

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bawang merah memiliki nilai ekonomis dan permintaan pasar yang tinggi namun produktivitasnya mulai mengalami penurunan sebesar 5,96% pada tahun 2014 karena beberapa faktor. Salah satu kendala utamanya adalah serangan penyakit busuk pangkal yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* karena menimbulkan kerusakan dan menurunkan hasil produksi umbi lapis hingga 50% (Surya *et al.*, 2019 dan Kementan, 2015; Nining *et al.*, 2019; Badan Pusat Statistik, 2015 dalam Malona *et al.*, 2016; Utami & Putra, 2015; Marsadi *et al.*, 2017; Nugroho, 2015; Sunarya & Destiani, 2016; Khotimah *et al.*, 2017; Wiyatiningsih *et al.*, 2009). Hadiwiyono *et al.*, (2009) menyatakan bahwa penyakit busuk pangkal bawang telah menyerang 92,5% pertanaman bawang di Tawangmangu Karanganyar, Jawa Tengah pada tahun 2003 dengan insiden penyakit rata-rata 18,43% dan telah menjadi penyakit endemik di beberapa sentra bawang merah seperti di Bantul, Brebes, dan Nganjuk.

Hingga saat ini aplikasi pestisida dinilai sebagai upaya pengendalian penyakit yang paling cepat dan tepat oleh petani. Pandangan tersebut menyebabkan

peningkatan penggunaan pestisida hingga melebihi dosis yang dianjurkan (Surya *et al.*, 2019). Pemakaian pestisida yang tidak sesuai dosis dalam jangka panjang akan menimbulkan berbagai masalah baru seperti pencemaran lingkungan, resistensi dan resurgensi hama penyakit, terbunuhnya organisme non target seperti predator dan musuh alami, residu yang terbawa pada hasil produksi tanaman dan keracunan pada manusia (Dhiaswari *et al.*, 2019; Laode, 2015). Sehingga perlu cara pengendalian lain yang lebih ramah lingkungan.

Petani merasa telah melakukan hal yang tepat akan tetapi tindakan tersebut justru memiliki dampak negatif. Hal tersebut sesuai dengan ayat al-Quran berikut ini:

أَلَا إِنَّهُمْ هُمُ الْمُفْسِدُونَ وَلَكِن لَّا شَعُرُونَ ﴿١٢﴾

“ *Ingatlah, sesungguhnya merekalah yang berbuat kerusakan, tetapi mereka tidak menyadari.*” (QS. Al-Baqarah 2: Ayat 12) (Cordoba International Indonesia, 2013).

Tanaman secara alami memiliki sifat tahan terhadap serangan organisme pengganggu yang bisa diaktifkan secara sengaja menggunakan metode *Induced Systemic Resistance* (ISR) dengan menambahkan elisitor. Salah satunya menggunakan mikroorganisme patogen yang bersifat hipovirulen (daya virulensi rendah) seperti *Fusarium oxysporum* hipovirulen hasil mutasi dengan sinar UV (Choudhary *et al.* 2007 dalam Djaenuddin, 2016; Vallad & Goodman 2004 dalam Hanudin *et al.*, 2016). Virulensinya yang rendah memicu aktifnya sistem ketahanan tanaman tanpa menimbulkan gejala atau hanya menimbulkan sedikit

gejala penyakit sehingga isolat hipovirulen dapat berkembang dan tumbuh bersama dengan tanaman (Worosuryani *et al.* 2006 dalam Supriyanto *et al.*, 2009).

### 1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* berpotensi menjadi agen hayati dalam meningkatkan resistensi tanaman bawang merah terhadap busuk pangkal?
2. Bagaimana cara memperoleh *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* hipovirulen dalam upaya meningkatkan resistensi tanaman bawang merah terhadap penyakit busuk pangkal?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui efektifitas *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* hipovirulen untuk meningkatkan resistensi tanaman bawang merah terhadap penyakit busuk pangkal.
2. Mengetahui cara perolehan isolat *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* hipovirulen.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

1. Secara ilmiah menjelaskan tentang pemanfaatan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* hipovirulen sebagai agen hayati yang efektif untuk meningkatkan resistensi tanaman bawang terhadap penyakit busuk pangkal.

2. Secara praktis diharapkan menjadi alternatif dalam upaya mengendalikan penyakit busuk pangkal pada bawang merah yang ramah lingkungan.

