat dilihat pada Gambar 10. menunjukkan tampak dari depan koloni berwarna hitam pada bagian tengah dan berwarna coklat pada bagian tepi. Tampak dari belakang warna koloni sama dengan bagian depan. Terdapat lingkaran konsentri, tekstur koloni rata dan halus, ketebalan koloni sangat tipis. Pertumbuhan koloni lambat yaitu memenuhi media di cawan petri (d=9) pada pengamatan ke-9.



Gambar 10. Hasil biakan murni dan identifikasi jamur akar (isolat 1).

Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur akar (isolat 1) pada media PDA, B. Mikroskopis jamur akar (isolat 1) (perbesaran 400x) 1. Hifa, 2. Mikrokonidia.

Pengamatan mikroskopis

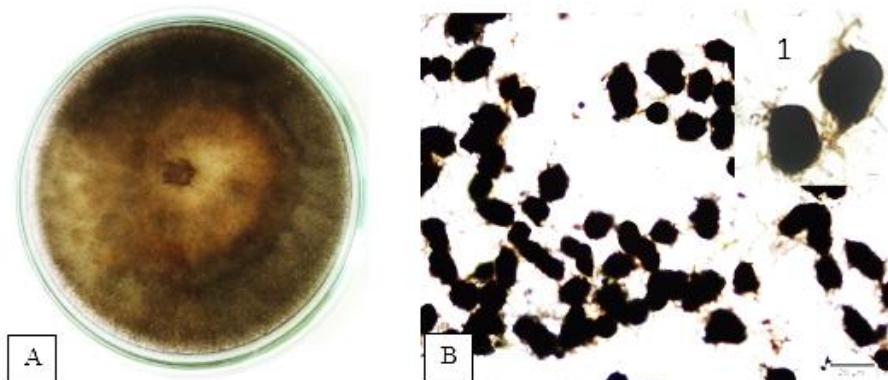
Hasil pengamatan mikroskopis jamur akar (isolat 1) dapat dilihat pada Gambar 10. menunjukkan bahwa terdapat hifa dan konidia. Hifa bersekat dengan warna kecoklatan. Sedangkan untuk konidia berbentuk membulat, tidak memiliki sekat, berwarna kecoklatan.

Hasil isolasi dan identifikasi jamur endofit pada akar jagung galur BMD58

1. Jamur *Phoma* sp.

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis jamur *Phoma* sp. dapat dilihat pada Gambar 11. menunjukkan tampak dari depan koloni berwarna hitam pada bagian tepi dan sedikit warna coklat pada bagian tengah. Tampak dari belakang warna koloni sama dengan bagian depan. Terdapat lingkaran konsentri, tekstur koloni rata dan halus, ketebalan koloni sangat tipis. Pertumbuhan koloni lambat yaitu memenuhi media di cawan petri (d=9) pada pengamatan kesembilan.



Gambar 11. Hasil biakan murni dan identifikasi jamur *Phoma* sp.

Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Phoma* sp. pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Phoma* sp. (perbesaran 400x) 1. Picnidia

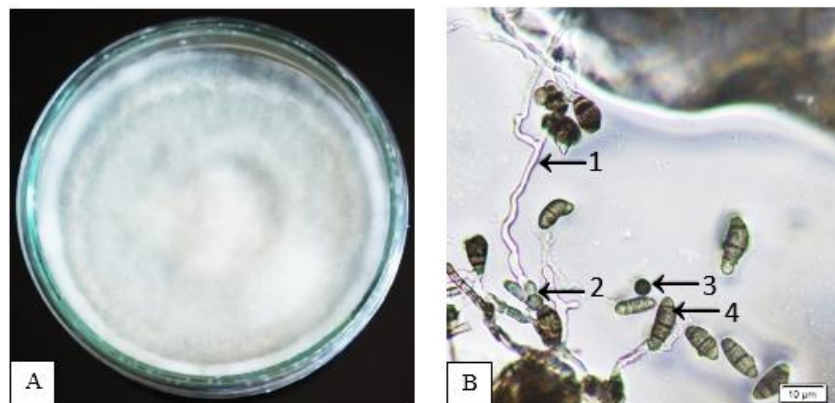
Pengamatan mikroskopis

Hasil pengamatan mikroskopis jamur *Phoma* sp. dapat dilihat pada Gambar 11. menunjukkan bahwa terdapat hifa dan picnidia. Hifa tidak bersekat dengan warna kecoklatan. Sedangkan untuk picnidia berbentuk bulat atau oval, tidak memiliki sekat, berwarna kecoklatan. Menurut Watanabe (2002), hifa hialin, tidak bersekat, berpilin, bercabang dan tidak beraturan berwarna kecoklatan atau coklat. Jamur *Phoma* sp. tidak memiliki konidia baik mikrokonidia maupun makrokonidia Terdapat pycnidia berwarna kehitaman berbentuk bulat atau globes.

2. Jamur *Curvularia* sp. (isolat 1)

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis *Curvularia* sp. (isolat 1) dapat dilihat pada Gambar 12. menunjukkan bahwa koloni berwarna putih. Warna dasar koloni berwarna putih. Pada pertumbuhan koloni agak kasar berbentuk mirip bulu unggas, memiliki pola persebaran yang menyebar baraturan dan konsentris. Pertumbuhan koloni lambat yakni pada hari ke-7 pengamatan hanya memiliki diameter 5,7 cm.



Gambar 12. Hasil biakan murni dan identifikasi jamur *Curvularia* sp. (isolat 1)
Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Curvularia* sp. (isolat 1) pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Curvularia* sp. (isolat 1) (perbesaran 400x) 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Mikrokonidia, 4. Makrokonidia.

Pengamatan mikroskopis

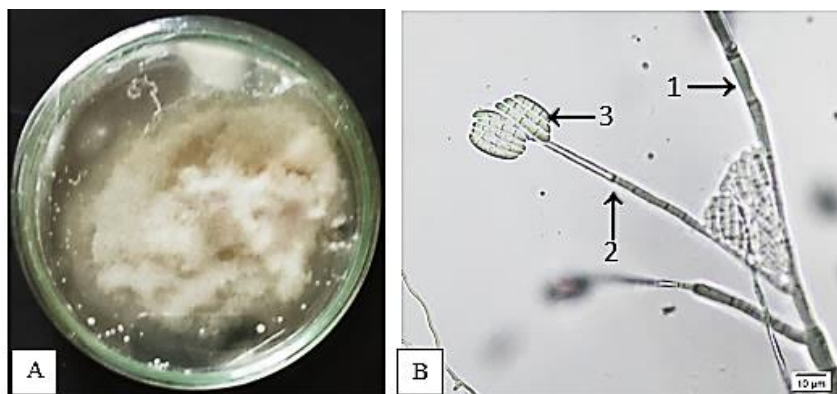
Pengamatan mikroskopis *Curvularia* sp. (isolat 1) dapat dilihat pada Gambar 12. menunjukkan bahwa hifa bersekat, terlihat kecoklatan dan bercabang. Konidiofor berwarna coklat lurus dan berwarna kecoklatan. Pada konidia memiliki 4 septa dan berwarna coklat. Menurut Barnett dan Hunter (1960), *Curvularia* sp. memiliki konidiofor berwarna coklat dan berbentuk sederhana. Dan konidia memiliki septa 3-5 sel dan membengkok pada sel ketiga.

