

Research Article

Medium Interaksi dalam Studi Ketahanan Pisang terhadap Infeksi *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*

Rizkita Rachmi Esyanti¹, Listya Utami Karmawan, Fajar Ari Nugroho,
Meirifa Rizanti, Ristag Hamida Hanisia²

Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung

email: rizkita@sith.itb.ac.id¹, ristaghamida@sith.itb.ac.id²

Abstrak

Penyakit layu *Fusarium* yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Tropical Race 4 (FocTR4) merupakan penyakit yang paling destruktif untuk tanaman pisang di Indonesia, karena menyebabkan kematian dan meninggalkan clamidospora yang dapat bertahan lama di tanah lahan yang sudah terinfeksi, sehingga lahan tersebut tidak dapat digunakan untuk menanam pisang untuk waktu yang lama, kecuali menggunakan tanaman pisang yang tahan (resisten). Pada saat ini, metode yang umum digunakan untuk seleksi jenis/kultivar pisang yang tahan terhadap Foc-TR4 adalah menggunakan pot dan sistem hidroponik. Tulisan ini akan mengulas metode bioasai secara in vitro menggunakan pinak tanaman hasil kultur jaringan, dengan harapan dapat menjadi metode alternatif yang cepat dan dapat dipercaya untuk menguji tingkat ketahanan pisang terhadap Foc. Keberhasilan dari metode ini tergantung dari keberhasilan menyiapkan pinak tanaman pisang hasil kultur jaringan dalam jumlah yang cukup besar dan sehat serta normal, selain itu juga tergantung dari inokulum jamur yang baik untuk uji serta medium yang cocok untuk interaksi antara pinak pisang dan inokulum jamur. Agar dapat diperoleh metode yang tepat, maka dibutuhkan sejumlah pinak (plantlet) pisang dan medium interaksi yang paling baik. Oleh karena itu, diperlukan metode yang paling optimal untuk perbanyakan pucuk dengan optimasi zat pengatur tumbuh (ZPT) yang tepat untuk , vermiculit dan pasir bali yang disiram dengan medium MS. Inokulum yang diuji cobakan adalah potongan agar, suspensi spora, dan inoculum jamur yang ditumbuhkan paada nasi. Selain itu juga diujikan penggunaan gula dalam medium interaksi tersebut, yaitu 0, 1,3, 5 dan 10 ppm. Hasilnya menunjukkan bahwa medium yang cocok untuk perbanyakan pisang kapok adalah MS dengan penambahan BAP 2 ppm, sementara untuk pisang mas adalah MS dengan penambahan BAP 4 ppm. Hasil uji interaksi menunjukkan bahwa medium interaksi yang dapat memberikan pertumbuhan terbaik jamur tanpa kontaminasi dan mendukung proses infeksi FocTR4 terhadap pinak pisang adalah medium cair ½ MS tanpa gula yang diinokulasi dengan suspensi spora.

Kata Kunci: bioasai in vitro, pinak pisang, inoculum *Fusarium oxysporum* f.sp. *cu-*

cubense Tropical Race 4 (FocTR4), medium interaksi MS cair, suspensi spora

Abstract

Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Tropical Race 4 (FocTR4) is the most destructive disease for banana plants in Indonesia, because it causes death and leaves chlamydo-spore which can last for years on infected soil, so that the land cannot be used to plant bananas for a long time, except using resistant banana plants. Until recently, the method that is widely used to test the resistance level of banana plants is by *ex vitro* testing using pot and hydroponics. This paper will review the bioassay of *in vitro* method using tissue culture plants, with the hope of being a fast and reliable alternative method to test the resistance level of bananas to Foc. The success of this method depends on the success of preparing bananas plantlets as the results of tissue culture propagation in a sufficiently large amount, in a normal healthy condition. It also depends on the fungal inoculum which is suitable for testing and a medium suitable for interaction between banana plantlet and fungal inoculum. The optimal medium is needed for shoot multiplication, which can be obtained by optimizing the growth regulators that are applicable for certain types of bananas, for examples using Murashige Skoog (MS) and BAP. After that, the right interaction medium was tested, including solid MS medium, 1/2 liquid MS, as well as Bali soil, vermiculite and sand added with MS medium. The inoculum tested was solid agar inoculum, spore suspension, and fungal inoculum on rice. In addition, the use of sugar in the interaction medium was also tested, namely 0, 1.3, 5 and 10 ppm. The results showed that the medium suitable for multiplication of bananas cv. kepok was MS with the addition of 2 ppm BAP, while that for banana cv. mas was MS with the addition of 4 ppm BAP. Results of Interaction test showed that the interaction medium that could provide the best growth of fungi without contamination and support the FocTR4 infection process on banana plantlet was a half strength liquid medium of MS without sugar which was inoculated with spore suspensions.

