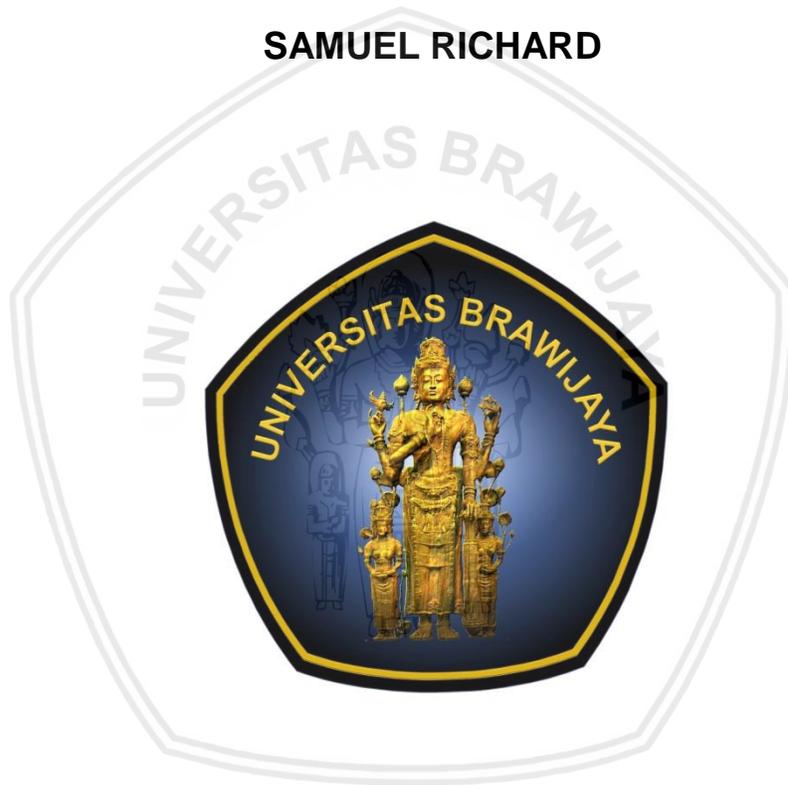


**UJI SENSITIVITAS *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*
TERHADAP BEBERAPA BAHAN AKTIF FUNGISIDA SECARA
*IN VITRO***

Oleh
SAMUEL RICHARD



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**UJI SENSITIVITAS *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*
TERHADAP BEBERAPA BAHAN AKTIF FUNGISIDA SECARA
*IN VITRO***

Oleh

SAMUEL RICHARD

155040200111116

**MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2019**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Malang, 8 Agustus 2019

Samuel Richard

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Uji Sensitivitas *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* terhadap Beberapa Bahan Aktif Fungisida secara *In Vitro*

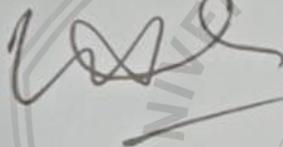
Nama Mahasiswa : Samuel Richard

NIM : 155040200111116

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui
Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS
NIP. 19550522 198103 1 006

Disetujui
Pembimbing Kedua,



Antok Wahyu Sektiono, SP., MP
NIK. 201304 841014 1 001

Diketahui,
Ketua Jurusan



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan : 26 JUL 2019

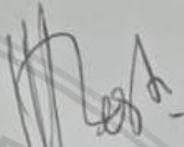
LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

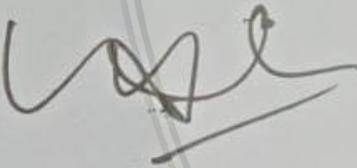
Penguji II


Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.
NIP. 19580208 198212 1 001


Restu Rizkyta Kusuma, SP., M.Sc.
NIK. 201409 880504 2 001

Penguji III

Penguji IV


Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari., MS.
NIK. 19550522 198103 1 006


Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIK. 201304 841014 1 001

Tanggal Lulus : 01 AUG 2019



*But those who wait on the Lord
shall renew their strength
they shall mount up
with wings like eagles
they shall run and not be weary
they shall walk and not faint*

Isaiah 40:31

Skripsi ini saya persembahkan
untuk keluarga saya
yang menjadi salah satu dari sekian banyak alasan
untuk saya menjadi pribadi yang dewasa dan bahagia
untuk bapak dan ibu dosen
yang membuat saya menjadi
pribadi yang berwawasan dan bertanggung jawab
untuk teman teman saya
yang membuat saya bisa merasakan nikmat perkuliahan

RINGKASAN

Samuel Richard. 155040200111116. Uji Sensitivitas *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Terhadap Berberapa Bahan Aktif Fungisida Secara In Vitro. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS., sebagai Pembimbing Utama dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP. sebagai Pembimbing Pendamping.

Pisang merupakan salah satu komoditas pertanian yang sangat populer untuk dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia karena rasanya yang lezat pisang dan bergizi. Meskipun memiliki banyak manfaat, produksi dari komoditas pisang masih terbilang rendah di Indonesia karena berbagai faktor seperti Hama dan Penyakit. Penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*) merupakan salah satu penyakit tanaman pisang. Dalam praktiknya, pengendalian secara kimiawi dengan menggunakan fungisida sering kali digunakan untuk mengatasi penyakit tersebut di Indonesia namun kurangnya informasi akan bahan aktif dari fungisida yang digunakan membuat pengendalian penyakit tersebut tidak efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon sensitiv yang diberikan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *Cubense* terhadap beberapa jenis fungisida.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari – Juni 2019. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan dua faktor yaitu 5 jenis bahan aktif fungisida (Azoksistrobin, Asam Fosfit, Propineb, Prokimidon, dan Benomil) dan tiga konsentrasi (500, 1000, 1500 ppm) dengan tiga kali pengulangan serta kontrol. Perlakuan dilakukan dengan peletakan jamur *Foc* pada media PDA yang tercampur fungisida. Pengamatan yang dilakukan berupa presentase daya hambat fungisida terhadap diameter koloni jamur dan viabilitas konidia. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova) dan Apabila data berbeda nyata maka dilanjutkan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelima bahan aktif fungisida mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Foc*. Faktor bahan aktif memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan jamur patogen namun perbedaan konsentrasi sebesar 500, 1000, dan 1500 ppm tidak memberikan pengaruh berbeda nyata. Pengujian beberapa bahan aktif fungisida yang paling efektif menghambat pertumbuhan jamur patogen *Foc* adalah pada penambahan bahan aktif Benomil. Bahan aktif yang paling efektif dalam menghambat viabilitas konidia adalah pada fungisida Benomil, Propineb, dan Azoksistrobin.

SUMMARY

Samuel Richard. 155040200111116. Sensitivity Test of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* against various Active Fungicides In Vitro. Supervised by Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS., as Main Supervisor and Antok Wahyu Sektiono, SP., MP. as Co-supervisor.

Banana is one the most popular agricultural commodities that been consumed by Indonesian people because of its delicious taste and its nutritious factor. Despite having many benefits, the production of banana commodities is still relatively low in Indonesia due to various factors such as Pests and Diseases. Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*foc*) is one of the diseases in banana. In cultivation practice, chemical control using fungicide is often used to treat the disease in Indonesia but the lack of information on the active ingredients of the fungicide used makes the disease control ineffective. This research aims to determine how sensitive responses are given by pathogenic fungi *foc* against several types of fungicides.

The research was conducted in February - June 2019. This research used a Factorial Completely Randomized Design (FCRD) with two factors, which was 5 types of fungicidal active ingredients (Azoxistrobin, Phosphite Acid, Propineb, Procimidone, and Benomyl) and three concentrations (500, 1000, 1500 ppm) with three repetitions and controls. The treatment is done by placing *foc* fungi on ADP media mixed with fungicides. Observations were made in the form of a percentage of fungicidal inhibitory capability on the diameter of fungal colonies and conidial viability. The data obtained were analyzed using variance analysis (ANOVA) and if the data were significantly different then continued testing of Duncan 's Multiple Range Test (DMRT) at the 5%.

The results showed that the five active ingredients of fungicides were able to inhibit the growth of pathogenic fungi. The active ingredient factors gave a significantly different effect on the growth of pathogenic fungi but the differences in concentrations of 500, 1000, and 1500 ppm did not have a significant effect. The testing of several fungicidal active ingredients which were the most effective in inhibiting the growth of fungal pathogenic fungi was the addition of Benomil active ingredients of 91.11%. The active ingredients which are effective in inhibiting the viability of conidia are Benomyl 1500 ppm fungicides, Propineb 1500 ppm, and Azoxistrobin 1500 ppm at 0%.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus atas berkat dan limpahan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Sensitivitas *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* terhadap Beberapa Bahan Aktif Fungisida secara *In Vitro*.”

Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS., selaku dosen pembimbing utama dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP selaku dosen pendamping atas ilmu akademik serta nasihat dan arahan yang telah diberikan oleh beliau kepada penulis. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Ketua Jurusan Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. dan Dr. Ir. Nurul Aini, MS. selaku dosen penasihat akademik untuk semua nasihat yang telah diberikan kepada penulis. Serta segenap karyawan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan kepada penulis.