Hasil isolasi dan identifikasi jamur endofit pada akar jagung varietas BIS118

1. Jamur *Fusarium* sp. (isolat 1)

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis jamur *Fusarium* sp. (isolat 1) dapat dilihat pada Gambar 13. menunjukkan koloni tumbuh cepat pada media PDA yaitu diameter mencapai 7 cm pada hari ke-7. Warna permukaan koloni putih sedangkan warna dasar koloni putih kekuningan, koloni bertekstur lembut dengan pola sebaran menyebar beraturan, dan tidak mempunyai lingkaran konsentris. Hal ini sesuai dengan Gandjar (1999) menyatakan bahwa koloni *Fusarium* mempunyai miselia aerial tampak jarang atau banyak seperti kapas, kemudian seperti beludru, berwarna putih.



Gambar 13. Hasil biakan murni dan identifikasi jamur *Fusarium* sp. (isolat 1)

Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Fusarium* sp. (isolat 1) pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Fusarium* sp. (isolat 1) (perbesaran 400x) 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Mikrokonidia, 4. Makrokonidia.

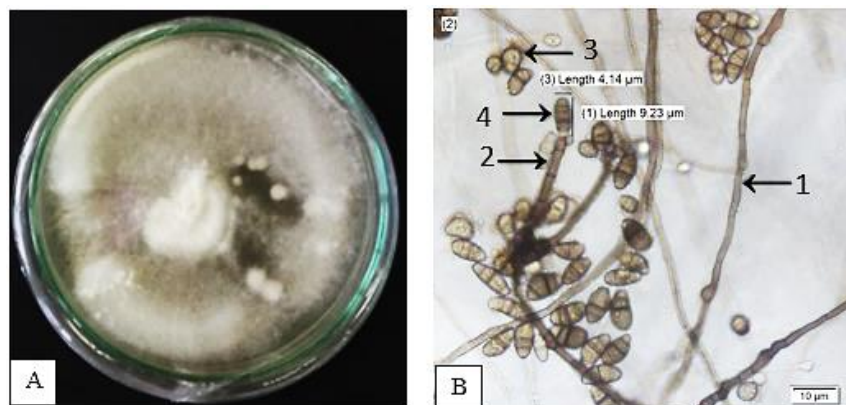
Pengamatan mikroskopis

Dari hasil pengamatan mikroskopis jamur *Fusarium* sp. (isolat 1) dapat dilihat pada Gambar 13. menunjukkan hifa berwarna hialin memanjang dan bersekat, konidiofor hialin bersekat dan bercabang. Konidia bersekat 0 hingga 2, berbentuk lateral, membentuk runcing di kedua ujungnya dan berwarna hialin. Hal tersebut sesuai dengan Barnett (1960) yang menyatakan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai konidiofor bercabang dan konidia berwarna hialin serta bersekat. Hasil pengamatan juga sesuai dengan Gandjar (1999) yang menyatakan bahwa konidiofor bercabang dapat tidak. Makrokonidia jarang terdapat pada beberapa strain, berbentuk pada fialid yang terdapat pada konidiofor bercabang atau dalam sporodokhia, bersepta 3-5, berbentuk fusiform, sedikit membengkok dan meruncing pada kedua ujungnya.

2. Jamur *Curvularia* sp. (isolat 2)

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis *Curvularia* sp. (isolat 2) dapat dilihat pada Gambar 14. menunjukkan koloni muda berwarna putih, ketika berumur 7 hari pada bagian depan koloni berwarna putih dan pada bagian belakang berwarna putih kecoklatan. Tipe persebaran berbentuk membulat tak beraturan, sebaran tidak merata dan menyebar, tidak mempunyai lingkaran konsentris. Tekstur permukaan koloni agak kasar, ketebalan agak tebal. Ukuran diameter koloni saat berumur 7 hari sebesar 9 cm.



Gambar 14. Hasil biakan murnidan identifikasi jamur *Curvularia* sp. (isolat 2)

Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Curvularia* sp. (isolat 2) pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Curvularia* sp. (isolat 2) (perbesaran 400x) 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Mikrokonidia, 4. Makrokonidia.

Pengamatan mikroskopis

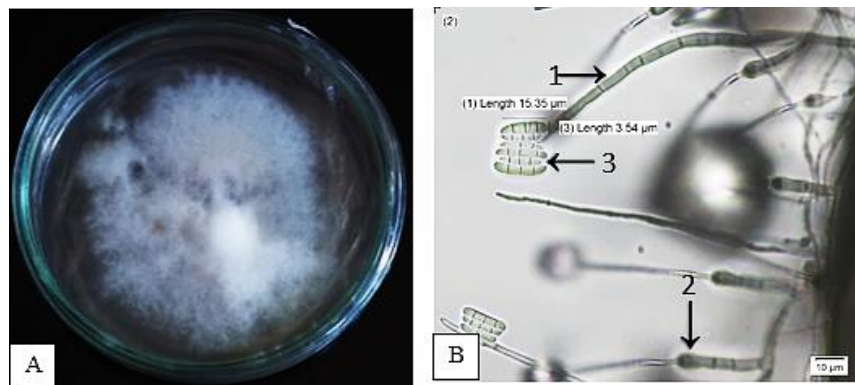
Pengamatan secara mikroskopis *Curvularia* sp. (isolat 2) dapat dilihat pada Gambar 14. menunjukkan bahwa hifa bersekat, berwarna coklat gelap. Konidiofor berwarna coklat gelap, bersekat, berbentuk tegak. Konidia berada diujung konidifor dan mempunyai 3-4 septa. Menurut Watanabe (2002), menyatakan bahwa konidiofor berwarna coklat tua, sederhana, tegak, dan berdinding tebal. Konidia berwarna coklat gelap, mempunyai 4 septa dan pada septa yang ke-2 lebih bedar dibanding dengan septa yang lain.

3. Jamur *Fusarium* sp. (isolat 2)

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis jamur *Fusarium* sp. (isolat 2) dapat dilihat pada Gambar 15. Menunjukkan koloni muda berwarna putih, pada pengamatan berumur 7 hari pada bagian depan koloni berwarna putih dan pada bagian belakang berwarna putih. Tipe persebaran berbentuk menggunung, sebaran tidak rata dan menyebar, tidak mempunyai lingkaran konsentris. Tekstur permukaan koloni agak

halus, kerapatan agak rapat, ketebalan agak tebal. Ukuran diameter koloni saat berumur 7 hari sebesar 6,4 cm.