Keywords: *in vitro* bioassay, banana plantlet, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Tropical Race 4 (FocTR4) inoculum, liquid MS interaction medium, spore suspension

1. PENDAHULUAN

Pisang merupakan tanaman buah yang berasal dari Asia Tenggara yang buahnya banyak dikonsumsi di masyarakat karena mudah ditemukan, harga yang ekonomis dan memiliki nilai gizi yang tinggi. Indonesia merupakan negara yang termasuk dalam 12 negara dengan luas panen pisang terbesar di dunia, bersama dengan India, Brasil, Tanzania, Filipina, Vietnam dan lainnya (Rohmah, *et al.*, 2016). Berdasarkan proyeksi produksi pisang di Indonesia yang dilakukan oleh Rohmah *et al.* (2016), dikatakan bahwa produksi pisang di Indonesia periode 2016-2020 diproyeksikan

naik sebesar 1.98% per tahun, meskipun setiap tahunnya akan mengalami penurunan. Penurunan laju produksi tersebut kemungkinan dikarenakan oleh penyakit yang menyerang pisang seperti penyakit layu fusarium.

Penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) merupakan penyakit yang menyerang jaringan pembuluh tanaman pisang. Penyakit ini menyebabkan tanaman mengalami gangguan penyerapan dan transportasi air sehingga tanaman akan layu dan mati. Infeksi oleh Foc ini dilaporkan pertama kali terjadi di Australia pada tahun 1876 (Ploetz, 2000). Pada tahun 1890-an banyak terjadi kegagalan panen pisang di Amerika dan menyebabkan kerugian sekitar dua milyar dolar. Kejadian tersebut terjadi pada negara yang mengimpor bibit pisang 'Gros Michel' dari Panama, hal inilah yang menyebabkan penyakit layu fusarium juga dikenal sebagai penyakit layu Panama. Meskipun dilaporkan pertama kali di Australia dan menimbulkan kerugian yang besar di Amerika, evolusi Foc hingga dapat menginfeksi tanaman pisang kemungkinan terjadi di Asia Tenggara (Ploetz, 2015).

Penyakit layu fusarium sangat cepat menyebar dan sulit untuk di eradikasi. Lahan perkebunan pisang seluas 4000 Ha di Suriname tidak memproduksi pisang selama 8 tahun untuk menghancurkan tanaman pisang yang telah terinfeksi. Sedangkan di Costa Rica, dibutuhkan waktu selama 12 tahun untuk mengeradikasi pisang terinfeksi pada area produksi seluas 6000 Ha. Oleh karena itu, penyakit layu fusarium disebut sebagai penyakit paling destruktif di dunia (Ploetz, 2000). Padahal pisang termasuk ke dalam 8 produk agrikultur paling penting di dunia dan menjadi komoditas utama bagi sebagian besar Negara berkembang seperti Indonesia, Malaysia, Costa Rica, Honduras, Panama dan lainnya (Ploetz, 2015).