### 1.5 Kerangka Pemikiran

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) termasuk dalam kelompok sayuran rempah unggulan yang penting karena memiliki fungsi sebagai bumbu yang perannya tidak dapat digantikan oleh sayuran lain. Konsumsi bawang merah di Indonesia sampai tahun 2014 mencapai 8,69% /kapita/tahun (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2015 dalam Rahman & Umami, 2019; Ghozali & Wibowo, 2019). Menurut Aswatini *et. al* (2008), peningkatan produksi sayuran termasuk bawang merah tidak hanya ditujukan untuk pemenuhan kebutuhan lokal, tetapi diharapkan dapat dijadikan komoditas ekspor.

Produktivitas bawang merah tidak hanya bergantung pada varietas yang ditanam, tetapi juga salah satunya dipengaruhi oleh serangan penyakit (Suwandi, 2014). *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* merupakan patogen utama bawang merah (Fadhila *et al.* 2014; Isniah & Widodo, 2016). Tanaman yang terserang *F. oxysporum* 10-15% bibit tidak mampu tumbuh sempurna, tunas yang tumbuh klorosis dan rebah ke tanah kemudian membusuk (Manan & Mugiastuti, 2018).

Menurut Suryanto (2010) dalam Hidayati & Rosawanti (2019) usaha pengendalian penyakit busuk pangkal bawang saat ini masih bergantung pada penggunaan pestisida. Namun, selain menimbulkan berbagai permasalahan baru penggunaan pestisida sebenarnya tidak efektif dan efisien untuk mengendalikan

serangan penyakit. Hal ini karena patogen hidup secara internal di dalam jaringan tanaman inangnya dan menjadikannya sulit dikendalikan apabila menggunakan pestisida. Tanah yang sudah terinfestasi patogen juga sulit untuk dibebaskan kembali sehingga memungkinkan penyakit senantiasa muncul sepanjang musim. Sementara itu varietas bawang merah yang tahan terhadap penyakit ini belum tersedia.

Pengendalian hayati dengan memanfaatkan agen pengendali hayati merupakan metode yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pengendalian penyakit dengan menggunakan agens hayati berpotensi dalam mencegah maupun menekan perkembangan penyakit, terutama penyakit tular tanah (*soil borne*), di samping itu dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit tertentu (Lorito *et al.*, 2010; Shores *et al.*, 2010; Contreras-Cornejo *et al.*, 2011; Malmierca *et al.*, 2012; dan Mastouri *et al.*, 2012 dalam Amaria & Wardiana, 2014). Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* hipovirulen termasuk dalam agen hayati dan merupakan jamur yang hidup di daerah perakaran atau di terdapat di dalam tanah sehingga lebih mudah berkembang dan mempertahankan diri, serta tidak membutuhkan waktu lama dalam beradaptasi. Oleh karena itu agen hayati yang berasal dari daerah perakaran atau rizosfer memiliki peluang besar dalam mengendalikan patogen tular tanah (Amaria & wardiana, 2014).

Isolat hipovirulen atau avirulen merupakan salah satu agen hayati yang bisa digunakan sebagai elisitor untuk meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit melalui mekanisme *Induced Systemic Resistance* (ISR). Ketahanan

terinduksi (ISR) pada tanaman diartikan sebagai proses pengaktifan atau penstimulasian mekanisme ketahanan pada tanaman inang secara fisik maupun kimia oleh agensia biotik atau abiotik (agens penginduksi) sehingga dapat melindungi tanaman dari infeksi patogen tanah (Zang *et al.*, 2007; Soesanto, 2008 dalam Djaenuddin, 2016). Induksi resistensi yang dilakukan pada tanaman akan merangsang dan menyebabkan kondisi fisiologis sistem pertahanan tanaman untuk diaktifkan dengan pemberian elisitor sebagai pemicu eksternal, termasuk fisik, biologi, dan kimia (Agrios, 2005 dalam Khotimah *et al.*, 2017).

Mekanisme induksi resistensi berkaitan dengan peningkatan produksi beberapa jenis protein *pathogenesis related-proteins* (PRP), antara lain kitinase, b-1,3 glukanase, proksidase, endoproteinase, dan oxalate oksidase (van Loon & Bakker 2003 dalam Hanudin *et al.*, 2016). Mayoritas protein tersebut bekerja melalui sintesis senyawa penyandi ketahanan seperti asam salisilat, asam jasmonat, dan etilen, serta aktivitas anti mikroba melalui hidrolisis dinding sel, toksik, dan signal ketahanan (Hanudin *et al.*, 2016).