Gambar 15. Hasil biakan murni dan identifikasi jamur *Fusarium* sp. (isolat 2)
Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Fusarium* sp. (isolat 2) pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Fusarium* sp. (isolat 2) (perbesaran 400x) 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Makrokonidia.

Pengamatan mikroskopis

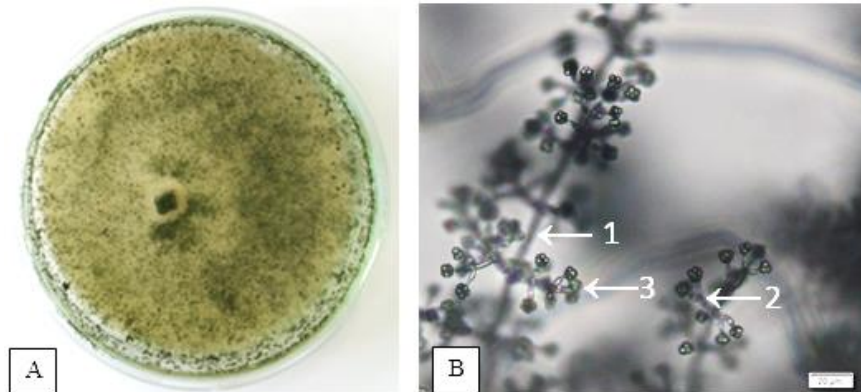
Pengamatan secara mikroskopis jamur *Fusarium* sp. (isolat 2) dapat dilihat pada Gambar 15. menunjukkan bahwa hifa bersekat dan berwarna hialin. Konidiofor bersekat, berbentuk tegak, ramping, ujung menyempit dan bercabang. Konidia berwarna hialin, berbentuk seperti bulan sabit, bersekat, sebaran bergerombol disekitar konidiofor, kumpulan konidia bergerombol dan terdiri dari 4-5 septa. Menurut Watanabe (2002), menyebutkan bahwa konidiofor hialin, tegak ramping, sederhana, konidia berwarna hialin dan terdiri dari 4-5 septa.

Hasil isolasi dan identifikasi jamur endofit pada akar jagungvarietas P35

1. Jamur *Trichoderma* sp. 1

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1) dapat dilihat pada Gambar 16. Menunjukkan pada awal pertumbuhan miselium berbentuk seperti kapas berwarna putih dan kemudian menjadi hijau tua. Koloni tumbuh cepat di media PDA, hal itu dibuktikan dengan diameter koloni yang mencapai 9 cm pada hari ke-3. Tekstur koloni kasar dan terdapat butiran halus dipermukannya. Jamur ini memiliki lingkaran seperti cincin konsentris serta tumbuh menyebar secara beraturan.



Gambar 16. Hasil biakan murnidan identifikasi jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1)
Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1) pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1) (perbesaran 400x) 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Konidia.

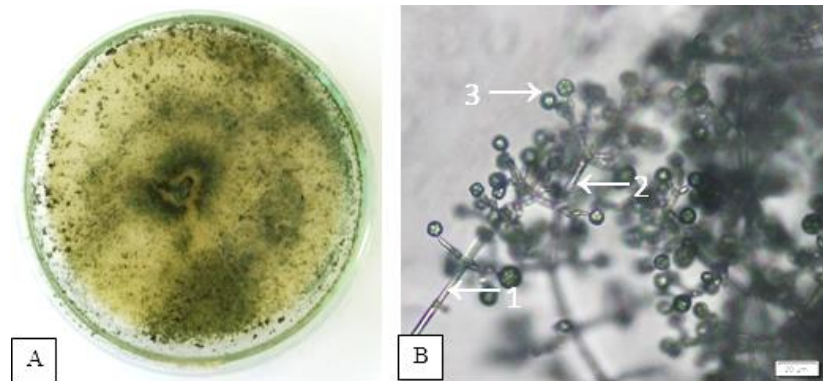
Pengamatan mikroskopis

Pengamatan jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1) secara mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 16. menunjukkan bahwa konidiofor berwarna hialin, berbentuk tegak, bercabang. Konidia berwarna hijau tua dan berbentuk bulat. Ukuran konidia memiliki panjang $8,15\mu\text{m}$ dan lebar $6,99\mu\text{m}$. Menurut Barnet dan Hunter (1998), jamur *Trichoderma* sp. memiliki konidiofor berwarna hialin, berbentuk tegak dan bercabang. Konidia memiliki warna hijau sampai hijau tua.

2. Jamur *Trichoderma* sp. (isolat 2)

Pengamatan makroskopis

Pengamatan makroskopis jamur *Trichoderma* sp. (isolat 2) dapat dilihat pada Gambar 17. menunjukkan pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih, ketika berumur 5 hari pada bagian depan koloni berubah warna menjadi hijau tua dan bagian belakang berwarna hijau. Tipe persebaran berbentuk membulat tidak beraturan, sebaran merata dan mempunyai lingkaran konsentris dibelakang. Tekstur permukaan koloni agak kasar, kerapatan renggang dan ketebalan tipis. Diameter koloni saat berumur 5 hari sebesar 9 cm pada media PDA.



Gambar 17. Hasil biakan murnidan identifikasijamur *Trichoderma* sp. (isolat 2)
Keterangan: A. Makroskopis isolat jamur *Trichoderma* sp. (isolat 2) pada media PDA, B. Mikroskopis jamur *Trichoderma* sp. (isolat 2) (perbesaran 400x) 1. Hifa, 2. Konidiofor, 3. Konidia.

Pengamatan mikroskopis

Pengamatan jamur *Trichoderma* sp. (isolat 2) secara mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 17. menunjukkan bahwa konidiofor berwarna hialin, berbentuk tegak, bercabang. Konidia berwarna hijau tua dan berbentuk bulat. Ukuran konidia memiliki panjang $9,46\mu\text{m}$ dan lebar $8,10\mu\text{m}$. Menurut Barnet dan Hunter (1998), jamur *Trichoderma* sp. memiliki konidiofor berwarna hialin, berbentuk tegak dan bercabang. Konidia memiliki warna hijau sampai hijau tua. Selain itu menurut Amaria *et al.* (2013) kelompok Trichodermamempunyai koloni berwarna hijau, menyebar ke segala arah dan berkembang cepat pada media PDA. Pengamatan mikroskopis menunjukkan konidia oval/silinder berukuran antara $3,0-6,0 \times 2,1-4,1\mu\text{m}$, konidifor bercabang dan mempunyai phialid 3-6.