Sukacita, rasa bahagia, terimakasih, dan penghargaan juga penulis berikan kepada orang tua penulis yang telah menjadi alasan untuk penulis tetap berdiri pada segala kondisi karena tanpa adanya doa dan perjuangan dari beliau, penulis tidak akan bisa menyelesaikan skripsi ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan terimakasih untuk semua rekan-rekan mahasiswa dari: Jurusan HPT, Christian Community, Kos Pak Salam, Kos Alamanda, Band Just Sam Might Cry, Late Blight serta rekan-rekan lainnya atas dukungan fisik dan moral yang telah diberikan.

Penulis berharap agar dari hasil penelitian ini muncul banyak manfaat bagi banyak kalangan serta menjadi bagian dari kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada 04 September 1997 dari pasangan Bapak Drs. Todung Tampubolon, Apt. dan Ibu Rosmaita Samosir serta memiliki dua orang kakak bernama Mita Olivina Tamapubolon, S. farm., apt. dan Lidya Corry Tampubolon, SH.

Penulis menyelesaikan pendidikan usia dini di Taman Kanak-kanak Sekar Bangsa pada tahun 2001 sampai tahun 2003, kemudian melanjutkan pendidikan dasar di SD Charitas, Jakarta pada tahun 2003 sampai tahun 2009. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 96 Jakarta pada tahun 2009 sampai tahun 2012 dan melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 38 Jakarta pada tahun 2012 sampai 2015. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Hipotesis Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Tanaman Pisang	3
2.2. Penyakit Layu Fusarium.....	4
2.2.1 Gejala serangan.....	4
2.2.2 Penyebab Penyakit (Patogen)	6
2.3. Fungisida	9
2.3.1 Fungisida Nonsistemik	12
2.3.2 Fungisida Sistemik.....	12
III. METODOLOGI.....	23
3.1. Kerangka Konseptual	23
3.2. Kerangka Operasional	24
3.3. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	25
3.4. Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.5. Pelaksanaan Penelitian	25
3.5.1 Persiapan dan Sterilisasi Alat dan Bahan.....	26
3.5.2 Deskripsi Isolat Jamur Patogen.....	26
3.5.3 Pembuatan Media Fungisida.....	26

3.5.4	Pengujian Sensitivitas Jamur Patogen pada Media Fungisida	27
3.5.5	Pengamatan	27
3.5.6	Analisa data.....	28
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1.	Deskripsi Morfologi Jamur Patogen <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>ubense</i>	29
4.2.	Daya Hambat Fungisida terhadap pertumbuhan Jamur <i>Foc</i>	30
4.3.	Daya Hambat Fungisida terhadap Viabilitas Jamur <i>Foc</i>	36
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1.	Kesimpulan.....	39
5.2.	Saran.....	39
	DAFTAR PUSTAKA	40
	LAMPIRAN.....	44



DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan jamur <i>Foc</i>	31
2.	Daya hambat fungisida terhadap viabilitas jamur <i>Foc</i>	37

	Lampiran	Halaman
1.	Analisis Ragam Penghambatan pertumbuhan jamur patogen <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i>	46
2.	Analisis Ragam viabilitas konidia <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i> ..	49



DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Morfologi Pisang.....	3
2.	Gejala serangan Layu Fusarium Pisang oleh <i>Foc</i>	6
3.	Kenampakan Koloni <i>F. oxysporum</i> f.sp <i>cubense</i>	7
4.	Siklus penyakit layu fusarium pada pisang	9
5.	Perbandingan karakteristik aktifitas fungisida	11
6.	Pergerakan fungisida dan spora jamur patogen pada tanaman	12
7.	Pergerakan Simplastik dan Apoplastik dalam tanaman	13
8.	Rumus bangun Benomil.....	15
9.	Rumus bangun Azoksistrobin	18
10.	Rumus bangun Propineb	19
11.	Rumus bangun Prokimidon.....	21
12.	Rumus bangun Asam Fosfit.....	22
13.	Kerangka Konseptual Penelitian	23
14.	Kerangka Operasional Penelitian.....	24
15.	Makroskopis koloni <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i>	29
16.	Morfologi Mikroskopis Jamur <i>Foc</i>	30
17.	Koloni jamur patogen <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i> pada media perlakuan 1000 ppm 13 HSI	32

	Lampiran	Halaman
1.	Perkecambahan konidia jamur <i>foc</i>	49

I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pisang merupakan salah satu komoditas pertanian yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Pisang juga memiliki beragam manfaat untuk pemenuhan gizi masyarakat Indonesia. Buah pisang diketahui bergizi tinggi, rendah kolesterol serta kaya akan vitamin B6 dan vitamin C. Komponen karbohidrat terbesar dalam buah pisang terdapat pada pati yang terkandung dalam daging buahnya. Pati kemudian diubah menjadi sukrosa, glukosa dan fruktosa pada saat pisang matang (Ismanto, 2015). Produktivitas pisang di Indonesia mengalami penurunan sebesar 6.68 ton perhektar dari tahun sebelumnya (BPS, 2017). Salah satu penyebab dari turunnya produktivitas pisang di Indonesia adalah penyakit layu fusarium pada tanaman pisang.

Penyakit layu fusarium pada tanaman pisang disebabkan oleh jamur patogen tular tanah *Fusarium oxysporum* Schlect f. sp.cubense. Patogen ini sulit dikendalikan karena infeksi dimulai dari akar dan menyerang semua fase pertumbuhan tanaman sehingga deteksi gejala sering terlambat. Penyakit ini menular lewat tanah, menginfeksi akar tanaman pisang, masuk ke bonggol tanaman pisang, kemudian tumbuh dan merusak sistem pembuluh sehingga menyebabkan tanaman menjadi layu dan akhirnya mati (Semangun, 2007). Jamur patogen ini juga mampu bertahan hidup sebagai kladospora dalam tanah tanpa inang untuk jangka waktu yang cukup panjang selama kurang lebih 30 tahun (Ploetz, 2015). Kerugian dan kehilangan hasil yang disebabkan oleh penyakit layu fusarium dapat mencapai 100% (Kasutjaningati *et al.*, 2011). Pengendalian secara kimiawi dengan menggunakan fungisida masih sering digunakan dalam budidaya pisang di Indonesia.

Fungisida merupakan salah satu jenis pestisida yang digunakan untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen tanaman dengan cara menghambat pertumbuhan jamur patogen tanaman. Fungisida dapat secara efektif digunakan ketika bahan aktif yang terkandung dalam fungisida memiliki karakteristik yang sesuai untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen tanaman (McGrath, 2004). Setiap jamur patogen memiliki respon yang berbeda pada setiap bahan aktif

fungisida. Sensitivitas dari suatu jamur patogen terhadap fungisida dapat diketahui melalui teknik biologi dan teknik biologi molekuler (Russel, 2005). Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian ini untuk menguji sensitivitas jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* terhadap beberapa jenis fungisida sintesis yang dibedakan berdasarkan bahan aktif fungisida tersebut dalam menghambat pertumbuhan jamur secara *in vitro*.

1.2.Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana respon jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* terhadap beberapa jenis bahan aktif fungisida?
2. Bahan aktif manakah yang memiliki potensi tinggi dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*?

1.3.Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana respon yang diberikan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense* terhadap beberapa jenis bahan aktif fungisida.

1.4.Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah terdapat respon berbeda yang diberikan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense* terhadap fungisida dengan beberapa jenis bahan aktif yang berbeda.

1.5.Manfaat Penelitian

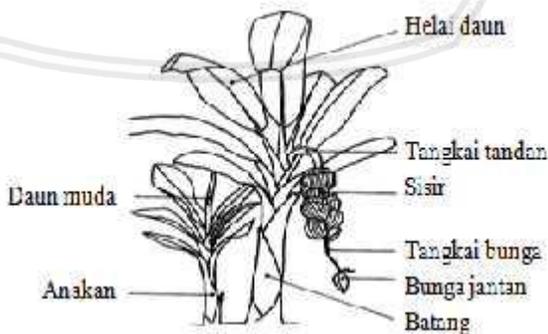
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada akademisi dan peneliti, mengenai respon sensitif yang diberikan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense* terhadap beberapa jenis fungisida serta dapat memberikan manfaat secara langsung kepada masyarakat mengenai penggunaan fungisida untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman pisang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Pisang

Pisang atau *Musa paradisiaca* merupakan salah satu jenis tanaman yang memiliki banyak manfaat pada setiap bagian tanamannya serta bernilai ekonomis tinggi (Widiandani *et al.*, 2009). Tanaman pisang dapat ditanam di pekarangan maupun di ladang dan sebagian besar dari tanaman ini ditanam dalam bentuk perkebunan serta memiliki daerah penyebaran yang cukup luas. Komoditas ini menjadi kontributor utama terhadap produksi buah unggulan secara nasional dengan persentase mencapai 31% dibandingkan dengan jeruk (16%), mangga (10%), durian (5%), dan buah-buahan lainnya (38%). Besarnya prospek pengembangan pisang di Indonesia juga didukung oleh ketersediaan lahan yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman ini (Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, 2009).