Imunisasi atau induksi resistensi dengan inokulasi strain jamur hipovirulen atau jamur non patogen akan menstimulasi dan mengatur sistem ketahanan tanaman menjadi aktif (Dewy, 2014). Isolat jamur hipovirulen memiliki nilai *Disease Severity Index* atau DSI-nya <2 sehingga tidak dapat menyebabkan gejala penyakit atau hanya menimbulkan sedikit gejala (Worosuryani *et al.*, 2006 dalam Parlindo & Septia, 2019; Supriyanto *et al.*, 2009). *Fusarium* hipovirulen telah dimanfaatkan untuk mengendalikan beberapa jenis patogen (Kristiana *et al.*, 2015

dalam Septhiani *et al.*, 2018). Strain jamur *Fusarium oxysporum* non patogen bisa diperoleh dengan pemberian sinar UV pada strain patogen (liar).

Radiasi sinar UV mampu menginduksikan perubahan secara genetis pada patogen sehingga sifatnya bisa berubah menjadi non patogen. Mekanisme yang menyebabkan patogen berubah menjadi non patogen ini disebabkan oleh adanya perubahan biokimia pada strain patogen tersebut, yaitu berkurangnya produksi enzim pectiklyase ekstraseluler, menurunnya aktifitas polygalacturonase, dan terjadinya defisiensi sekresi enzim ekstraseluler (Fadly *et al.*, 2019). Paparan sinar UV menyebabkan kerusakan dimer timin dalam untaian DNA yang mengganggu replikasi DNA (Adams *et al.*, 2019). Iradiasi yang tinggi membuat DNA rusak dan menyebabkan pemisahan kromosom yang tidak sempurna pada saat pembelahan sel, sehingga mengakibatkan sel kehilangan kemampuan untuk memperbanyak diri (Sardjono dan Wibowo, 1987 dalam Putra *et al.* 2013).

Hasil pengujian *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense* (Foc) dan *Fusarium oxysporum non patogen* (FoNP) secara *in vitro* dengan metode *dual culture* menunjukkan FoNP mampu menghambat pertumbuhan dari Foc. Mekanisme penghambatan yang terjadi yakni adanya kompetisi ruang, persaingan nutrisi, dan mikroparasit (Aghna *et al.*, 2019). Sementara itu secara *in vivo* dalam penelitian Biles & Martyn (1989) sebelumnya diperoleh hasil bahwa inokulasi *Fusarium oxysporum* f.sp *niveum* hipovirulen pada tiga percobaan menggunakan varietas tanaman semangka yang berbeda menyebabkan penurunan presentase penyakit berupa gejala layu sebesar 83, 45, dan 41% pada varietas *Calhoun Gray*, lalu 40, dan 67% pada varietas *Dixielee*, dan 53% pada varietas *Royal Jubilee*. Selain

pada semangka, percobaan Fadly *et al.*, (2019) pada tanaman tebu membuktikan *Fusarium oxysporum* f.sp. *moniliforme* hipovirulen hasil penyinaran UV mampu menekan intensitas penyakit menjadi sebesar 52,66%. Kemudian *F. oxysporum* f.sp. *solani* hipovirulen mampu menekan intensitas penyakit menjadi sebesar 66% (Dewy, 2014).

Waktu yang dibutuhkan untuk memutasi strain patogen berbeda-beda tergantung jenis patogennya karena setiap patogen memiliki susunan genetika yang berbeda (Nasution *et al.*, 2013). Fadly *et al.* (2019) dalam penelitiannya memperoleh hasil bahwa lama penyinaran UV selama 45 menit dengan jarak penyinaran 5 cm terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *moniliforme* adalah waktu yang paling efisien untuk menurunkan patogenitasnya. Sedangkan pada *F. oxysporum* f.sp. *solani* penyinaran ultraviolet selama 2 jam adalah waktu terbaik dalam menekan pertumbuhan dan patogenitas jamur (Dewy, 2014).

Proses penginduksian isolat hipovirulen dilakukan dengan merendam benih atau akar tanaman dalam suspensi isolat, penyiraman suspensi ke tanah atau pencampuran suspensi ke dalam tanah yang steril, dan pelapisan benih dengan media yang mengandung jamur hipovirulen sebelum penanaman (Fauziah *et al.*, 2016 ; Rahmawati *et al.*, 2018; Hanudin *et al.*, 2016).

## 1.6 Hipotesis

1. Jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepa* berpotensi menjadi agen hayati untuk meningkatkan resistensi tanaman bawon merah terhadap penyakit busuk pangkal.