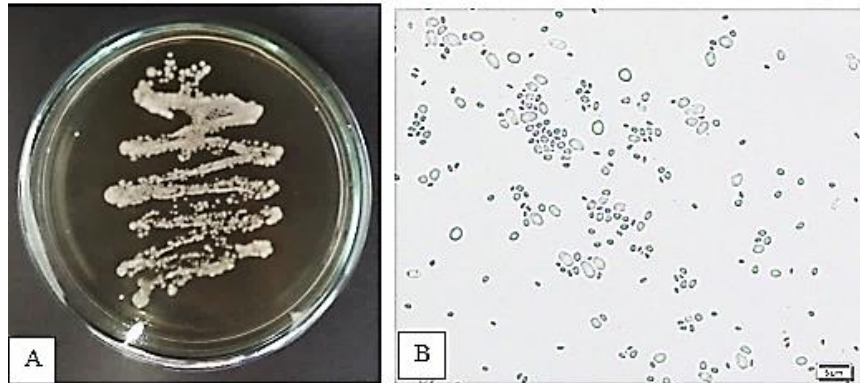
4.4 Hasil Isolasi dan Identifikasi Khamir dari Akar Jagung

Berdasarkan hasil isolasi dan identifikasi khamir yang dilakukan pada akar tanaman jagung diperoleh 3 genus khamir. Genus jamur yang berhasil diidentifikasi antara lain : *Candida* sp., *Metschnikowia* sp. dan *Pichia* sp. Karakteristik makroskopis dan mikroskopis masing-masing khamir yang ditemukan dapat dilihat secara rinci pada Lampiran Tabel 1.

1. Khamir *Candida* sp.

Pengamatan makroskopis

Berdasarkan hasil pengamatan kenampakan makroskopis khamir *Candida* sp. menunjukkan koloni berwarna putih krem, elevasi timbul atau cembung, memiliki tekstur butiran, permukaan koloni mengkilap, serta tepian koloni tidak rata, dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil biakan murni dan identifikasi khamir *Candida* sp.

Keterangan: A. Makroskopis isolat khamir *Candida* sp. pada media YEPD, B. Mikroskopis khamir *Candida* sp.

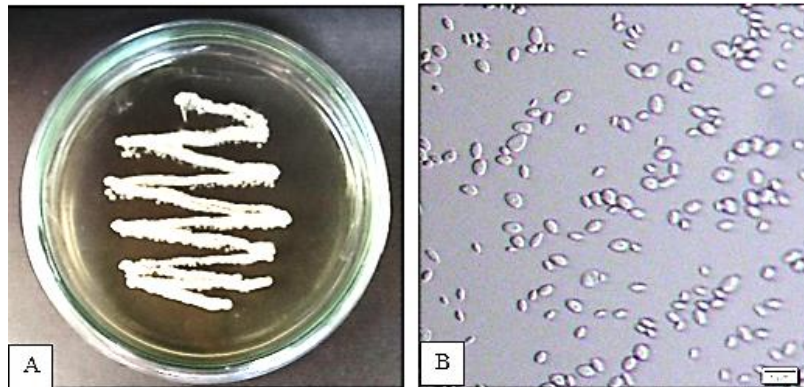
Pengamatan mikroskopis

Pada pengamatan secara mikroskopis khamir *Candida* sp. menunjukkan sel berbentuk bulat dengan ukuran $2,78 - 1,63\mu\text{m}$, sel tunggal dan mengalami pembelahan sel berantai pendek, dapat dilihat pada Gambar 18. Menurut Kurtzman dan Fell (1998), mendeskripsikan bahwa khamir dengan genus *Candida* memiliki ciri makroskopis koloni seperti butiran, koloni berwarna putih kekuningan, memiliki bentuk permukaan yang timbul, dan bertekstur halus. Sedangkan ciri-ciri mikroskopis *Candida* sp. sel-selnya tunggal dan berbentuk bulat, lonjong, maupun bulat lonjong. ukuran sel $1-5\mu\text{m}$ dan dapat membelah dengan berkelompok seperti rantai pendek. Menurut Kreger-van (1987), Genus *Candida* sp. memiliki bentuk sel bervariasi dari bulat, oval, silindris hingga memanjang, jarang apikulat, ogival, triangular atau bentuk botol dengan atau tanpa pseudohifa. Reproduksi aseksual dengan pertunasan multilateral.

2. Khamir *Metschnikowia* sp.

Pengamatan makroskopis

Hasil pengamatan kenampakan makroskopis khamir *Metschnikowia* sp. dapat dilihat pada Gambar 19. menunjukkan isolat khamir memiliki koloni berwarna putih, tekstur butiran, tepi koloni tidak rata, elevasi rata sedikit cembung dengan permukaan mengkilap.



Gambar 19. Hasil biakan murni dan identifikasi khamir *Metschnikowia* sp.
Keterangan: A. Makroskopis isolat khamir *Metschnikowia* sp. pada media YEPD, B. Mikroskopis khamir *Metschnikowia* sp.

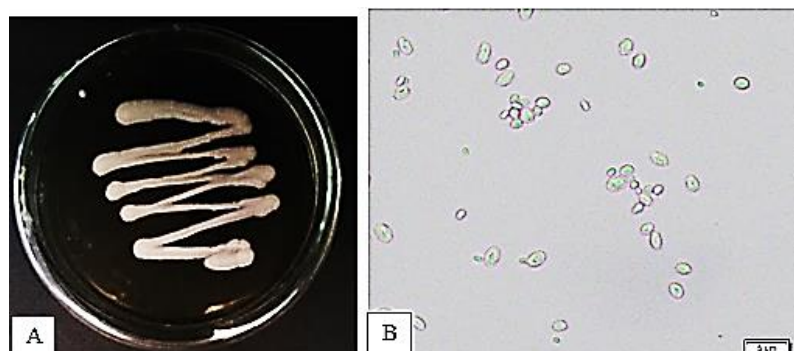
Pengamatan mikroskopis

Pada pengamatan secara mikroskopis khamir *Metschnikowia* sp. dapat dilihat pada Gambar 19. menunjukkan sel-sel berbentuk oval atau ovoid dengan ukuran 2,37–4,14 μ m, sel tunggal dan membelah secara multilateral. Menurut Kurtzman dan Fell (1998), mendeskripsikan bahwa *Metschnikowia* sp. menunjukkan koloni yang mengkilap, berwarna putih, berbentuk butiran dan cembung. Sedangkan ciri-ciri mikroskopisnya yaitu sel-selnya berbentuk bulat hingga bulat telur (ovoid), sel tunggal dan berpasangan dalam kelompok kecil. Sel berukuran 3-8 μ m dan membelah secara multilateral dengan 1-3 tunas per sel.

3. Khamir *Pichia* sp.

Pengamatan makroskopis

Berdasarkan pengamatan makroskopis isolat khamir *Pichia* sp. dapat dilihat pada Gambar 20. menunjukkan koloni berwarna putih, memiliki tekstur halus, permukaan koloni mengkilap, elevasi cembung, serta tepian koloni yang rata.



Gambar 20. Hasil biakan murni dan identifikasi khamir *Pichia* sp.
Keterangan: A. Makroskopis khamir *Pichia* sp. pada media YEPD, B. Mikroskopis khamir *Pichia* sp.