Tanaman pisang termasuk dalam golongan monokotil tahunan dimana pohon tanaman ini tersusun atas batang semu. Batang semu dari tanaman pisang tersusun atas tumpukan pelepah daun yang tumbuh dari batang yang terletak di bawah tanah dan memiliki ketebalan sekitar 20-50 sentimeter. Daun yang paling muda terbentuk di bagian tengah tanaman, tumbuh menggulung dan terus memanjang kemudian secara bertahap membuka. Helaian daun pisang membentuk lanset memanjang, mudah koyak dengan panjang 1,5-3 meter dan lebar 30-70 sentimeter serta memiliki permukaan bawah yang berkilin dan tersusun sejajar dengan warna hijau (Robinson & Walkers, 1999).



Gambar 1. Morfologi Pisang (Sumber: IPGRI, 1996)

Pisang umumnya dapat tumbuh di dataran rendah hingga dataran tinggi dengan ketinggian 2000 meter di atas permukaan laut. Pisang juga dapat tumbuh pada iklim tropis basah, lembab dan panas dengan curah hujan optimal 1.520–3.800 mm/tahun dengan dua bulan kering (Rismunandar, 1990). Buah pisang tersusun atas beberapa tandan. Tiap tandan terdiri dari beberapa sisir, dan tiap sisir terdiri dari 6-22 buah pisang atau tergantung pada varietasnya. Buah pisang pada umumnya tidak berbiji atau disebut 3n (triploid), kecuali pada pisang batu (klutuk) bersifat diploid (2n). Proses pembuahan tanpa menghasilkan biji yang ada pada pisang disebut partenokarpi (Rukmana, 1999).

Buah pisang umumnya dipanen pada umur delapan belas bulan setelah tanam atau 80-110 hari setelah tanaman berbunga jika berada pada kondisi yang optimum. Panen buah pisang pada umumnya dilakukan berdasarkan tujuan pemasaran. Buah yang akan dipasarkan untuk daerah yang jaraknya dapat dicapai dalam waktu lebih dari satu hari dari daerah produksi, dipanen saat stadia kematangan tiga perempat penuh (kematangan 75%), yaitu stadia kematangan dimana pada individu buah masih terdapat siku-siku yang jelas dan masih terdapat warna hijau pada kulit buah. Stadia kematangan ini berumur sekitar 70-98 hari setelah (Nakasone & Paull, 1998).

Pisang mempunyai bunga majemuk, yang tiap kuncup bunga dibungkus oleh seludang berwarna merah kecoklatan. Seludang akan lepas dan jatuh ke tanah jika bunga telah membuka. Bunga betina akan berkembang secara normal, sedang bunga jantan yang berada di ujung tandan tidak berkembang dan tetap tertutup oleh seludang dan disebut sebagai jantung pisang. Tiap kelompok bunga pada tanaman pisang disebut juga sisir. Ada sekitar 12-20 bunga tiap sisir dan sekitar 5-15 sisir dalam 1 tandan. Bunga betina panjangnya sampai 10 cm dan bunga jantan panjangnya 6 cm (Nakasone & Paull, 1998).

2.2.Penyakit Layu Fusarium

2.2.1 Gejala serangan

Penyakit layu Fusarium atau penyakit Panama tercatat sebagai OPT paling berbahaya dan mengancam industri pisang dunia. Penyakit ini disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*). Penyakit layu Fusarium pertama

kali ditemukan di daerah Panama pada tahun 1890. Penyakit ini merusak dan menyerang tanaman pisang Ambon “Gros Michel” (AAA) di Amerika Tengah dan Caribbean sekitar tahun 1910. Saat ini penyakit layu fusarium sudah banyak ditemukan di daerah tropis maupun subtropis (Ploetz, 2015).

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* mempunyai empat ras. Ras 1 menyerang beberapa kultivar Pisang diantaranya: pisang ambon “Gros Michel”, Maqueno, Silk, Pome, Pisang Awak, dan hasil hibrida “I.C.2”. Ras 2 menyerang beberapa kultivar pisang seperti: pisang batu “Bluggoe”, dan keturunan tetraploid. Ras 3 menyerang *Heliconia* spp. Ras 4 merupakan ras yang paling virulen karena selain dapat menyerang tanaman inang dari ras 1 dan 2, ras 4 juga dapat menyerang pisang jenis Cavendish. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* ras 4 yang menyerang tanaman pisang di wilayah tropis seperti Asia dan Australia Utara disebut dengan TR4, sedangkan yang menyerang di wilayah subtropis seperti Afrika Selatan, Australia, Taiwan dan Kepulauan Canary disebut dengan STR4. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 lebih virulen dibandingkan dengan STR4. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 mampu menyerang tanaman pisang yang berada dalam kondisi *stress* lingkungan maupun tidak dalam *stress* lingkungan, sedangkan *Foc* STR4 hanya dapat menyerang tanaman pisang yang berada dalam kondisi *stress* lingkungan. STR4 akan memiliki tingkat virulensi yang lebih tinggi apabila menyerang tanaman di daerah dengan suhu yang rendah, stress air dan pada tanah yang miskin unsur hara (Daly *et al.*, 2006).

Gejala layu Fusarium tampak pada bagian bawah daun dimana daun berubah warna menjadi kuning oranye lalu menjadi cokelat dan mengering. Tangkai daun yang berada di sekeliling batang palsu dari tanaman pisang yang terserang penyakit ini patah. Gejala lain yang ditimbulkan oleh penyakit ini yaitu adanya perubahan bentuk dan ukuran ruas pada daun yang baru muncul sehingga daun menjadi lebih pendek. Gejala yang paling khas dari penyakit ini adalah gejala timbul pada bagian dalam batang tanaman pisang. Ketika pangkal batang dibelah membujur, terlihat garis-garis cokelat kehitaman yang menuju ke semua arah batang (bonggol). Berkas pembuluh yang ada pada akar tanaman pisang yang terserang umumnya tidak

berubah warna, namun pada beberapa kejadian, akar tanaman pisang yang terserang oleh penyakit ini berwarna hitam dan membusuk tergantung dari keadaan tanaman dan lingkungannya. Gejala penyakit layu Fusarium dapat sangat bervariasi dan mulai tampak pada tanaman pisang yang berumur lima sampai sepuluh bulan (Semangun, 2007). Pada bibit tanaman pisang *in vitro*, gejala layu Fusarium dapat menyebabkan kematian tunas yang pada awalnya menunjukkan gejala busuk pada pangkal batang kemudian menjalar ke bagian atas serta menyebabkan perubahan warna menjadi coklat kehitaman (Sukmadjadja *et al.* 2002).



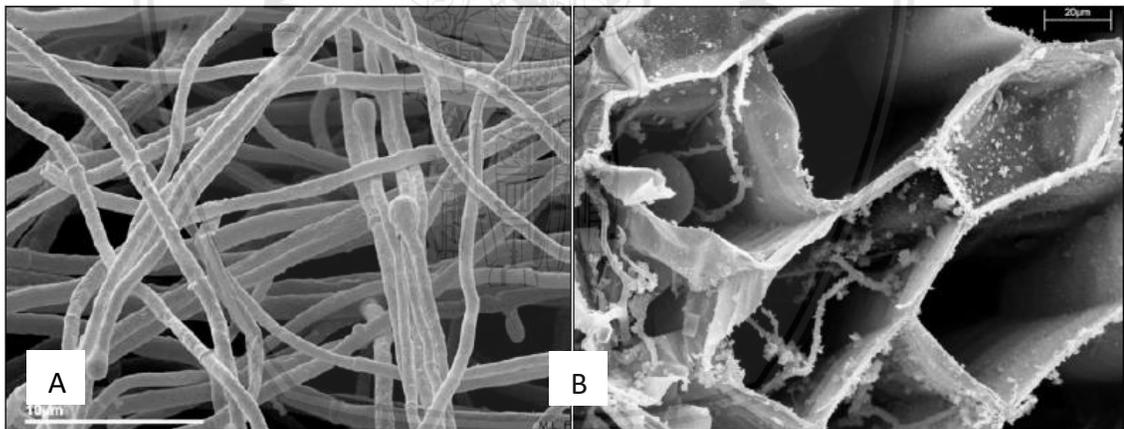
Gambar 2. Gejala serangan Layu Fusarium Pisang oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*: A) Gejala pada tanaman yaitu klorosis dan matinya daun tertua B) Spora berwarna putih menyelimuti jaringan tanaman yang terinfeksi (Ploetz, 2015).