2. *Fussarium oxysporum* f. sp. *cepae* hipovirulen dapat diperoleh dengan pemberian sinar UV pada strain *Fussarium oxysporum* f. sp. *cepae* patogenik untuk meningkatkan resistensi tanaman bawang terhadap penyakit busuk pangkal.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)

##### 2.1.1 Taksonomi dan Morfologi Bawang Merah

Samadi dan Cahyono (2005) menyatakan bahwa dalam ilmu tumbuhan tanaman bawang merah diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Class : Monokotiledonae

Ordo : Liliales

Family : Liliaceae

Genus : *Allium*

Species : *Allium ascalonicum* L.



Bawang merah termasuk tanaman terna rendah berbentuk rumput yang tumbuh tegak dengan tinggi 15 – 50 cm, membentuk rumpun dan termasuk tanaman semusim. Perakarannya berupa akar serabut yang tidak panjang dan tidak terlalu dalam tertanam dalam tanah dan memiliki umbi lapis (Rahman & Umami, 2019; Hidayati & Rosawanti, 2019). Bentuk daunnya seperti seperti pipa, bulat kecil

memanjang antara 50 –70 cm, berlubang, bagian ujungnya meruncing, berwarna hijau muda sampai hijau tua, dan letak daun melekat pada tangkai yang ukurannya relatif pendek (Rukmana, 1995).

Bawang merah memiliki batang sejati berbentuk pendek yang disebut diskus atau biasa juga disebut dengan cakram. Bagian atas dari diskus merupakan batang semu tempat pelepah-pelepah daun tersusun. Dari batang inilah daun tumbuh keluar sedangkan bagian bawahnya akan menjadi umbi lapis (Fajjriyah, 2017).

Bunga bawang merah merupakan bunga sempurna yang majemuk berbentuk tandan yang bertangkai dengan 50 – 200 kuntum bunga yang mekar secara tidak bersamaan. Pada ujung dan pangkal tangkai mengecil dan di bagian tengah menggebung, bentuknya seperti pipa dimana bagian tengah tangkainya berlubang. Tangkai tandan bunga ini sangat panjang mencapai 30 – 50 cm. Kuntumnya juga bertangkai tetapi pendek antara 0,2 – 0,6 cm. Meskipun kuntum bunga bawang merah sangat banyak namun hanya sedikit yang melakukan penyerbukan dan menghasilkan biji. Biji yang dihasilkan memiliki bentuk pipih dan berukuran kecil. Warna biji saat masih muda adalah putih agak bening kemudian saat biji tua warnanya akan berubah menjadi hitam (Pitojo, 2003).

### **2.1.2 Syarat Tumbuh Bawang Merah**

Bawang merah membutuhkan intensitas penyinaran minimal sebesar 70% dan suhu 25-32°C untuk bisa tumbuh optimal (Hidayati & Rosawanti, 2019). Bawang merah bisa bertahan hidup di iklim kering dengan kelembaban 50-70% (Balitbang Pertanian, 2017 dalam Rahman & Umami, 2019). Umbi pada bawang merah dapat terbentuk di daerah dengan suhu rata-rata 22°C, meskipun hasil

umbiinya tidak sebaik jika tumbuh di daerah yang suhu udaranya lebih panas. Jika suhu udara di bawah 22°C maka bawang merah tidak akan berumbi. Bawang merah akan membentuk umbi dengan ukuran lebih besar jika ditanam di daerah yang waktu penyinarannya lebih dari 12 jam. Karenanya bawang merah tumbuh dengan lebih baik di dataran rendah dengan iklim yang cerah (Sumarni & Hidayat, 2005).

Di Indonesia, bawang merah dapat ditanam di dataran rendah maupun di dataran tinggi dengan maksimal ketinggian 1000 m dpl. Meski masih bisa tumbuh dan menghasilkan umbi di dataran tinggi akan tetapi umur tanamnya menjadi lebih lama 0,5-1 bulan dan hasil produksinya lebih rendah (Sumarni & Hidayat, 2005).

Tanah yang dikehendaki oleh bawang merah untuk tumbuh dengan baik, menghasilkan umbi berkualitas dengan bentuk normal dan ukuran yang besar adalah tanah yang subur, gembur, banyak mengandung bahan organik atau humus, mudah mengikat air, memiliki aerasi yang baik, dengan pH tanah antara 5,5 – 6,5. Jika pH terlalu asam (<5,5) tanaman akan jadi kerdil dan jika terlalu basa (> 6,5) ukuran dari umbinya kecil. (Hakiki, 2015).