Kasus penyakit layu fusarium pisang di Indonesia mulai banyak dilaporkan terjadi di beberapa daerah pada tahun 1980-an. Penyebaran penyakit ini cukup cepat dan luas, sampai saat ini penyakit layu fusarium dapat ditemukan hampir di semua daerah yang memproduksi pisang (Manti, 2008). Hal ini tentunya akan mempengaruhi fluktuasi produksi pisang di Indonesia. Pada tahun 1997, produksi pisang di Indonesia mengalami penurunan dari tahun 1996. Produksi pisang di Indonesia tahun 1996 mencapai 61.27 ton per hektar dan di tahun 1997 produksi pisang hanya mencapai 39.17 ton per hektar. Hal serupa juga terjadi pada tahun 2003, produksi pisang di Indonesia mengalami penurunan sebesar 17.37 ton per hektar dari tahun sebelumnya akibat serangan penyakit layu fusarium (Billah *et. al.*, 2014).

Berdasarkan kasus yang telah terjadi, penyakit layu fusarium membutuhkan waktu yang lama untuk dimusnahkan dari area yang telah terinfeksi. Salah satu cara dalam menghadapi masalah ini adalah dengan menanam kultivar pisang yang resisten terhadap penyakit layu fusarium. Sudah teridentifikasi lebih dari 1000 jenis pisang yang ada di dunia dan Indonesia diperkirakan memiliki sekitar 200 kultivar pisang lokal dan varietas liar (Indrayanti, 2012). Jenis dan kultivar pisang tersebut memiliki tingkat ketahanan yang berbeda, dan diperlukan pengetahuan tentang berapa besar ketahanannya terhadap penyakit, antara lain terhadap serangan jamur *Fusarium oxysporum*, terutama terhadap Foc - TR4. Agar dapat membandingkan tingkat

ketahanan penyakit pada pisang terhadap Foc – TR4, maka diperlukan metode yang potensial untuk mengujinya, karena dengan mengetahui tingkat ketahanan dan kerentanan tersebut akan dapat mempercepat proses breeding dan seleksi dengan efisien sebelum ditanam di lapangan (Wu et al., 2010, Xu et al., 2017).

Pada saat ini, metode yang umum digunakan untuk seleksi jenis/kultivar pisang yang tahan terhadap Foc-TR4 adalah menggunakan pot dan sistem hidroponik. Tulisan ini akan mengulas metode bioasai secara *in vitro* menggunakan pinak tanaman hasil kultur jaringan, dengan harapan dapat menjadi metode alternatif yang cepat dan dapat dipercaya untuk menguji tingkat ketahanan pisang terhadap Foc. Keberhasilan dari metode ini tergantung dari keberhasilan menyiapkan pinak tanaman pisang hasil kultur jaringan dalam jumlah yang cukup besar dan sehat serta normal, selain itu juga tergantung dari inokulum jamur yang baik untuk uji serta medium yang cocok untuk interaksi antara pinak pisang dan inokulum jamur.

Terdapat berbagai macam faktor yang dapat mendukung terjadinya germinasi *F. oysporum* dan pertumbuhan tanaman seperti kelembapan, pH, ketersediaan nutrisi dan sebagainya. Pada studi interaksi antara jamur dan tumbuhan tentunya diperlukan medium interaksi yang mampu menunjang kehidupan kedua organisme tersebut. Namun medium interaksi yang digunakan juga diharapkan tidak hanya mendukung pertumbuhan salah satu komponen saja, baik jamur ataupun tumbuhan. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, dalam melakukan studi ini, ada beberapa medium yang digunakan yaitu tanah (Ssali, 2016), ½ MS cair (Wu, et al., 2010), MS padat (Indrayanti, 2012), vermikulit, dan pasir bali (Soesanto, et al., 2009). Semua medium tersebut memiliki kemampuan dalam menunjang pertumbuhan jamur serta tumbuhan. Selain menguji jenis medium, juga dilakukan pengujian inokulum apa yang paling cocok untuk digunakan. Jenis inokulum yang diuji adalah suspensi spora (Subramaniam, et al., 2006), potongan agar kultur (Indrayanti, 2012) dan inokulum yang ditumbuhkan pada nasi.