2.2.2 Penyebab Penyakit (Patogen)

Penyakit layu fusarium disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*). Jamur ini memiliki kingdom Fungi, divisi Amastigomycota, subdivisi Deuteromycotina, kelas Deuteromycetes, ordo Hypocreales, family Nectriaceae, dan genus *Fusarium* (Agrios, 2006). Miselium dari koloni jamur ini awalnya tampak jarang dan berlimpah seperti kapas kemudian menjadi seperti beludru, berwarna putih dan umumnya memiliki warna agak keunguan. Jamur ini dapat membentuk sporodokia pada beberapa strain. Jamur ini juga memiliki konidiofor yang dapat bercabang dan membawa monofialid. Jamur ini dapat menghasilkan mikrokonidia

yang memiliki 1 hingga 2 septa. Mikrokonidia dari jamur ini terbentuk secara lateral pada fialid yang sederhana, atau terbentuk dari fialid yang terdapat pada konidiofor yang bercabang pendek. Mikrokonidia dari jamur ini umumnya terdapat dalam jumlah yang sangat banyakserta terdiri dari aneka bentuk dan ukuran seperti : avoid-elips sampai silindris, lurus atau sedikit membengkok, dengan ukuran 5,0-12,0×2,2-3,5 μm (Agrios, 2006).

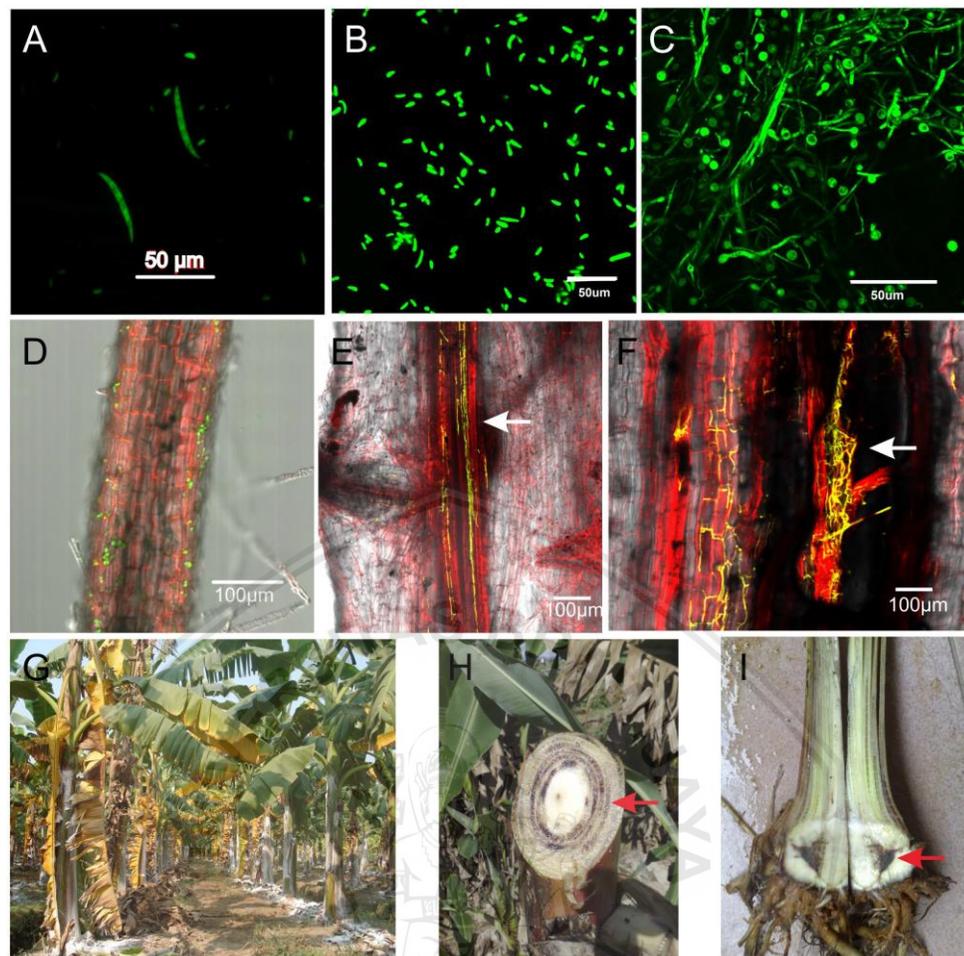
Makrokonidia dari jamur ini hanya terdapat pada beberapa strain dan terbentuk pada fialid yang terletak pada konidiofor yang bercabang atau dalam sporodokhia. Makrokonidia dari jamur ini memiliki bentuk fusiform atau meruncing pada kedua ujungnya dan sedikit membengkok. Makrokonidia pada jamur ini memiliki 3-5 septa yang berukuran 27-46×3,0-4,5 μm . Jamur ini juga memiliki klamidospora yang terdapat dalam hifa atau dalam konidia. Klamidospora dari jamur ini berwarna hialin, berdinding halus hingga agak kasar, dan berbentuk semi bulat dengan diameter 5,0×15 μm . Spesies dari jamur ini bersifat kosmopolit dan termasuk saprofit tanah tetapi dapat bersifat patogen pada banyak tumbuhan. (Gandjar 1999).



Gambar 3. Kenampakan Koloni *F. oxysporum* f.sp *cubense* diambil dengan Menggunakan *Scanning Elcetron Microscopy*: A). Miselium *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, B) Invasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* pada akar pisang (Rossi, 2012)

Klamidospora dari jamur ini dapat bertahan lama dalam tanah dan dapat berkecambah jika ada rangsangan dari ekskresi akar atau eksudat akar. Klamidospora dapat bertahan di dalam tanah selama 30 tahun tanpa tanaman inang, dan dapat juga bertahan sebagai epifit pada akar gulma atau pada tanaman yang berhubungan dengan pisang (Wardlaw 1972). Penularan penyakit layu fusarium dapat terjadi melalui bibit, tanah yang terinfeksi, tanah yang melekat pada alat-alat pertanian, dan aliran air permukaan tanah serta sisa-sisa tanaman sakit (Jones, 2000).

Jamur ini hidup di dalam tanah, masuk ke akar melalui lubang alami atau luka lalu masuk ke batang tanaman pisang. Jamur ini kemudian berkembang dengan cepat di dalam batang sampai jaringan pembuluh. Miselium dari jamur ini dapat masuk ke dalam pembuluh parenkim tanaman pisang pada tingkat lanjut yang kemudian membentuk konidia dalam jaringan tanaman yang dapat terangkut melalui xylem (Wardlaw 1972). Konidia dapat menghasilkan klamidospora dan akan kembali ke tanah ketika tanaman mati. Klamidospora ini dapat bertahan dalam bentuk dorman di dalam tanah selama beberapa tahun (Ploetz, 2015). Penyakit layu fusarium lebih merugikan pada tanah aluvial yang memiliki pH rendah. Penyakit layu Fusarium akan lebih cepat meluas pada tanah yang bertekstur ringan atau berpasir (Semangun, 2007). Tanah berpasir yang cepat melewatkan air, kering dan memiliki aerasi yang baik lebih sesuai bagi *Fusarium*, sebaliknya tanah liat alkalin paling tidak sesuai untuk perkembangan penyakit yang disebabkan oleh jamur ini, karena tanah berliat akan lembab sehingga menghambat perkembangan *Fusarium* (Cook *et.al.*, 1983).



Gambar 4. Siklus penyakit layu fusarium pada pisang: (A) makrokonidia. (B) mikrokonidia. (C) produksi klamidospora. (D) penempelan hifa foc pada akar pisang. (E) kolonisasi hifa foc pada pembuluh vaskuler pisang. (F) kenampakan longitudinal dari pertumbuhan populasi hifa pada pembuluh vaskuler pisang. (G) gejala awal yang menyebabkan daun menguning. (H–I) pembuluh vaskuler berwarna coklat kemerahan (Guo et al., 2014)

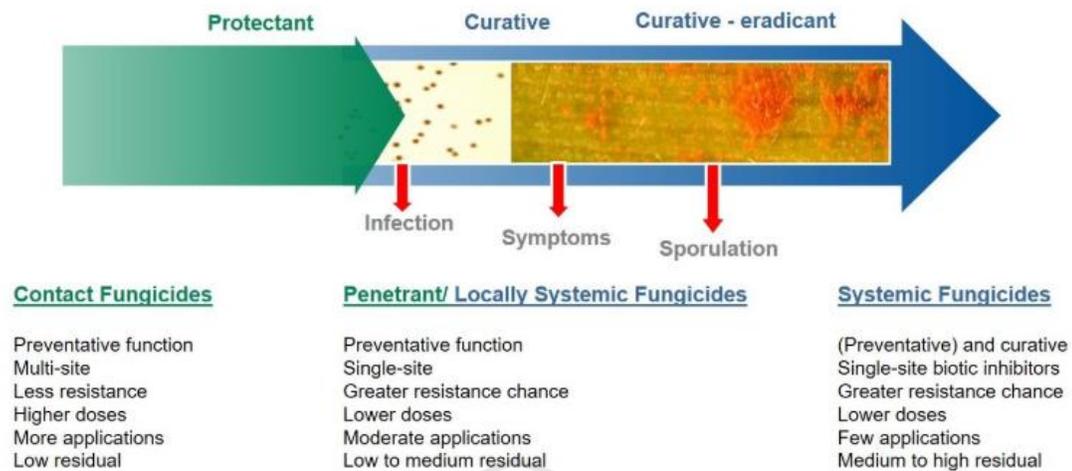
2.3. Fungisida

Jamur merupakan salah satu organisme pembawa penyakit pada tanaman pertanian yang paling umum dan menyebabkan kehilangan hasil produksi pertanian di seluruh dunia. Kebanyakan dari jamur patogen tanaman memiliki potensi yang sangat besar untuk bereproduksi di dalam tanaman inang. (Johnson *et al.*, 2007). Pengendalian penyakit dibutuhkan untuk dapat menjaga produktifitas hasil pertanian melihat kejadian penyakit saat ini, kondisi lingkungan pertanian yang cenderung tidak stabil dan kemampuan dari jamur patogen yang dapat menyebabkan epidemi penyakit

dalam waktu singkat. Tindak pengendalian kimia merupakan pengendalian yang sangat sering digunakan saat ini untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen tanaman dan kebanyakan tindak pengendalian tersebut bergantung pada fungisida (Ivic, 2010).