Pengamatan mikroskopis

Pada pengamatan secara mikroskopis khamir *Pichia* sp. dapat dilihat pada Gambar 20. menunjukkan sel berbentuk bulat telur atau ovoid sampai oval berukuran 1,20 – 2,66 μ m, tunas multipolar. Menurut Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan bahwa khamir *Pichia* sp. memiliki warna koloni putih, berbentuk butiran dan memiliki tekstur halus. Sedangkan ciri-ciri mikroskopis *Pichia* sp. sel-selnya berbentuk bulat telur berukuran 2,9-10 μ m, sel tunggal, membentuk rantai pendek, dan membentuk pseudomiselium. Menurut Kreger-van (1987), genus *Pichia* memiliki bentuk sel bulat, elips atau memanjang, sering membentuk pseudohifa namun sangat jarang membentuk *true hifa*. Reproduksi aseksual dengan pertunasan multilateral dan secara seksual dengan askospora (1-4 per askus).

4.5 Hasil Uji Antagonis Jamur Endofit Terhadap Patogen *Fusarium* sp.

Hasil uji antagonis antara jamur endofit terhadap patogen *Fusarium* sp. yang dilakukan secara *in-vitro* dengan metode oposisi langsung pada media PDA disajikan dalam Tabel 2. sebagai berikut :

Tabel 2. Rerata persentase penghambatan jamur endofit terhadap patogen *Fusarium* sp. selama 7 HSI (hari setelah inokulasi).

Isolat Jamur	Daya hambat jamur endofit terhadap patogen <i>Fusarium</i> sp. (%)													
	1 hsi		2 hsi		3 hsi		4 hsi		5 hsi		6 hsi		7 hsi	
Kontrol	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
<i>Phomasp.</i>	22,5	b	21,29	bcd	18,29	cd	18,34	bc	18,34	b	16,8	b	16,8	b
<i>Curvularia</i> sp. (isolat 1)	13,33	b	13,19	abc	10,17	bc	17,46	b	25	b	24,33	bc	24,33	bc
Jamur akar (isolat 1)	23,71	b	15,38	abcd	7,88	ab	21,14	c	22,56	b	26,79	bc	26,79	bc
<i>Nigrospora</i> sp.	21,11	b	17,36	abcd	22,06	d	28,22	c	29,33	b	28,78	c	28,77	c
<i>Curvularia</i> sp. (isolat 2)	23,34	b	6,67	ab	18,65	cd	24,74	bc	29,32	b	32,24	c	32,25	c
<i>Alternaria</i> sp.	12,5	b	16,67	abcd	18,27	cd	24,35	bc	25,28	b	26,02	bc	32,41	c
<i>Trichoderma</i> sp. (isolat 2)	8,34	ab	32,22	d	39,99	e	48,14	d	48,14	c	50,83	d	50,83	d
<i>Trichoderma</i> sp. (isolat 1)	25,08	b	27,78	cd	45,96	e	47,35	d	47,35	c	52,22	d	52,22	d

Keterangan: Angka disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antar perlakuan.

Berdasarkan hasil analisis ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap patogen *Fusarium* sp. pada 7 hari setelah inokulasi dapat dilihat Lampiran Tabel 2. menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan sehingga dilakukan uji lanjutan menggunakan uji Duncan dengan taraf kesalahan 5% yang disajikan pada Tabel 2. dari hasil uji duncan pada Tabel 2. menunjukkan bahwa

besarnya hambatan pada kontrol adalah 0%, dikarenakan untuk kontrol tidak diberikan perlakuan agen antagonis sehingga tidak ada interaksi dengan patogen. Pada hari pertama sampai hari kelima pengamatan dari semua perlakuan memiliki persentase penghambatan kurang dari 50%. Namun pada pengamatan hari keenam dan ketujuh perlakuan dengan jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1) dan *Trichoderma* sp. (isolat 2) menunjukkan persentase penghambatan berturut-turut yaitu sebesar 52,22% dan 50,83%. Untuk perlakuan *Curvularia* sp. (isolat 1) dan *Curvularia* sp. (isolat 2) menunjukkan persentase penghambatan berturut-turut yaitu sebesar 24,33% dan 32,25%. Sedangkan untuk perlakuan *Phoma* sp. sebesar 16,8%, jamur akar (isolat 1) sebesar 26,79%, *Nigrospora* sp. sebesar 28,77% dan *Alternaria* sp. sebesar 32,41%.

Adanya perbedaan tingkat penghambatan terhadap patogen *Fusarium* sp. oleh jamur endofit diduga erat kaitannya dengan kemampuan dari jamur antagonis berkompetisi dengan patogen terutama sebagai mikoparasit dan kecepatan tumbuh. Hasil uji antagonis jamur endofit menunjukkan bahwa delapan jamur endofit yang diujikan dapat menekan pertumbuhan patogen *Fusarium* sp. melalui tiga mekanisme antagonis yaitu mekanisme mikoparasit, kompetisi dan antibiosis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Mekanisme antara jamur endofit terhadap patogen *Fusarium* sp.