2. METODE

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk melakukan uji medium, yaitu

2.1 Mikropropagasi Tanaman Pisang

Mikropropagasi kultivar pisang dilakukan selama 3 bulan dalam media Murashige dan Skoog (MS) instan yang mengandung vitamin dengan penambahan benzyl amino purine (BAP). Konsentrasi penambahan BAP dilakukan melalui uji pendahuluan untuk melihat pengaruh konsentrasi BAP terhadap jumlah pertumbuhan tunas pada pisang. Kultivar Mas dan Kepok dioptimasi pada medium MS dengan penambahan BAP konsentrasi 2 ppm dan 4 ppm. Setelah didapatkan hasil penambahan konsentrasi BAP yang terbaik, eksplan pisang diperbanyak kembali pada medium tersebut. Kemudian eksplan pisang yang memiliki 2-3 daun dipindahkan pada medium MS dengan konsentrasi BAP 1 ppm untuk memperbesar ukuran eksplan sehingga siap untuk diberi perlakuan.

2.2 Identifikasi dan persiapan jamur

Isolat jamur diinokulasi pada medium PDA (Potato Dextrose Agar) suhu 25°C serta kondisi gelap selama 3-7 hari. Isolat yang ada pada medium PDA diamati pigmentasi dan morfologi dengan cara mengambil miselium aerial secara aseptis. Kemudian diletakkan pada kaca preparat yang telah diberi akuades dan ditutup dengan *cover glass*. Selanjutnya preparat diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400 ×. Setelah itu preparat ditetesi dengan pewarna *lactophenol cotton blue* sebagai pewarna jamur (kitin) yang umum digunakan ditetaskan pada ujung *cover glass*, selanjutnya kelebihan cairan diserap menggunakan tisu pada ujung *cover glass* yang berlawanan (Summerel, *et al.*, 2003).

Jamur kemudian ditumbuhkan pada medium PDA dan diinkubasi selama 7 hari. Kultur jamur tersebut dipergunakan untuk persiapan inokulum jamur. Inokulum jamur disiapkan dalam bentuk suspensi spora, potongan agar dan inokulum yang ditumbuhkan pada nasi. Suspensi spora disiapkan dengan cara menuangkan larutan NaCl 0.85% pada kultur jamur di medium PDA. Kultur kemudian digosok perlahan menggunakan batang *oose*, dengan harapan spora akan lepas dari miselium dan terbawa oleh larutan. Selanjutnya larutan spora Foc dikumpulkan lalu konsentrasi spora dihitung dengan hemasitometer. Potongan agar disiapkan dengan cara memotong koloni jamur yang berusia 4-7 hari dari medium agar seluas 1 × 1 cm menggunakan spatula. Inokulum jamur pada nasi disiapkan dengan menanam potongan agar pada medium nasi yang telah disteril selama 15 menit pada suhu 121°C dengan autoklaf.

2.3 Uji Medium Interaksi

2.3.1 Jenis medium tumbuh

Jenis media yang digunakan adalah medium MS cair, MS padat, pasir bali, campuran tanah: sekam (1:1) dan vermikulit. MS cair dan MS padat disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, sedangkan untuk tanah sekam, pasir bali dan vermikulit disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 60 menit. Selanjutnya untuk medium tanah sekam, pasir bali dan vermikulit disiram dengan MS cair sebanyak 10 ml. Medium kemudian dibagi lagi menjadi tiga perlakuan berdasarkan jenis inokulum yaitu suspensi spora, potongan agar, dan inokulum dari nasi. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

2.3.2 Pengaruh gula

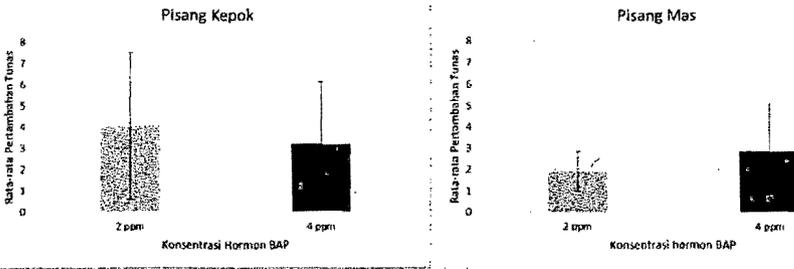
Medium MS cair disuplementasi dengan gula pada konsentrasi 0, 1, 3, 5 dan 10 ppm. Kemudian ditambahkan inokulum 10^6 suspensi spora sebanyak 1 ml. dan diinkubasi pada shaker selama 3 hari. Setelah itu dilakukan pengukuran biomassa kering miselium jamur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