Fungisida adalah senyawa kimia beracun yang diunakan untuk mengendalikan dan mencegah perkembangan jamur. Penggunaan fungisida termasuk dalam pengendalian secara kimia (Djojsumarto, 2000). Hampir semua fungisida yang digunakan di pertanian saat ini menunjukkan efeknya ketika fungisida tersebut diaplikasikan sebelum infeksi terjadi. Ketika fungisida diaplikasikan pada permukaan bagian tanaman maka fungisida tersebut menyerang spora jamur atau menekan tabung perkecambahan, hifa, dan struktur jamur lainnya. Seperti yang telah tertulis di banyak peraturan, pengendalian penyakit dengan menggunakan fungisida bertujuan untuk mencegah infeksi patogen dan perkembangan penyakit tanaman (Ivic, 2010).

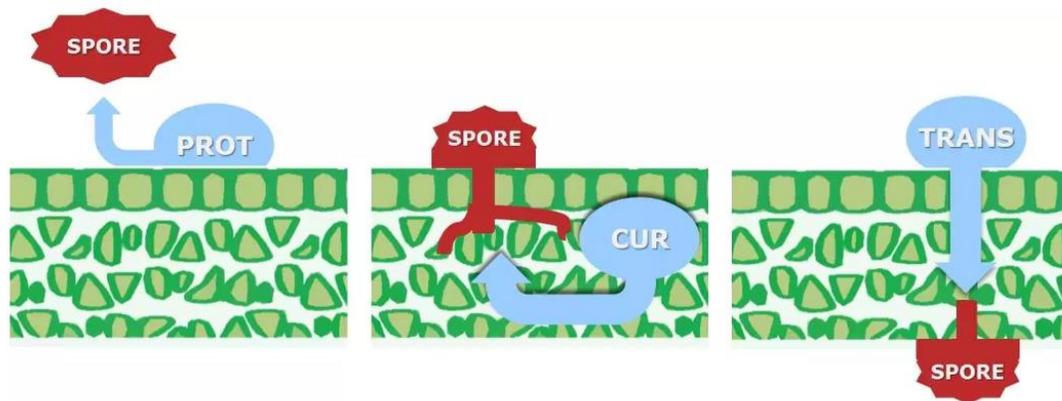
Pergerakan dan translokasi fungisida dalam tanaman berbeda-beda pada setiap bahan aktif fungisida. Kebanyakan fungisida sistemik berpindah dalam tanaman melalui xylem namun sebagian kecilnya memiliki kemampuan berpindah secara basipetal dalam tanaman melalui floem. Beberapa dari fungisida yang berada di pasaran juga hanya berpindah pada organ tertentu yang diaplikasikan oleh fungisida tersebut atau *locally mobile* (Pérez, 2013). Efikasi dari suatu fungisida dalam kondisi tropis dipengaruhi oleh beberapa hal seperti: dinamika populasi jamur patogen, kelimpahan tanaman inang dari jamur patogen tersebut, dan kemampuan dari beberapa spesies jamur patogen tersebut untuk menyerang tanaman selama umur tanaman tersebut (Ricardo, 2010). Berdasarkan sistematika atau pergerakan fungisida didalam tanaman, fungisida dibagi menjadi dua kelompok yaitu fungisida sistemik dan fungisida nonsistemik. Fungisida juga dapat digolongkan berdasarkan aktifitas fungisida tersebut yaitu protektan, kuratif, dan eradikan (Richard *et al.*, 2014).



Gambar 5. Perbandingan karakteristik aktifitas fungisida (Sumber : Teicher.)

Sangat penting bagi fungisida kuratif untuk memiliki bahan aktif yang dapat ditranslokasikan secara sistemik untuk dapat menghambat pertumbuhan hifa jamur didalam tanaman. Fungisida kuratif diaplikasikan tidak lama setelah terjadinya infeksi meskipun perlu diketahui bahwa efikasi dari fungisida kuratif akan berkurang setelah penyakit telah terbentuk di lapang. Fungisida kuratif bersifat sistemik, diserap oleh daun dan disebarkan keseluruh bagian tubuh tanaman melalui xylem. Fungisida kuratif juga memiliki residu yang dapat bertahan lama karena sifat fungisida ini yang merupakan fungisida sistemik (Teicher, 2017).

Pada fungisida kuratif terjadi sebuah pergerakan yang disebut gerakan translaminar atau *transalminar movement*. Fungisida kuratif jenis ini disebut juga sebagai fungisida sistemik lokal. Fungisida sistemik lokal diabsorpsi oleh jaringan tanaman, tetapi tidak ditranslokasikan ke bagian tanaman lainnya. Bahan aktif hanya akan terserap ke sel-sel jaringan yang tidak terlalu dalam dan tidak sampai masuk hingga pembuluh angkut (Teicher, 2017). Fungisida kontak merupakan salah satu jenis fungisida yang bekerja melalui paparan langsung pada jamur. Fungisida kontak menghambat pertumbuhan jamur yang terkena paparan bahan aktif (Sembiring, 2008).



Gambar 6. Pergerakan fungisida dan spora jamur patogen pada tanaman (Sumber Teicher.)

Fungisida Berdasarkan Sistemalitas

2.3.1 Fungisida Nonsistemik

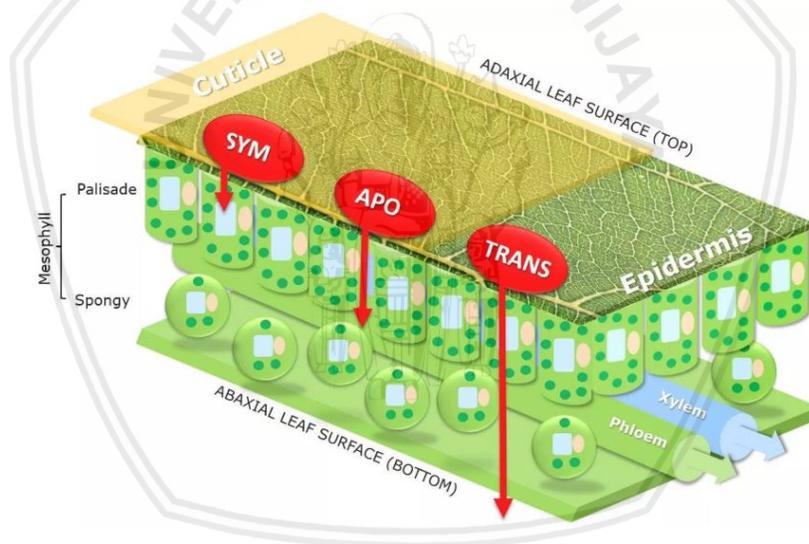
Fungisida nonsistemik adalah jenis fungisida yang tidak masuk ke dalam jaringan tanaman. Pada umumnya fungisida ini disebut juga fungisida kontak atau protektan. Fungisida ini cenderung tertinggal di permukaan daun dan buah. Perpindahan antara tanaman yang terjadi pada fungisida ini terjadi melalui proses penguapan dan terbawa hujan. Fungisida nonsistemik tidak tersebar antara tanaman dan hanya bekerja atau efektif pada bagian tanaman yang diaplikasikan. Fungisida ini mencegah infeksi jamur dengan menghambat perkecambahan spora atau miselium jamur yang menempel dipermukaan (daun) tanaman. Oleh karena itu, fungisida kontak berfungsi sebagai protektan dan hanya efektif digunakan sebelum tanaman terinfeksi oleh penyakit (preventif). Fungisida ini memiliki mekanisme kerja yang disebut dengan *multisites inhibitors* atau bekerja pada banyak tempat di tubuh jamur atau dapat dikatakan bekerja secara nonspesifik karena memberikan response yang dapat mengganggu proses biokimia yang terjadi pada jamur pathogen dengan terikat bersama beberapa gugus kimia dari beberapa enzim. (Richard *et al*, 2014).