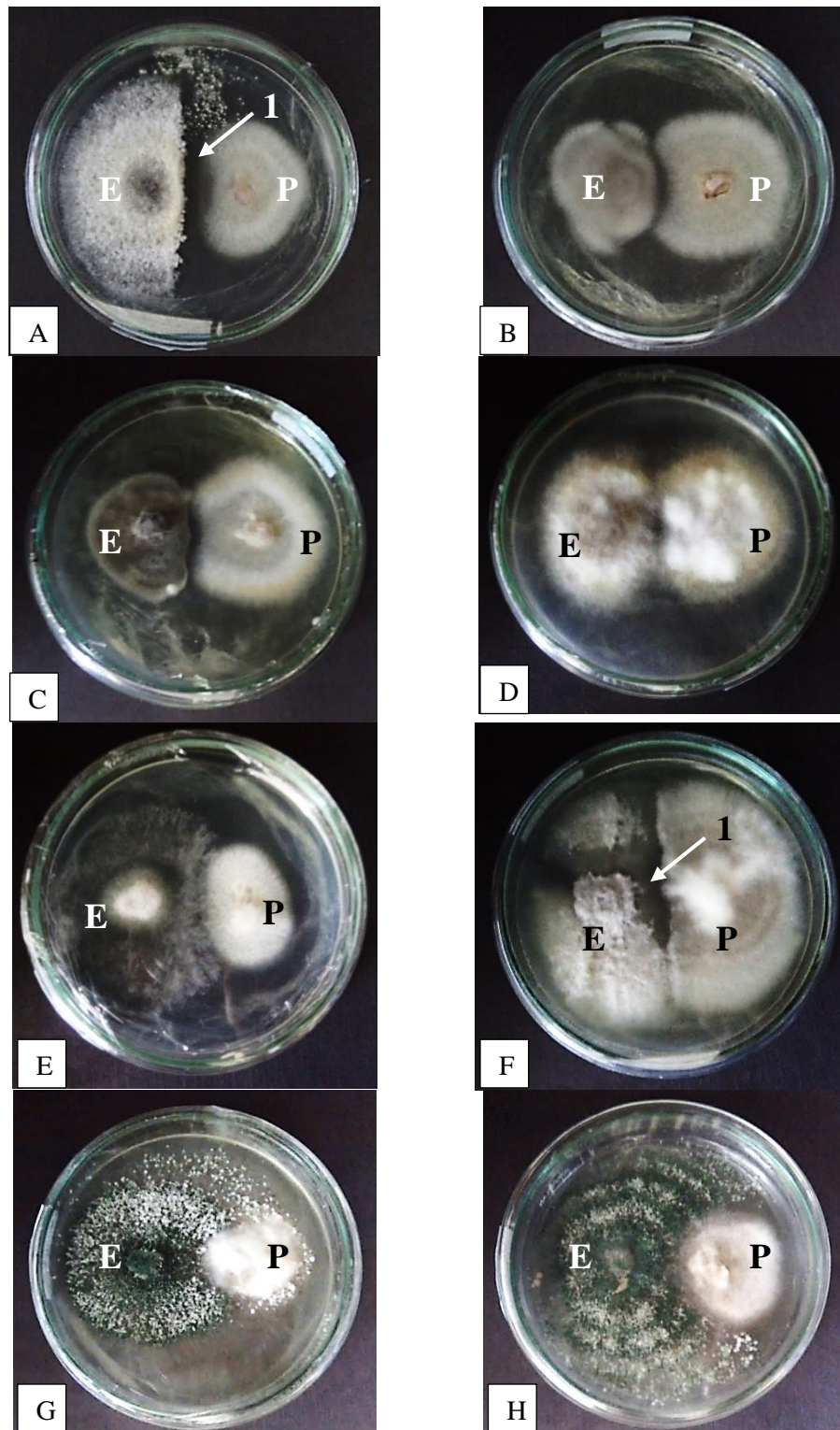
Perlakuan Jamur	Mekanisme Antagonis
<i>Phoma</i> sp.	Kompetisi
<i>Curvularia</i> sp. (isolat 1)	Kompetisi
Jamur akar (isolat 1)	Kompetisi
<i>Nigrospora</i> sp.	Antibiosis
<i>Curvularia</i> sp. (isolat 2)	Antibiosis
<i>Alternaria</i> sp.	Kompetisi
<i>Trichoderma</i> sp. (isolat 2)	Mikoparasit
<i>Trichoderma</i> sp. (isolat 1)	Mikoparasit

Mekanisme antagonis mikoparasit dan kompetisi ditunjukkan oleh isolat jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1) dan *Trichoderma* sp. (isolat 2). Persentase penghambatan tertinggi oleh jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1) terhadap patogen *Fusarium* sp. yaitu 52,22%. Jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1) mempunyai kecepatan pertumbuhan yang cepat yaitu dalam waktu 3 hari telah menutupi media PDA dicawan petri. Terlihat dalam Gambar 21. jamur *Trichoderma* sp. (isolat

1) dan *Trichoderma* sp. (isolat 2) menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. dengan cara hifa dari *Trichoderma* sp. menempel dan mampu melakukan penetrasi ke bagian hifa patogen sehingga hifa mengalami kerusakan. Menurut Sudantha (2009) mekanisme yang sering terjadi antara jamur *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan patogen yaitu mekanisme mikroparasit dan kompetisi. Sesuai dengan pernyataan Sastrahidayat *et al.* (2015) yaitu jamur *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan untuk tumbuh cepat memenuhi petridish selama 3 hari untuk dapat bersaing dengan patogen jamur dalam mendapatkan nutrisi dengan cara jamur antagonis mengelilingi, menghalangi dan kemudian tumbuh dalam hifa jamur patogen.

Selanjutnya terdapat empat isolat jamur dalam pengujian antagonis dengan mekanisme kompetisi yaitu jamur *Alternaria* sp., jamur akar (isolat 1), jamur *Culvularia* sp. (isolat 1), dan jamur *Phoma* sp. dapat dilihat pada Gambar 21. Menurut Zuhria *et al.* (2016) mekanisme antagonis jamur endofit memiliki kemampuan dalam mendapatkan ruang dan nutrisi serta produksi enzim untuk melawan komponen sel patogen. Mekanisme kompetisi jamur endofit tidak seperti menargetkan patogen secara langsung, tetapi melalui perubahan fisiologis dan metabolik sekunder. Hal tersebut juga didukung pernyataan Mukarlina *et al.* (2010) dalam medium PDA keberadaan jamur antagonis menyebabkan terbatasnya tempat tumbuh dan nutrisi untuk pertumbuhan jamur patogen. Kompetisi yang terjadi pada metode biakan ganda disebabkan adanya kebutuhan nutrisi seperti karbohidrat, protein, asam amino esensial, dan nutrisi lainnya.

Untuk mekanisme antibiosis dihasilkan oleh perlakuan dengan jamur *Nigrospora* sp. dan jamur *Culvularia* sp. (isolat 2) dapat dilihat pada Gambar 21. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya zona bening diantara jamur endofit yang diujikan dengan jamur patogen. Jamur endofit dapat mengeluarkan zat antibiosis yang dapat dibuktikan dengan tidak tumbuhnya patogen pada media yang terdapat zona bening. Menurut Hallmann *et al.* (2001) menyatakan jamur endofit memiliki mekanisme antagonis yang ditandai dengan zona bening disekitar jamur endofit dan jamur patogen. Arnold *et al.* (2003) juga memaparkan bahwa jamur endofit memiliki mekanisme langsung dalam menekan patogen, yaitu melalui produksi antibiotik dan sekresi enzim litik.



Gambar 21. Hasil uji antagonis jamur endofit terhadap patogen *Fusarium* sp. pada 7 HSI (hari setelah inokulasi).

Keterangan : **E**=endofit, **P**=patogen, **A**. Perlakuan jamur *Nigrospora* sp. (1) Zona bening, **B**. Perlakuan jamur *Alternaria* sp., **C**. Perlakuan jamur akar (isolat 1), **D**. Perlakuan jamur *Curvularia* sp. (isolat 1), **E**. Perlakuan jamur *Phoma* sp., **F**. Perlakuan jamur *Curvularia* sp. (isolat 2) (1) Zona bening, **G**. Perlakuan jamur *Trichoderma* sp. (isolat 1), **H**. Perlakuan jamur *Trichoderma* sp. (isolat 2).