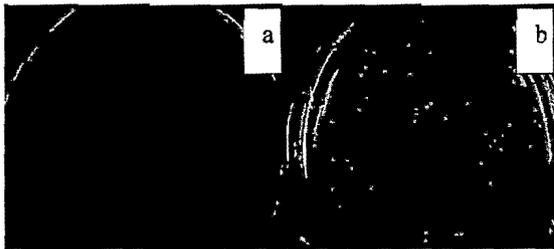
Kebutuhan jumlah eksplan yang digunakan dalam penelitian dipenuhi melalui perbanyak kultur pucuk eksplan pisang secara *in vitro*. Komposisi medium MS yang

digunakan umumnya sama untuk setiap kultivar pisang, mengandung makronutrien, mukronutrien dan vitamin. Namun terdapat perbedaan dalam hormon tambahan untuk menginduksi pertumbuhan tunas dan ukuran eksplan. Pada penelitian kali ini digunakan penambahan hormon sintetis BAP dengan konsentrasi yang bervariasi untuk menginduksi perbanyak tunas pucuk pisang. BAP atau *benzylaminopurin*, yang termasuk dalam golongan hormon sitokinin dan memiliki kemampuan merangsang pembelahan dan diferensiasi sel. Sel-sel yang membelah akan berkembang menjadi tunas, cabang, dan daun baru (Ayuningsari, *et al.*, 2017).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa untuk memperbanyak tunas kultivar mas membutuhkan hormon BAP 4 ppm, sedangkan kultivar kepok membutuhkan hormon BAP 2 ppm. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan Arniputri *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa BAP dengan konsentrasi 2-4 ppm dapat mem-



Gambar 3.1. Grafik rata-rata jumlah pertambahan tunas selama 1 bulan



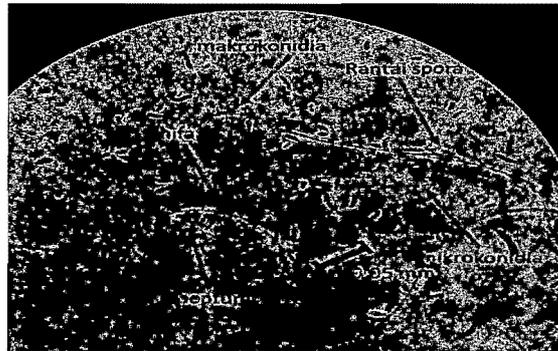
Gambar 3.2. Hasil Pengamatan Kultur Foc TR4 7 hari setelah inokulasi

(a) Tampak atas (b) Tampak bawah

berikan pengaruh pada pembentukan tunas kultur pisang. Perbedaan kebutuhan pengatur tumbuh antara kultivar mas dan kepok, dalam menginduksi perbanyak tunas pucuk dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti kadar hormon endogen. Eksplan yang digunakan berasal dari jaringan pucuk yang berada pada tunas. Pada jaringan tersebut sudah dihasilkan hormon tumbuhan alami yang berbeda pada setiap eksplan, sehingga hormon yang dibutuhkan berbeda. Agar responnya optimal, hormon tumbuhan harus ada pada jumlah yang mencukupi. Hormon yang lebih pada tumbuhan dapat bersifat toksik bagi tumbuhan, sedangkan hormon yang kurang tentunya juga tidak mampu menginduksi pertumbuhan primordial pucuk dengan cepat (Campbell, *et al.*, 2003).

Jamur yang diamati dan digunakan merupakan kultur jamur yang berasal dari serat batang semu pisang yang diduga terkena penyakit layu fusarium. Berdasarkan hasil pengamatan secara makroskopis bahwa kultur jamur memiliki miselium yang berwarna putih keunguan saat ditumbuhkan pada medium PDA dan suhu inkubasi 25 °C.