2.3.2 Fungisida Sistemik

Berbagai macam pestisida organik baru telah banyak diperkenalkan dan digunakan sejak tahun 1968. Fungisida sistemik berbeda dengan fungisida konvensional yang pada umumnya yang masih bersifat nonsistemik karena fungisida

ini diserap oleh tanaman dan ditransportasikan ke dalam sistem tanaman. Fungisida ini dapat mengeradikasi patogen dari jaringan tanaman bahkan setelah infeksi terjadi. Kemampuan untuk mengendalikan penyakit layu yang disebabkan oleh jamur patogen yang hidup didalam tanaman serta melindungi bagian tanaman yang tidak terkena fungisida secara langsung merupakan keuntungan penggunaan fungisida sistemik dibanding fungisida lain (Tuyl, 1977).

Terdapat tiga aspek yang perlu diperhatikan dalam pengaplikasian fungisida sistemik. Aspek yang pertama adalah kesesuaian penggunaan fungisida sistemik terhadap tanaman dan jamur patogen tanaman. Aspek yang kedua adalah tidak adanya status resisten dari jamur patogen terhadap fungisida tersebut. Aspek yang ketiga adalah tidak adanya aktifitas karsinogenik dan genetik terhadap fungisida tersebut. Aktifitas genetik dalam hal ini diketahui dapat menginduksi tanaman dalam hal mutasi ataupun kerusakan kromosom tanaman (Tuyl, 1977).



Gambar 7. Pergerakan Simplastik dan Apoplastik dalam tanaman
(Sumber : Teicher.)

Fungisida sistemik diabsorpsi oleh organ tanaman dan ditranslokasikan ke bagian tanaman lainnya lewat aliran cairan tanaman. Fungisida sistemik terjadi melalui dua jenis pergerakan yaitu gerakan Apoplastik dan Simplastik. Gerakan Apoplastik adalah pergerakan yang terjadi pada *Intercellular space*, dinding sel dan juga xylem yang diatur dengan proses difusi dan transpirasi. Sementara gerakan

Simplastik adalah pergerakan yang terjadi melewati plasmodesmata antara beberapa sel. Gerakan Ambimobil terjadi ketika fungisida sistemik dapat bergerak secara apoplastik dan simplastik (Tuyl, 1977). Beberapa jenis fungisida ini bekerja sebagai fungisida protektan namun pada umumnya bekerja sebagai fungisida eradikan dan kuratif. Kuratif bekerja pada fase setelah terjadinya infeksi namun sebelum timbulnya gejala infeksi, sedangkan eradikan bekerja pada fase setelah timbulnya gejala pada tanaman inang. Fungisida ini memiliki mekanisme kerja yang disebut dengan *monosite inhibitors* atau bekerja untuk menghambat hanya pada satu proses biokimia (Oliver, 2015). Terdapat beberapa bahan aktif yang memberikan hambatan jamur patogen yaitu:

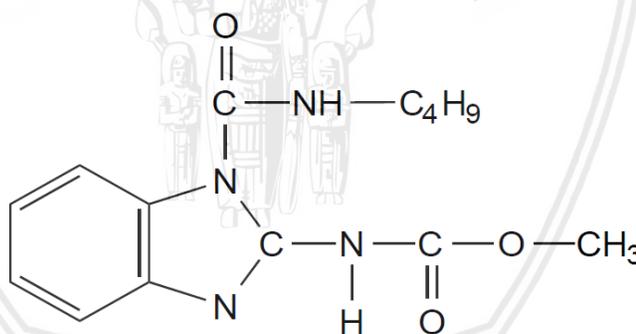
2.3.2.1 Benomil

Benomil merupakan salah satu bahan aktif fungisida sistemik golongan benzimidazole. Sebagian besar benzimidazole pada permukaan tumbuhan berubah menjadi metilbenzimidazol karbamat (MBC) atau sering disebut sebagai karbendazim. Senyawa ini mengganggu pembelahan inti pada jamur-jamur yang sensitif. Fungisida ini dapat dikatakan aman serta memiliki berbagai kemampuan yang efektif melawan sebagian besar jamur patogen. Benomil dapat mengendalikan banyak jenis patogen tanaman seperti bintik dan bercak pada daun, penyakit hawar, busuk, kudis, dan penyakit yang ditularkan melalui biji dan penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen tular tanah (Agrios, 2006).

Fungisida Benomil berkerja secara efektif untuk mengendalikan penyakit embun tepung (*powdery mildew*) pada semua tanaman, kudis pada apel dan persik, busuk coklat pada buah berbiji, busuk pada buah secara umum, bintik pada daun akibat jamur *Cercospora* sp., bintik pada daun ceri, bercak hitam pada mawar, blast pada padi (*blast of rice*), serta berbagai penyakit yang disebabkan jamur *Sclerotinia* dan *Botrytis*. Fungisida ini juga sangat efektif menekan infeksi yang disebabkan oleh *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis*, *Ceratocystis*, *Fusarium*, dan *Verticillium*. Benomil kurang efektif untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur *Oomycetes*, pada beberapa jamur berwarna gelap yang tidak sempurna seperti *Bipolaris*, *Drechslera*, and *Alternaria*, serta pada beberapa jamur *Basidiomycetes*. Benomil dapat

diaplikasikan sebagai perlakuan bibit, semprot daun, injeksi batang, celupan akar, perawatan baris, dan sebagai celupan buah (Agrios, 2006).

Senyawa Benomil menghambat pertumbuhan jamur patogen dengan mengganggu proses sintesis DNA. Benomil dapat terhidrolisis dalam larutan menjadi karbendazim yang mampu menghambat mitosis. Pembentukan kompleks karbendazim dengan subunit mikrotubulus yang berasal dari dalam sel jamur menyebabkan mikrotubulus tidak dapat menyusun benang-benang gelendong penarik inti kromosom sel jamur (Widiastuti *et al*, 2011). Pada beberapa penelitian fungisida benomil juga efektif dalam menekan menghambat proses infeksi jamur patogen tanaman tertentu. Seperti dalam penelitian Widiastuti *et al*. (2011) dimana dilakukan pengujian beberapa fungisida untuk mengatasi beberapa penyakit penting pada tanaman buah naga. Dari hasil penelitian tersebut diketahui dari enam jenis fungisida yang dipergunakan, Benomil 50% merupakan fungisida yang paling efektif untuk menekan pertumbuhan *Fusarium* sp. (bercak coklat), *Colletotrichum* sp. (antraknos), dan *Pestalotiopsis* sp. (kudis), diikuti oleh Mankozeb 73,8% + Karbendazim 6,8% serta Mankozeb 73,8%.



Gambar 8. Rumus bangun Benomil (Sumber : FRAC.)

2.3.2.2 Azoksistrobin

Strobilurin atau fungisida QoI (*Quinone outside inhibitor*) merupakan salah satu kelompok fungisida yang baru dan dapat dikatakan penting. Kelompok fungisida ini pertama kali ditemukan sebagai sebagai jamur *Strobilurus tenacellus* yang terisolasi pada kayu yang telah membusuk. Jamur tersebut ditemukan dalam posisi

repository.ub.ac.id

dapat melindungi dirinya sendiri dari berbagai mikroba yang menyebabkan busuk pada kayu. Para ahli kimia kemudian memproduksi senyawa Strobilurin yang lebih efektif dan lebih stabil dari senyawa yang ada pada jamur tersebut. Kemudian ditemukan bahwa Strobilurin juga memiliki cara kerja yang sama dengan fungisida pada umumnya yaitu menghambat respirasi dan menghambat produksi energy dalam sel jamur dengan menghalangi transfer elektron pada lokasi oksidasi Quinol (lokasi Qo) di dalam *Cytochrome bcl complex*. Sehingga dengan demikian pembentukan ATP di dalam sel jamur menjadi terhambat. Strobilurin termasuk fungisida yang bersifat *site spesifik* dan dengan demikian efektivitas dari fungisida ini bergantung pada jenis jamur yang resisten terhadap fungisida ini dan pengembangan populasi patogen yang tahan terhadap fungisida Strobilurin (Agrios, 2006).

Seluruh Strobilurin diserap oleh daun dan berbagai bagian tanaman lain yang diaplikasikan fungisida ini. Pada mulanya Strobilurin tertahan di lapisan lilin atau kutikula tanaman namun kemudian Strobilurin bergerak secara translaminar ke dalam daun. Beberapa fungisida Strobilurin seperti Azoxystrobin bergerak secara translaminar dan sistematis melewati sistem pembuluh dalam tanaman. Beberapa fungisida Strobilurin juga menunjukkan efek pendukung dalam pertumbuhan tanaman yang diaplikasikan dengan menunda penuaan daun serta memiliki peran dalam menahan air. Strobilurin telah terbukti *phytotoxic* pada beberapa tanaman dari beberapa genotip, tanaman dari beberapa varietas, seperti apel MacIntosh, anggur Concord, dan beberapa ceri manis, yang sensitif terhadap Strobilurin dimana varietas lain dari jenis tanaman ini tidak terpengaruh (Agrios, 2006).