4.6 Hasil Uji Antagonis Khamir Terhadap Patogen *Fusarium* sp.

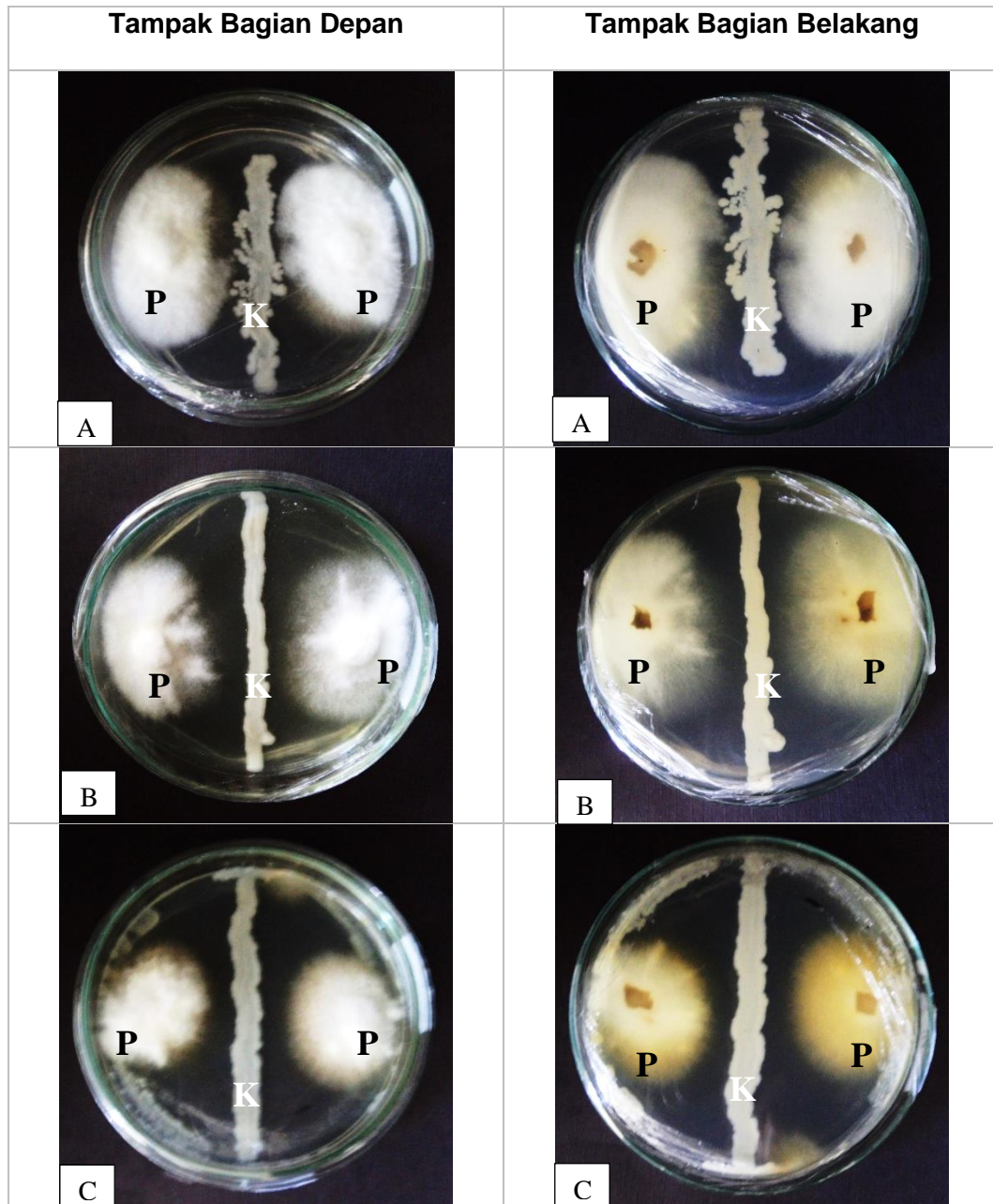
Hasil persentase uji antagonis antara khamir terhadap patogen *Fusarium* sp. yang dilakukan secara *in-vitro* pada media PDA disajikan dalam Tabel 4. sebagai berikut :

Tabel4. Rerata persentase penghambatan khamir terhadap patogen *Fusarium* sp. selama 7 HSI (hari setelah inokulasi).

Isolat Khamir	Daya hambat khamir terhadap patogen <i>Fusarium</i> sp. (%)					
	2 hsi	3 hsi	4 hsi	5 hsi	6 hsi	7 hsi
Kontrol	0	a 0	a 0	a 0	a 0	a 0
<i>Candida</i> sp.	38,24	b 29,84	b 18,76	b 10,15	a 4,81	a 2,31
<i>Metschnikowia</i> sp.	50,65	b 25,76	b 19,31	b 10,44	a 6,77	a 6,52
<i>Pichia</i> sp.	37,82	b 28,23	b 24,02	b 12,85	a 9,43	a 8,31

Keterangan: Angka disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antar perlakuan.

Pengujian antagonis dilakukan terhadap 3 isolat khamir dengan isolat patogen *Fusarium* sp. pada media PDA. Pengamatan daya hambat khamir terhadap patogen *Fusarium* sp. dilakukan sejak 2 HSI sampai 7 HSI. Hasil analisis uji antagonis menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5% pada Tabel 4. menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata antar perlakuan khamir dalam menghambat pertumbuhan patogen *Fusarium* sp. setelah 5-7 HSI. Hasil analisa persentase penghambatan juga dapat dilihat pada Lampiran Tabel 3. Namun pengamatan hari kedua sampai hari keempat semua perlakuan khamir menunjukkan beda nyata dengan kontrol. Pada perlakuan kontrol yaitu *Fusarium* sp. tanpa perlakuan khamir tidak menghasilkan hambatan sama sekali sehingga persentase hambatan adalah 0%. Perlakuan dengan menggunakan khamir *Candida* sp. mampu menghasilkan hambatan 2,31%. Perlakuan dengan khamir *Metschnikowia* sp. mampu menghasilkan hambatan 6,52%. Sedangkan perlakuan dengan menggunakan khamir *Pichia* sp. menghasilkan hambatan 8,31%. Hasil uji antagonis khamir menunjukkan mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi serta mekanisme antibiosis terhadap patogen *Fusarium* sp. dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Hasil uji antagonis khamir terhadap patogen *Fusarium* sp. pada hari ke-7 inokulasi.

Keterangan: K=khamir, P=patogen, A. Perlakuan khamir *Candida* sp.
B. Perlakuan khamir *Metschnikowia* sp. C. Perlakuan khamir *Pichia* sp.