Pada Gambar 3.2 dapat terlihat miselium jamur yang berwarna putih keunguan. Hal ini sesuai dengan Summerel, *et al* (2003) yang menyatakan bahwa salah satu tahapan dalam identifikasi spesies pada genus fusarium adalah dengan melihat pigmentasi koloni pada medium PDA. *Fusarium oxysporum* memiliki pigmentasi miselium berwarna putih keunguan saat ditumbuhkan pada medium PDA (Summerel, *et al.*, 2003). Selanjutnya dilakukan pengamatan secara mikroskopis untuk mengamati hifa dan spora kultur jamur.



Gambar 3.3 Hasil pengamatan mikroskopis pada perbesaran 400X kultur jamur *Foc*

Berdasarkan Gambar 3.3, bagian-bagian jamur *F. oxysporum* yang teramati adalah hifa, septum, makrokonidia, mikrokonidia dan rantai spora. Hifa terwarnai biru setelah diberi reagen LCB dan memiliki sekat-sekat yang disebut septum (septa: jamak). *F. oxysporum* memiliki tiga jenis spora aseksual yaitu makrokonidia, mikrokonidia dan klamidospora, pada gambar 4.2 spora yang teramati adalah struktur makrokonidia dan mikrokonidia. Makrokonidia *F. oxysporum* memiliki bentuk melengkung seperti bulan sabit dan ukuran berkisar antara 27-55 μm . Sedangkan mikrokonidia *F. oxysporum* memiliki bentuk oval atau kurang lebih sama dengan makrokonidia dan memiliki ukuran berkisar antara 5-16 μm (Summerel, *et al.*, 2003). Selain itu juga teramati struktur rantai konidia pada kultur jamur. Rantai konidia dan hifa yang bersepta merupakan sebagian ciri dari kelompok askomikota (Campbell, *et al.*, 2003).

Pada uji ini, pengamatan hanya didasarkan pada kemampuan germinasi dan pertumbuhan jamur. Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan (dapat dilihat pada Tabel 4.1) dengan penilaian secara kualitatif didapatkan bahwa medium $\frac{1}{2}$ MS cair merupakan medium yang paling baik untuk menginduksi terjadinya germinasi spora *F.oxysporum* apabila dibandingkan dengan medium lainnya. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor air yang menggenang pada medium tersebut sehingga spora lebih mudah untuk melakukan germinasi (Groenewald, 2005). Sedangkan pada me-

dium lainnya, spora membutuhkan waktu relatif lebih lama untuk germinasi sehingga jumlah miselium yang terlihat tidak lebih banyak. Kemudian pada medium tanah sekam, pasir bali dan vermikulit terlihat adanya kontaminasi yang tentunya dapat mempengaruhi apabila digunakan dalam studi interaksi ini.

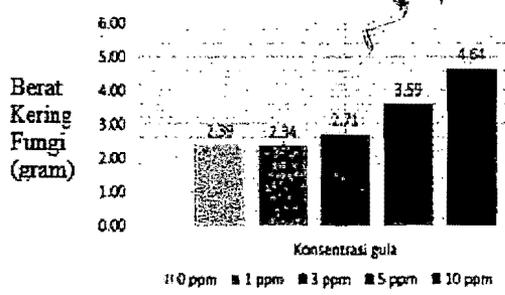
Tabel 3.1 Hasil uji pendahuluan medium interaksi dan metode inokulum

Metode inokulasi	Jenis Medium				
	MS 0 cair (Wu, et al., 2010)	MS 0 padat (Indrayanti, 2012)	Pasir Bali	Vermiculite	Tanah (Ssali, 2016)
suspensi spora (Subramaniam, et al., 2006)	++++	+++	++/-	++/-	+/-
Potongan agar (Indrayanti, 2012)	+++	+++	++/-	++/-	+/-
inokulum dari beras (Kristiawati, et al., 2014)	+++	+++	++/-	++/-	+/-