## **2.2 Bawang Merah Varietas Batu Ijo**

Bawang merah varietas Batu Ijo merupakan varietas bawang merah lokal yang berasal dari Batu-Malang, varietas ini bisa tumbuh di dataran tinggi yaitu 1000-1500 mdpl pada musim kemarau. Walaupun demikian, untuk pertumbuhan optimal adalah pada ketinggian 0-450 meter dpl. Varietas Batu Ijo mulai berbunga pada 45-50 hari, memiliki anakan Batu Ijo mampu tumbuh dengan baik dan

memiliki jumlah anakan 2-5 atau bisa juga lebih dari 6 umbi per rumpun. Umur panen sekitar 65-70 hari setelah tanam.



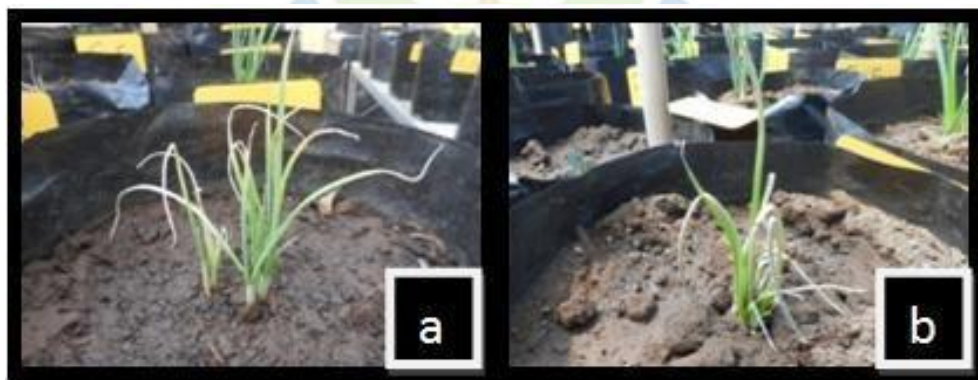
Gambar 1. Umbi bawang merah varietas Batu Ijo

Batu ijo menghendaki tanah yang memiliki kesuburan tinggi dengan tekstur lempung berpasir dan struktur tanah yang remah dengan pH berkisar antara 6-6,5. Jenis tanah yang dapat dijadikan media tanam untuk varietas batu ijo diantaranya adalah tanah aluvial, latosol, dan andosol (Pujiati, Primiani, & Marheny, 2017; Baswarsiati, *et al.*, 2013).

### 2.3 Penyakit Busuk Pangkal

Penyakit busuk pangkal umbi (moler) disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp.*cepae* dan sering ditemukan di setiap lahan budidaya bawang merah dengan intensitas serangan yang berbeda-beda tergantung pada musim tanam, jenis tanah, kondisi cuaca, varietas bawang merah yang ditanam, dan jumlah inokulum patogen di dalam tanah (Nugroho *et al.*, 2019).

*Fusarium oxysporum* menghasilkan senyawa toksin yang disebut sebagai asam fusarat (*5-n-butylpicolinic acid*). Senyawa toksin tersebut merusak metabolisme pada tanaman inang sehingga menyebabkan pasokan air dan garam-garam mineral menjadi berkurang dan membuat permeabilitas dari membran sel terganggu. Hal tersebut yang menyebabkan munculnya gejala layu pada tanaman (Juwanda *et al.*, 2016). Selain itu, asam fusarat ini juga menghambat oksidasi sitokinin dan proses respirasi pada mitokondria serta menyebabkan busuk dan klorosis pada daun muda (Sukmadjaja *et al.*, 2003).



Gambar 2. Gejala moler pada bawang merah

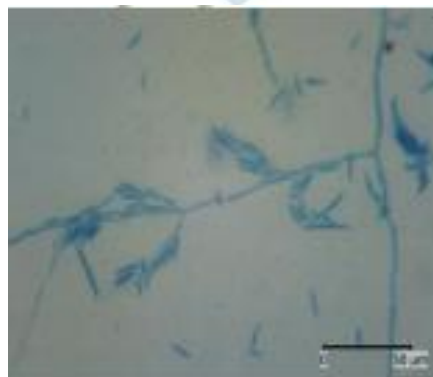
Keterangan : (a) Gejala daun mulai meliuk (b) Gejala daun mulai layu (Prakoso *et al.*, 2016)