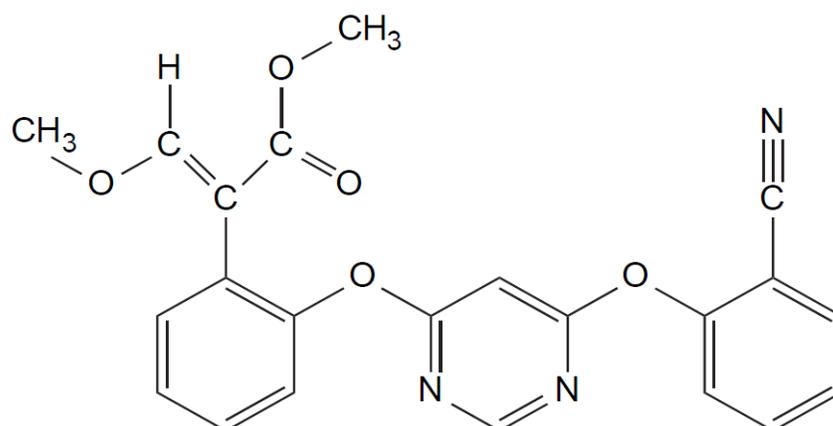
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Terdapat beberapa fungisida yang berasal dari kelompok Strobilurin yaitu: Azoxystrobin, Heritage, Quadris, Trifloxystrobin, Gem, Stratego, Kresoxim methyl, dan Pyraclostrobin. Strobilurin efektif melawan sebagian besar penyakit yang diakibatkan oleh jamur pada tanaman. Strobilurin memiliki kelemahan dalam hal pengaplikasiannya yaitu mengakibatkan peningkatan tingkat keparahan beberapa penyakit dengan menghilangkan atau menekan beberapa jenis mikroorganisme natural yang justru melawan patogen (Agrios, 2006). Azoksistobin merupakan bahan aktif yang mulai dipasarkan pada tahun 1996, dan pada aplikasinya sering digunakan

sebagai fungisida protektan, kuratif dan eradikan. Azoxystrobin adalah senyawa β – metakrilat yang secara struktural terkait dengan Strobilurin alami, yang merupakan senyawa yang berasal dari beberapa spesies jamur. Azoxystrobin mempunyai spektrum yang luas dan merupakan fungisida sistemik yang bekerja dengan menghambat transport elektron dalam jamur patogen (Djojsumato, 2008).

Senyawa ini memiliki kemampuan untuk memberikan perlindungan terhadap penyakit jamur yang disebabkan oleh kelompok Ascomycota, Deuteromycota, Basidiomycota, dan Oomycota. Senyawa Azoxystrobin mempunyai efek berbahaya bagi tubuh manusia karena distribusinya terdapat banyak pada ginjal dan hati (European Commission, 1998). Azoksistrobin adalah fungisida yang umum digunakan di bidang pertanian. Substansi yang digunakan sebagai agen aktif melindungi tanaman dan buah atau sayuran dari penyakit jamur.

Beberapa penelitian juga dilakukan untuk menguji efektifitas penggunaan fungisida ini untuk menghambat pertumbuhan jamur tanaman. Sebuah penelitian telah dilakukan terhadap beberapa fungisida dimana fungisida diuji untuk menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* strain CS-20 pada tanaman tomat. Penelitian tersebut memberikan hasil yaitu fungisida Azoksistrobin dan Chlorothalonil dapat menurunkan laju pertumbuhan koloni pada jamur secara signifikan dengan konsentrasi 10 ppm atau lebih. Sementara beberapa fungisida lain yang diuji seperti Thiram, Mefenoxam+chlorothalonil, Mancozeb dan Mancozeb+copper, serta Mefenoxam+copper baru dapat menurunkan laju pertumbuhan koloni pada jamur secara signifikan dengan konsentrasi diatas 30 ppm atau lebih (Fravel *et al.*, 2005).



Gambar 9. Rumus bangun Azoksistrobin (Sumber : FRAC.)

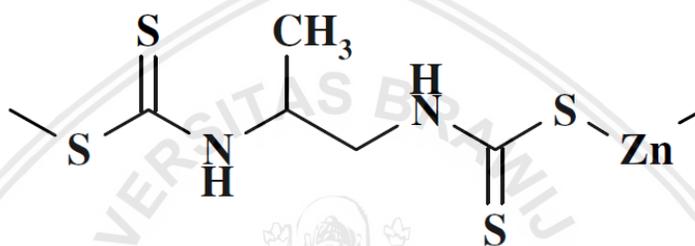
2.3.2.3 Propineb

Fungisida Propineb termasuk dalam kelompok Senyawa Sulfur Organik dithiokarbamat dan tergolong dalam fungisida non sistemik (fungisida kontak). Senyawa sulfur organik adalah salah satu grup fungisida modern yang banyak digunakan saat ini. Beberapa contoh fungisida yang berasal dari grup ini adalah Thiram, Ferbam, Nabam, Maneb, Zineb, Mancozeb, dan Propineb. Beberapa fungisida tersebut merupakan turunan dari asam Dithiocarbamic. Asam Dithiocarbamic beracun bagi kebanyakan jamur patogen karena senyawa tersebut dimetabolisme oleh *Isothiocyanate radical* yang dapat menonaktifkan kelompok Sulfhydryl pada asam amino dan enzim di dalam sel jamur patogen (Agrios, 2006).

Bahan aktif Propineb bekerja dengan cara menghambat beberapa proses metabolisme jamur. Fungisida ini bersifat *multisite inhibitor* atau menghambat di banyak proses metabolisme dan umumnya berspektrum luas. Sifat *multisite inhibitor* pada Propineb membuat fungisida ini tidak mudah menimbulkan status resistensi pada jamur (Gortz, 2011). Pada umumnya, peluang dari fungisida jenis ini untuk menciptakan status resistensi pada targetnya lebih kecil dibandingkan dengan fungisida sistemik. Hal ini dikarenakan, fungisida kontak tidak spesifik target seperti fungisida sistemik (Astuti *et al.*, 2014).

Fungisida ini juga diketahui dapat menekan laju infeksi dari beberapa jamur patogen dari beberapa penelitian. Sebuah penelitian telah menguji pengaruh

penggunaan fungisida propineb 70% dengan penggunaan agens antagonis *Trichoderma* sp. yang diisolasi dari berbagai tanaman seperti jahe; nanas; pisang; bawang merah; kombinasi *Trichoderma* sp. isolat jahe dan nanas; jahe dan pisang; jahe dan bawang merah; nanas dan pisang; nenas dan bawang merah; pisang dan bawang merah; jahe, nanas dan pisang; jahe, nanas dan bawang merah; nenas, pisang dan bawang merah; serta jahe, nanas, pisang dan bawang merah. Dari penelitian tersebut juga didapatkan hasil bahwa meskipun secara *in vitro* penggunaan agens antagonis lebih efektif namun secara *in vivo* penggunaan fungisida diketahui lebih efektif dalam menekan intensitas penyakit sebesar 21,18% (Sidiq, 2014).



Gambar 10. Rumus bangun Propineb (Sumber : FRAC.)

2.3.2.4 Prokimidon

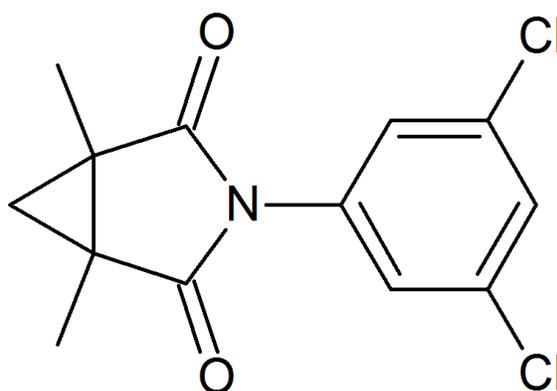
Fungisida Prokimidon termasuk dalam kelompok fungisida Dikarboksimid. Kelompok Dikarboksimid mulai dikembangkan pada tahun 1960-1970. Kelompok ini memiliki komponen anti fungi terhadap jamur Ascomycetes. Kelompok fungisida ini telah banyak digunakan di beberapa Negara karena efektifitasnya yang cukup tinggi. Meskipun demikian, cara kerja dan mekanisme resistensi dari kelompok fungisida ini masih belum diketahui dengan jelas. Pada beberapa studi mengatakan bahwa dikarboksimid memberikan hambatan dalam respirasi atau proses biosintesis sterol, asam nukleat, protein ataupun kitin jamur patogen. Aplikasi dari kelompok fungisida ini menyebabkan gangguan pada sel jamur berupa pembengkakan hifa dan pecahnya hifa (Tanaka, 2012).

Prokimidon ditemukan pada tahun 1976. Senyawa ini bekerja dengan cara menghambat sintesis trigliserida (semacam lipid) dalam metabolisme jamur.

Prokimidon bekerja secara sistemik, diabsorpsi oleh akar dan ditransportasikan ke daun dan bunga. Fungisida ini berperan sebagai fungisida protektan dan kuratif serta digunakan untuk mengendalikan jamur yang berasal dari genus *Botrytis*, *Monila*, *Helminthosporium*, dan *Fusarium* pada tanaman buah, sayuran, dan tanaman lainnya. Prokimidon tidak memiliki efek mutagenik atau karsinogenik (Djojsumarto, 2008).