+= luas area yang ditumbuhi miselium jamur
 -= Kontaminasi oleh spesies lain

Selain menguji jenis medium, juga dilakukan pengujian inokulum apa yang paling cocok untuk digunakan. Jenis inokulum yang diuji adalah suspensi spora (Subramaniam, et al., 2006), potongan agar kultur (Indrayanti, 2012) dan inokulum dari nasi. Berdasarkan hasil uji, pada Tabel 4.2 metode inokulasi suspensi spora merupakan metode inokulasi yang paling baik untuk digunakan bila dibandingkan dengan metode lain yang diuji. Pada hasil pengamatan terdapat kontaminasi pada medium pasir, vermikulit dan tanah yang menggunakan metode inokulasi potongan agar dan inokulum beras. Hasil optimasi ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Wu, et al. (2010) yang menggunakan medium interaksi dengan komposisi 1/2 MS cair dan metode yang digunakan oleh Subramaniam, et al. (2010) menggunakan inokulum berupa suspensi spora (Wu, et al., 2010; Subramaniam, et al., 2006).

Selanjutnya dilakukan uji penambahan gula pada medium dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan Foc. Gula dapat menginduksi pertumbuhan miselium Foc, namun dapat berdampak negatif pada studi ini. Gula mampu menghambat produksi enzim pendeградasi dinding sel sehingga virulensi dari Foc akan menurun (Groenewald, 2005). Sehingga percobaan ini dilakukan untuk melihat konsentrasi minimum gula



Gambar 3.4 Grafik pengaruh konsentrasi gula terhadap pertumbuhan Foc

yang dapat ditambahkan pada medium.

Berdasarkan Gambar 3.4, terlihat peningkatan berat kering miselium jamur seiring dengan peningkatan konsentrasi gula yang ditambahkan pada medium interaksi. Terlihat berat kering miselium pada medium interaksi yang tidak diberi gula dan yang mengandung gula 1 ppm tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Sehingga dari uji ini dapat disimpulkan bahwa medium interaksi tanpa penambahan gula mampu mendukung terjadinya germinasi dan pertumbuhan dari miselium Foc. Oleh karena itu medium yang dipilih untuk medium interaksi uji ketahanan pinak tanaman pisang terhadap infeksi Foc adalah medium cair $\frac{1}{2}$ MS tanpa penambahan gula dengan menggunakan suspensi spora.

DAFTAR REFERENSI

- Ayuningsari, L., Rosniawaty, S., Maxiselly, Y., & Anjarsari, I. (2017). Benzyl Amino Purine terhadap pertumbuhan beberapa klon tanaman teh (*Camellia sinensis* L.) O. Kuntze) belum menghasilkan di dataran rendah. *Jurnal Kultivasi*, 16(2), 356-361.
- Billah, M., Nuryati, L., Novianti, Susanti, A., & Suyati. (2014). *Outlook komoditi Pisang*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jendral Kementerian Pertanian.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., & Mitchell, L. G. (2003). *Biologi* (5 ed., Vol. 2). (A. Safitri, Ed., & W. Manalu, Trans.) Jakarta: Erlangga.
- Groenewald, S. (2005). *Biology, Pathogenecity and Diversity of Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. pretoria: University de pretoria.
- Indrayanti, R. (2012). *Resistensi Pisang Ampyang (Musa acuminata, AAA, subgrup non-Cavendish) Terhadap Fusarium oxysporum f.sp. cubense Hasil Mutasi Induksi dan Seleksi In Vitro*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Manti, I. (2008). Penyebaran dan Tingkat Serangan Penyakit Layu Pada Tanaman Pisang di Kabupaten Bengkulu Selatan. Solok: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat .
- Ploetz, R. C. (2000). Panama Disease: A Classic an Destructive Disease of Banana. *Plant Health Progress*, 1-7.
- Ploetz, R. C. (2015). Fusarium Wilt of Banana. *Journal of Phytopathology*, 105(12), 1512-1521.
- Ploetz, R. C. (2015). Management of Fusarium wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. *Crop Protection*, 73(1), 7-15.
- Rohmah, Y., Suwandi, Nuryati, L., & Waryanto, B. (2016). *Outlook Komoditas Pisang*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian 2016.
- Ssali, R. (2016). *The Identification and Characterization of Resistance in Musa to Fusarium Oxysporum f. sp. cubense Race 1*. Stellenbosch University. Stellenbosch: Stellenbosch University.
- Subramaniam, S., Maziah, M., Sariah, M., Puad, M., & Xavier, R. (2006). Bioassay Method for Testing Fusarium Wilt Disease Tolerance in Transgenic Banana. *Scientia*

Horticultura, 108(1), 378-389.