Gejala awal dari infeksi penyakit busuk pangkal pada umur 14 hari setelah tanam (HST) dapat dilihat pada gambar. Gejala yang nampak pada semua varietas bawang merah yang terkena penyakit busuk pangkal yaitu daun tidak tumbuh tegak tetapi meliuk (Prakoso *et al.*, 2016). Gejala tersebut merupakan awal dari

serangan patogen tular tanah yang merupakan akibat dari infeksi pada bagian akar atau batang yang berbatasan dengan permukaan tanah dan menyebabkan tersumbatnya transportasi hara dan air sehingga tanaman layu (Kaeni *et. al.*, 2014). Penyebaran penyakit layu oleh fusarium dibantu oleh air, pada cuaca lembab dan akan terjadi banyak infeksi baru pada musim hujan (Sari, 2019).

#### 2.4 *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* (Hanz.) Snyd. & Hans

Jamur patogen *Fusarium* adalah jamur yang dilaporkan bersifat patogen pada beberapa tanaman lain selain pada jenis *Allium spp.* (Fadhila *et al.*, 2014). *Fusarium* sendiri merupakan salah satu jamur patogen yang bisa bertahan hidup di dalam berbagai ekosistem, termasuk di dalam tanah dan di sekitar perakaran tanaman, serta tersebar luas di berbagai belahan dunia (Sutrisni & Widodo, 2012).



Gambar 3. Mikroskopis jamur *Fusarium oxysporum*

*F. oxysporum* dilaporkan memiliki banyak forma spesialis sesuai dengan inang yang diinfeksi. Masing-masing forma spesiales jamur patogen ini dibagi ke

dalam ras fisiologi yang berbeda berdasarkan pada pola karakteristik virulensi sesuai dan varietas inang. Forma spesiales cendawan ini telah dilaporkan berjumlah 65 dan salah satunya yaitu *F. oxysporum* f. sp. *cepae* (Armstrong & Armstrong 1968 dalam (Fadhila *et al.*, 2014).

Adapun klasifikasi *Fusarium oxysporum* yang menyerang tanaman bawang adalah:

Kindom	: Fungi
Divisi	: Acomycota
Kelas	: Pyrenomucetes
Ordo	: Hypocreales
Famili	: Nectriaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Spesies	: <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i> (Foce)

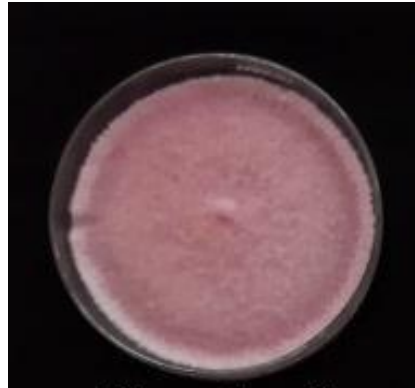
*Fusarium oxysporum* Schlecht emend. Snyder & Hansen adalah salah satu jamur patogen tular tanah atau *soilborne* yang bisa bertahan di dalam jaringan tanaman baik yang hidup atau yang mati dan juga bisa bertahan untuk waktu yang lama di dalam tanah meski tanpa inang (*soil inhabitant*). Pada forma spesiales tertentu bahkan dapat ditularkan melalui biji contohnya *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* pada tanaman kapas kultivar Pima (*Gossypium barbadense* L.) (Nugraheni, 2010; Rahman & Umami, 2019; Fadhila *et al.*, 2014).

*F. oxysporum* f.sp *cepae* adalah forma spesiales yang menyerang tanaman bawang merah dan menyebabkan penyakit busuk pangkal atau yang lebih dikenal



dengan sebutan penyakit moler di Indonesia (Isniah & Widodo, 2016 ; Septhiani *et al.*, 2018). Organ tanaman yang diserang oleh patogen ini adalah akar dan umbi. Gejala penyakit busuk pangkal yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f. sp. *cepae* adalah terjadinya pengeringan, pengeritingan daun dimulai dari ujung serta pembusukan umbi atau perakaran, perubahan warna hingga nekrosis pada daun. *Fusarium* menyebabkan tanaman terkena penyakit busuk dan mengalami layu vaskular yang dapat memicu kematian. *Fusarium* masuk dalam jaringan vaskular (xylem), menyebar, memperbanyak diri, dan mengakibatkan inang mengalami kelayuan karena sistem pembuluh pada tanaman inang tersebut tersumbat (Nugraheni, 2010). Selain menyerang di lahan budidaya, jamur *Fusarium* sp. juga menyerang umbi bawang merah di penyimpanan hingga di pemasaran (Lilies *et al.*, 2019).