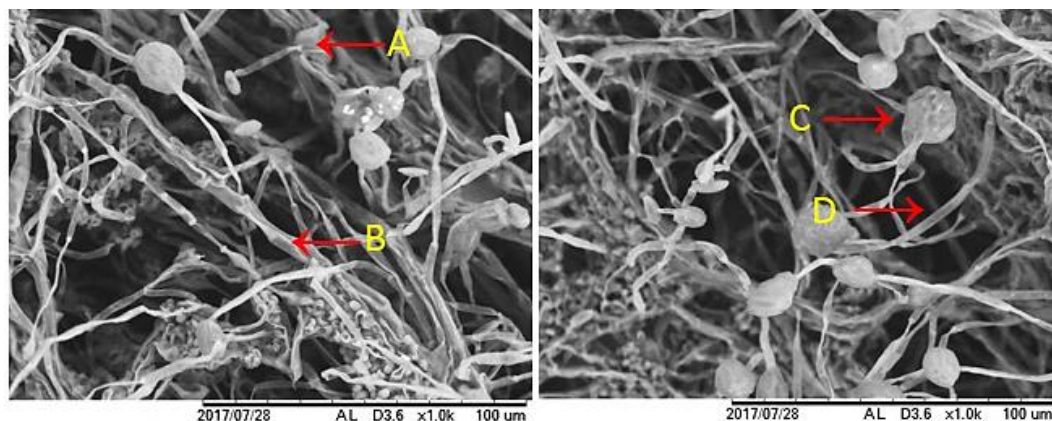
Dari hasil pengamatan tidak terjadi interaksi dari koloni khamir terhadap hifa dari patogen jamur *Fusarium* sp. pada permukaan media PDA, tetapi hanya terjadi persaingan atau kompetisi ruang dan nutrisi oleh pertumbuhan patogen *Fusarium* sp. Hal tersebut ditunjukkan pada perlakuan khamir *Candida* sp. dan *Metschnikowia* sp. yaitu pertumbuhan patogen *Fusarium* lebih menguasai ruang dan nutrisi di cawan petri dapat dilihat pada Gambar 22. Terdapat faktor yang mempengaruhi pengujian antagonis terhadap patogen *Fusarium* sp. yaitu seperti

pH media dan tekanan lingkungan pengujian antagonis .Hal tersebut yang mempengaruhi aktivitas mikroba dalam pengaplikasian sebagai agens biokontrol. Menurut Mohamed dan Haggag (2007) menyebutkan bahwa ketika merencanakan aplikasi biontrol strain, faktor misalnya pH, suhu rendah, kelembaban dapat mempengaruhi pertumbuhan dan metabolit agens biokontrol.

Selain mekanisme kompetisi hal lain ditunjukkan pada perlakuan khamir *Pichia* sp. yaitu dengan mekanisme antibiosis, dapat dilihat pada Gambar 22. Mekanisme antibiosis ditunjukkan adanya zona hambat dan perubahan warna koloni dasar jamur patogen *Fusarium* sp. Terbentuknya senyawa metabolit sekunder tersebut dapat menyebabkan fungistatik, lisis dinding sel, atau nekrotik, sehingga pertumbuhan jamur patogen menjadi terhambat.Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Masih *et al.* (2001) bahwa pengujian antagonis khamir *Pichia membranifaciens* dengan patogen *B. cinerea* menyebabkan munculnya zona hambat di sekitar khamir sedangkan hifa dari patogen gagal tumbuh di zona hambat tersebut. Kemudian perubahan warna dari koloni patogen disebabkan karena senyawa atau enzim yang dapat melisis dinding sel. Menurut Mohamed dan Haggag (2007), antibiosis didefinisikan sebagai mekanisme antagonisme yang membawa metabolit antibiotik jamur, senyawa antibiotik seperti enzim litik, senyawa volatil dan senyawa beracun lainnya. Hal tersebut didukung oleh Paulitz *et al.*(2000) bahwa senyawa volatil dari agens pengendali hayati telah menjadi bagian penting dari mekanisme penghambatan dan senyawa volatil telah banyak terlibat dalam mengontrol patogen tular tanah.

4.7 Hasil Pengamatan Mekanisme Antagonis Jamur *Trichoderma* sp. terhadap Patogen *Fusarium* sp.

Dari hasil pengamatan dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) memperjelas mekanisme antagonisme antara *Trichoderma* sp. dengan patogen *Fusarium* sp. dapat dilihat pada Gambar 23. menunjukkan bahwa hifa *Trichoderma* sp. menempel dan melilit hifa *Fusarium* sp. sehingga menyebabkan kerusakan struktur hifa. Hifa *Fusarium* sp. mengalami kerusakan dikarenakan strukturnya menjadi pipih akibat mikoparasit oleh hifa *Trichoderma* sp. dan nutrisi di dalam hifa *Fusarium* sp. diserap oleh hifa jamur *Trichoderma* sp.



Gambar 23. Hasil SEM dari uji antagonis jamur endofit *Trichoderma* sp. (isolat 1) dengan patogen *Fusarium* sp.

Keterangan: A. Mekanisme mikoparasit, B. Penempelan hifa *Trichoderma* sp. (isolat 1) dengan hifa *Fusarium* sp., C. Spora *Trichoderma* sp. (isolat 1), D. Hifa *Trichoderma* sp. (isolat 1)

Awalnya hifa *Trichoderma* sp. tumbuh memanjang, kemudian membelit dan mempenetrasi hifa jamur inang sehingga hifa inang mengalami vakoulasi, lisis dan akhirnya hancur. Menurut Harjono dan Widyastuti (2001), *Trichoderma* sp. melakukan penetrasi ke dalam dinding sel inang dengan bantuan enzim pendegradasi dinding sel yaitu kitinase, glukonase, dan protease, selanjutnya menggunakan isi hifa inang sebagai sumber makanan. Pada saat melilit dan menghasilkan enzim untuk menembus dinding sel inang, *Trichoderma* sp. juga menghasilkan antibiotik seperti gliotoksin dan viridian.

Menurut Benitez *et al.* (2004) menyampaikan bahwa *Trichoderma* sp. dapat melekat pada patogen dengan cara mengikat, menggulung dinding sel patogen dan membentuk appresoria. Proses mikoparasit melibatkan perubahan morfologi patogen seperti terlilit dan pembentukan struktur appresorium yang berfungsi untuk menembus dinding patogen. Selain itu menurut Sastrahidayat *et al.* (2015) proses mikoparasit berlangsung karena adanya interaksi langsung masing-masing

hifa jamur antagonis dengan hifa jamur patogen. Hifa *Trichoderma* terlihat seperti membungkus atau melilit hifa dari jamur patogen.

Hal tersebut juga diperkuat oleh pernyataan Kucukdan Kivan (2003) dan Witkowska dan Maj (2002) bahwa penempelan merupakan tahapan ketiga dari pola interaksi mikoparasit yang dimiliki oleh *Trichoderma* sp. Tahapan pertama dari pola interaksi mikoparasit antara *Trichoderma* sp. dengan jamur patogen adalah pertumbuhan kemotropik, dimana pada tahap ini terjadi proses rangsangan kimiawi dari inang terhadap jamur antagonis. Tahap kedua adalah pengenalan atau rekognisi, pada tahap ini pada beberapakasus bersifat spesifik sehingga sifat antagonis *Trichoderma* sp. hanya efektif untuk jamur patogen tertentu. Tahap keempat adalah penguraian dinding sel inang, terkait dengan enzim-enzim yang dihasilkan.