Summerel, B., Salleh, B., & Leslie, J. (2003). A Utilitarian Approach to Fusarium Identification. *Plant disease*, 67(2), 117-128.

Susanto, A., Sudarsono, Sukma, D., & Hermanto, C. (2011). The Study and Early Evaluation of Resistance of Banana Accessions for Wilt Disease Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* VCG 01213/16 (TR4). *Proceedings of The 7th ASCA Conference* (hal. 291-295). Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Wu, Y., Yi, G., & Peng, X. (2010). Rapid screening of *Musa* species for resistance to Fusarium wilt in an in vitro bioassay. *European Journal of Plant Pathology*, 128(3), 409-415.

BIOGRAFI PENULIS

Dr. Rizkita Racmi Esyanti



Dr. Rizkita Rachmi Esyanti menyelesaikan studi tingkat *doctoral* bidang Biologi di *The University of Swansea in Wales* pada tahun 1993. Saat ini menjadi staf pengajar dan peneliti kelompok keahlian Sains dan Bioteknologi Tumbuhan di Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) Institut Teknologi Bandung (ITB) Selain itu, bersama Banana Group (www.thebananagroup.org) dan Bali Internasional Research Center for Banana (BIRCB) aktif melakukan riset yang berkaitan dengan fisiologi tumbuhan, antara lain studi penyakit pada pisang dan pematangan buah pisang.

Listya Utami Karmawan



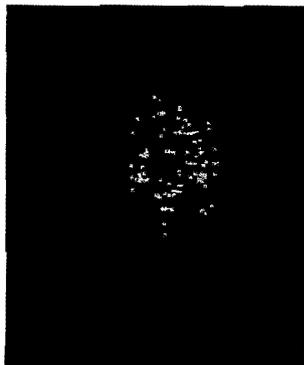
Penulis dilahirkan pada tanggal 12 Maret 1984 di Bandung. Ia menyelesaikan studi di program studi Biologi dan memperoleh gelar Sarjana dari Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati Institut Teknologi Bandung pada tahun 2006. Gelar Master ia peroleh dari program studi Bioteknologi Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati Institut Teknologi Bandung pada tahun 2008. Sejak tahun 2009 ia menjadi anggota staf pengajar di Fakultas Teknobiologi Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta. Penulis pernah memperoleh *Hayati The Best Scientific Paper Award* dari *Hayati Journal of Bioscience* pada tahun 2009 dan *Atma Jaya Award* pada tahun 2011.

Fajar Ari Nugroho

Fajar Ari Nugroho sedang menjalani penelitian tugas akhir di Institut Teknologi Bandung. Penulis sempat bergabung dengan tim asisten praktikum Proyek Sains Tumbuhan dan Mikrobiologi Dasar. Selain itu penulis juga aktif di UKM pecinta lingkungan "Greenish" ITB dan Himpunan Mahasiswa Biologi ITB "Nymphaea".

Meirifa Rizanti

Meirifa Rizanti menyelesaikan studi tingkat sarjana bidang biologi di Institut Teknologi Bandung pada Oktober 2018. Semasa kuliah sempat bergabung dengan tim asisten praktikum Proyek Sains Tumbuhan dan Genetika. Selain itu penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Biologi ITB "Nymphaea".

Ristag Hamida Hanisia

Ristag Hamida Hanisia menyelesaikan studi tingkat sarjana bidang biologi di Institut Teknologi Bandung pada Oktober 2018. Saat ini masih menjabat sebagai asisten praktikum biosistemika. Semasa kuliah sempat bergabung dengan tim asisten praktikum Proyek Sains Tumbuhan, biosistemika dan biologi perilaku. Selain itu penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Biologi ITB "Nymphaea".