Jamur *Fusarium* penyebab penyakit busuk pangkal banyak terdapat di pertanaman yang terlalu rapat dan memiliki sistem drainase yang kurang baik. Aktivitas *F. oxysporum* akan meningkat apabila kelembaban di tempat budidaya relatif tinggi (>80%) selama beberapa waktu yang juga akan meningkatkan intensitas penyakitnya. Jamur *F. oxysporum* dapat tumbuh dan berkembang pada kisaran suhu 25 - 32°C dan dengan pH antara 5,0-5,6. Akan tetapi suhu optimal untuk pertumbuhan jamur adalah antara 24-27°C sehingga penyakit ini banyak ditemui di dataran rendah (Semangun, 1996; Varela and Seif, 2004 dalam Sinaga, 2011 dan Gunadi, 1997 dalam Piay *et al.*, 2010).



Gambar 4. Makroskopis Koloni *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* di PDA (Afriani & Heviyanti, 2018; Suganda *et al.*, 2019)

Sastrahidayat (2011) dalam Afriani & Heviyanti (2018) mengemukakan bahwa miselium jamur *Fusarium* sp. memiliki sekat. Mula-mula koloni di PDA berwarna putih, tetapi lambat laun berubah menjadi berwarna krem atau kuning pucat dan dalam keadaan tertentu koloni berwarna merah jambu agak ungu. Pada media miselium luas dan halus warnanya bermacam-macam seperti merah jambu, ungu dan kuning (Afriani & Heviyanti, 2018).

Jamur *Fusarium oxysporum* menurut Sari (2019) memiliki 3 alat reproduksi, yaitu makrokonidia (3–5 septa), mikrokonidia (terdiri dari 1–2 sel), dan klamidospora. Makrokonidiana berbentuk melengkung, panjang dengan ujung mengecil dan mempunyai satu atau tiga buah sekat. Mikrokonidia merupakan konidia bersel 1 atau 2, paling banyak dihasilkan disetiap lingkungan bahkan pada saat patogen berada dalam pembuluh inangnya. Makrokonidia mempunyai bentuk yang khas, melengkung seperti bulan sabit, terdiri dari 3–5 septa, dan biasanya dihasilkan pada permukaan tanaman yang terserang lanjut. Klamidospora

memiliki dinding tebal, dihasilkan pada ujung miselium yang sudah tua atau didalam makrokonidia, terdiri 1–2 septa dan merupakan fase atau spora bertahan pada lingkungan yang kurang baik. Koloni *Fusarium* biasanya berwarna merah muda sampai violet dengan bagian tengah koloni berwarna lebih gelap dibandingkan dengan bagian pinggir. Saat konidium terbentuk, tekstur koloni menjadi seperti wol atau kapas (Fran & Cook, 1998 dalam Sari, 2019).



Gambar 5. Mikroskopis jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* pada perbesaran 400x (Afriani & Heviyanti, 2018; Supriyadi *et al.*, 2013)

Dari hasil penelitian Afriani & Heviyanti (2018) diketahui bahwa karakteristik jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit busuk pangkal pada bawang merah secara mikroskopis yaitu miselium hialin, berseptata, jumlah dari mikrokonidia tidak banyak dan tidak berwarna, sel tunggal, dan sporanya berbentuk bulat. Makrokonidia tidak berwarna, berbentuk seperti sabit, memiliki 3-5 sekat, ukuran panjang konidia rata-rata untuk *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* 25 $\mu$ m.

## 2.5 *Fusarium oxysporum f. sp. cepae* Hipovirulen

Selain peranannya yang merugikan, jamur *Fusarium* bisa dimanfaatkan menjadi parasit pada tanaman dan menekan penyakit serta membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman bila virulensinya rendah. Jamur patogen memiliki potensi menjadi agen hayati jika berbentuk strain non-patogenik (mutasian). Jamur patogen yang virulensinya turun biasa disebut sebagai jamur hipovirulen atau avirulen. Isolat jamur hipovirulen adalah salah satu agens hayati yang bersifat non-patogenik yang bisa diperoleh dari tanah yang supresif terhadap penyakit layu, dari jaringan akar tanaman atau berasal dari tipe liar (*wild type*) patogen itu sendiri yang dimutasi menggunakan sinar UV agar virulensinya turun (Alabouvette & Couteaudier 1992; Yamaguchi *et al.* 1992; Pelczar & Chan, 1986 dalam Putra *et. al.*, 2013 dan Freeman *et al.*, 2002 dalam Fadly *et. al.*, 2019). Penyinaran strain liar (*wild type*) jamur patogen dilakukan di bawah lampu UV sepanjang panjang gelombang 254 nm. Cawan petri berisi isolat patogen diletakkan dengan jarak 5 cm dari lampu UV selama waktu yang telah ditentukan. Selanjutnya isolat diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu kamar (Susanti *et al.*, 2009 dalam Fadly *et al.*, 2019; Putra *et al.*, 2013).

Panjang gelombang UV yang efektif untuk mutasi adalah 254 nm, karena pada panjang gelombang tersebut terjadi absorpsi maksimum oleh DNA. Terbentuknya dimer antara basa-basa pirimidin yang berdekatan adalah hal yang terpenting dari penyinaran UV. Sehingga tujuan utama penyinaran UV adalah untuk menginduksi transisi dari pasangan guanin sitosin dengan adenin timin. Sedangkan penyinaran UV dengan panjang gelombang 300-400 nm gelombang

bersifat kurang lethal dan tidak dapat menyebabkan terjadinya mutasi (Yetti *et al.*, 1995).

Jamur *Fusarium oxysporum* yang telah menjadi hipovirulen dapat bertahan hidup di dalam jaringan korteks pada tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit yang parah dan dapat bersifat antagonis terhadap *Fusarium* patogen yang ada di dalam tanah (Sutrisni, 2012). Terlepas dari apakah mereka mutualistik atau parasit, mikroba yang menjajah berevolusi dengan tingkat spesialisasi yang tinggi untuk mengenali dan menginfeksi inang mereka dan memicu faktor fisiologis tanaman inang yang diinduksi untuk mengaktifkan pertahanannya (van der Do & Rep, 2017 dalam Meile *et al.*, 2018)



<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>PERNYATAAN</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>ABSTRAK</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>ABSTRACT</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>DAFTAR ISI</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Kegunaan Penelitian .....	3
1.5 Kerangka Pemikiran .....	4
1.6 Hipotesis .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>10</b>
2.1 Bawang Merah ( <i>Allium ascalonicum L.</i> ) .....	10
2.1.1 Taksonomi dan Morfologi Bawang Merah .....	10
2.1.2 Syarat Tumbuh Bawang Merah .....	11
2.2 Bawang Merah Varietas Batu Ijo .....	12
2.3 Penyakit Busuk Pangkal Bawang .....	13
2.4 <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>cepae</i> (Hanz.) Snyder & Hans .....	15
2.5 <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i> Hipovirulen .....	20

<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.2. Bahan dan Alat .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>PERNYATAAN</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>ABSTRAK</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>ABSTRACT</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>DAFTAR ISI</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Kegunaan Penelitian .....	3
1.5 Kerangka Pemikiran .....	4
1.6 Hipotesis .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>10</b>
2.1 Bawang Merah ( <i>Allium ascalonicum L.</i> ) .....	10
2.1.1 Taksonomi dan Morfologi Bawang Merah .....	10

2.1.2 Syarat Tumbuh Bawang Merah .....	11
2.2 Bawang Merah Varietas Batu Ijo .....	12
2.3 Penyakit Busuk Pangkal Bawang .....	13
2.4 <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>cepae</i> (Hanz.) Snyder. & Hans .....	15
2.5 <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i> Hipovirulen .....	20
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>Error!</b>
Bookmark not defined.	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.2. Bahan dan Alat .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.3. Metode Penelitian Skala In Vitro .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.3.1. Rancangan Percobaan .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.3.2. Rancangan Perlakuan .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.3.3. Rancangan Analisis .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.3.4 Rancangan Respons .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.4. Metode Penelitian Skala In Vivo .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.4.1 Rancangan Percobaan .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.4.2 Rancangan Perlakuan .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.4.3 Rancangan Analisis .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.4.4 Rancangan Respons .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.5. Pelaksanaan Penelitian .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	



3.5.1. Tahap Pelaksanaan Secara In Vitro .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.5.2 Tahap Pelaksanaan Secara In Vivo .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
<b>4.1. In Vitro .....</b>	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
4.1.1 Pengamatan Penunjang .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
4.1.2 Parameter Utama In Vitro .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
<b>4.2 In Vivo .....</b>	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
4.2.1. Parameter Penunjang .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
4.2.2 Parameter Utama In Vivo .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
5.1. Kesimpulan .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
5.2. Saran .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	