Beberapa penelitian melaporkan bahwa fungisida ini efektif dalam menekan jamur patogen dengan divisi Ascomycota. Seperti pada penelitian Ritchie (2010) dimana pada penelitian ini dilakukan pengujian fungisida Dichloran, Iprodione, Procymidone, dan Vinclozolin terhadap pertumbuhan miselium dan sporulasi *Monilinia fructicola* dari 3 jenis tanaman peach (8-1, 10-1, 20-1, 22-1). Dan dari penelitian ini diketahui bahwa pada parameter pertumbuhan miselium jamur pada jenis buah peach yaitu 8-1, 10-1, dan 14-1 yang di autoclave, fungisida procymidone memiliki diameter yang paling kecil dibandingkan dengan fungisida Dichloran, Iprodione, dan Vinclozolin.

Penelitian yang dilakukan oleh Hisada (2011) juga menjelaskan bahwa fungisida prokimidon efektif dalam menekan jamur patogen dengan divisi Ascomycota. Pada penelitian ini dijelaskan mengenai mekanisme antifungal prokimidon terhadap *Botrytis cinerea*. Dari hasil penelitian tersebut diketahui Procymidone mengurangi peningkatan kadar protein, RNA dan DNA pada jamur. Selain itu prokimidon juga menghambat penggabungan 3H-uridine ke dalam fraksi yang larut dalam asam dan tidak larut dalam asam pada sel melalui perusakan membran pengangkut jamur. Sehingga prokimidon secara tidak langsung bekerja dengan merusak membran sitoplasma dan terkait dengan fungsi membran untuk transportasi dan sintesis dinding sel



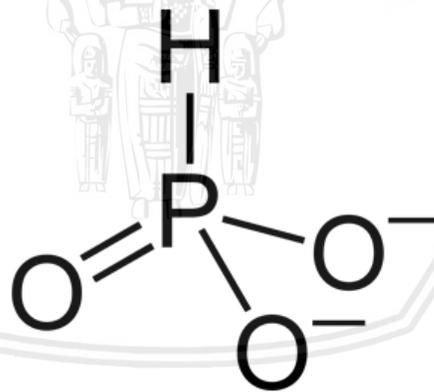
Gambar 11. Rumus bangun Proximidon (Sumber : FRAC.)

2.3.2.5 Asam Fosfit

Asam fosfit merupakan fungisida yang termasuk kedalam fungisida golongan organophosphate atau fosfonat. Fungisida dari golongan ini terbagi kedalam dua jenis yaitu *fosetyl-Al*, yang dijual sebagai *Aliette*, dan *phosphorous acid*, dijual sebagai *Fosphite*. Organophosphates diaplikasikan melalui beberapa cara yaitu: penyemprotan daun, penyiraman pada tanah, pencelupan akar serta dalam penggabungan tanah. Senyawa lain yang termasuk kelompok ini adalah: *Kitazin* (IBP) dan *Edifenphos* (*Hinosan*), keduanya efektif melawan *rice blast* dan beberapa penyakit lain, dan *pyrazophos* (*Afugan*), yang efektif melawan empun tepung (*powdery mildews*) dan penyakit *Bipolaris* and *Drechslera* pada berbagai tanaman (Agrios, 2006).

Asam fosfit bekerja dalam menghambat beberapa kerja enzim dari jalur pentosa-fosfat glikolitik dan oksidatif. Aplikasi fungisida asam fosfit pada tanaman dapat meningkatkan aktivitas enzim seperti fenilalanin amonia lyase yang berperan dalam pertahanan seluler dan peningkatan sintesis senyawa fenolik. Fungisida asam fosfit bersifat fungistatik atau hanya dapat menghambat pertumbuhan tanpa membunuh jamur (Kristiawati, 2014). Asam fosfit mampu menghambat perkembangan vegetatif jamur dengan menghambat perkembangan miselium jamur. Asam fosfit juga dapat merangsang tanaman memproduksi lebih banyak zat *phytoalexin* yang bersifat racun terhadap patogen tanaman (MKD Group, 2016).

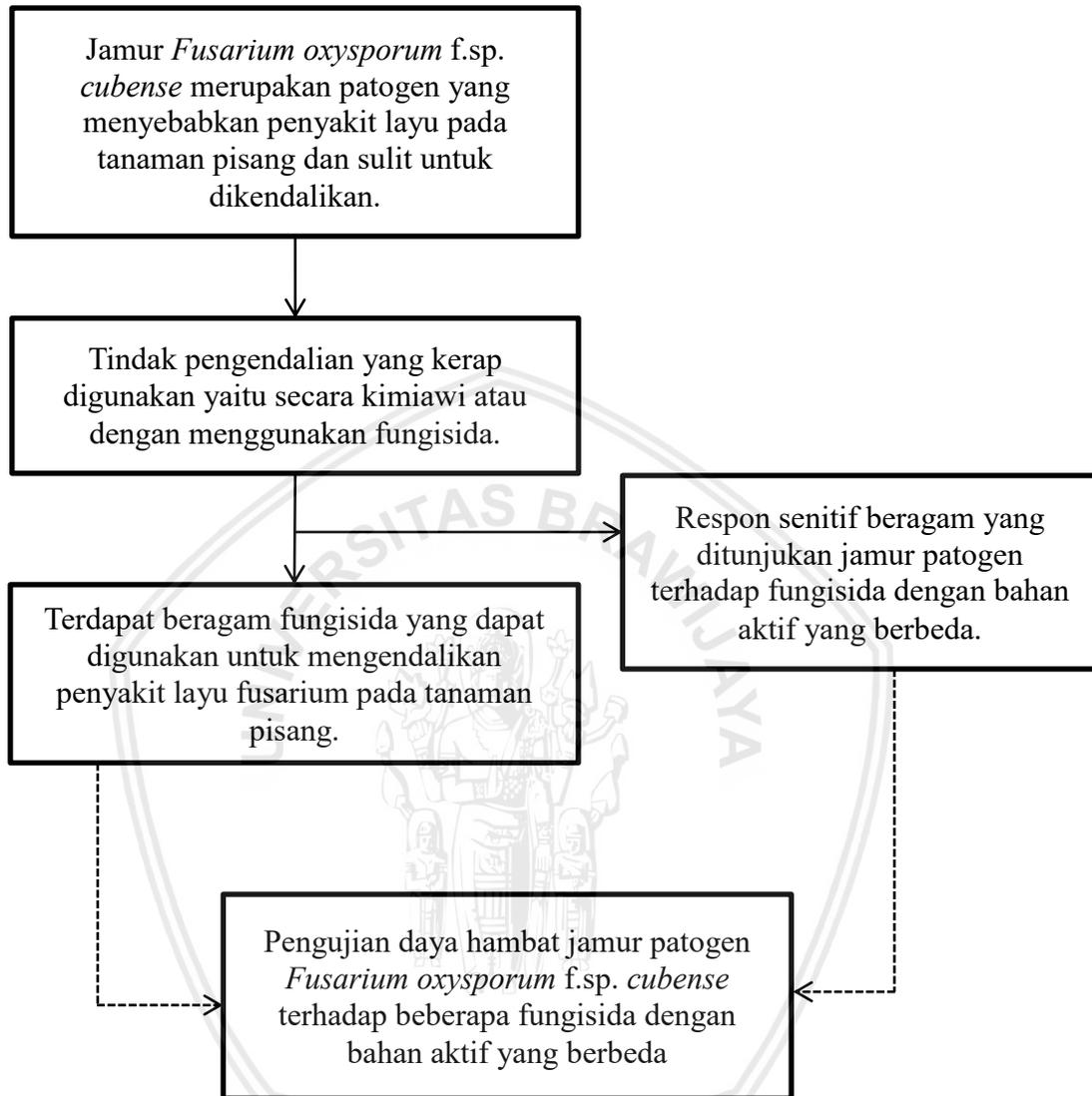
Fungisida ini diketahui dapat menekan penyakit layu fusarium pada tanaman pisang melihat dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan. Salah satunya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Kristiawati *et al* (2014) yang melaporkan mengenai pengaruh fungisida asam fosfit dan aluminium-fosetil terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (*Foc*) *in vitro* dan pengaruh fungisida tersebut terhadap penyakit layu fusarium pada tanaman pisang. Penelitian ini terdiri dari 5 perlakuan kepekatan fungisida, yaitu 0 ppm (kontrol), 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm, dan 4000 ppm. Isolat jamur yang digunakan yaitu *Foc* A13. Bahan tanaman adalah bibit pisang kultivar Cavendish asal kultur jaringan 4 bulan setelah aklimatisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fungisida asam fosfit (*Agrifos*) lebih efektif untuk menghambat pertumbuhan jamur *Foc* daripada fungisida aluminium-fosetil (*Aliette*) secara *in vitro*. Fungisida asam fosfit dan aluminium-fosetil menghambat perkembangan penyakit layu pada bibit pisang. Kedua fungisida tersebut juga meningkatkan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit layu fusarium. Hal ini disebabkan kedua jenis fungisida tersebut bekerja secara sistemik.



Gambar 12. Rumus bangun Asam Fosfit (Sumber : FRAC.)

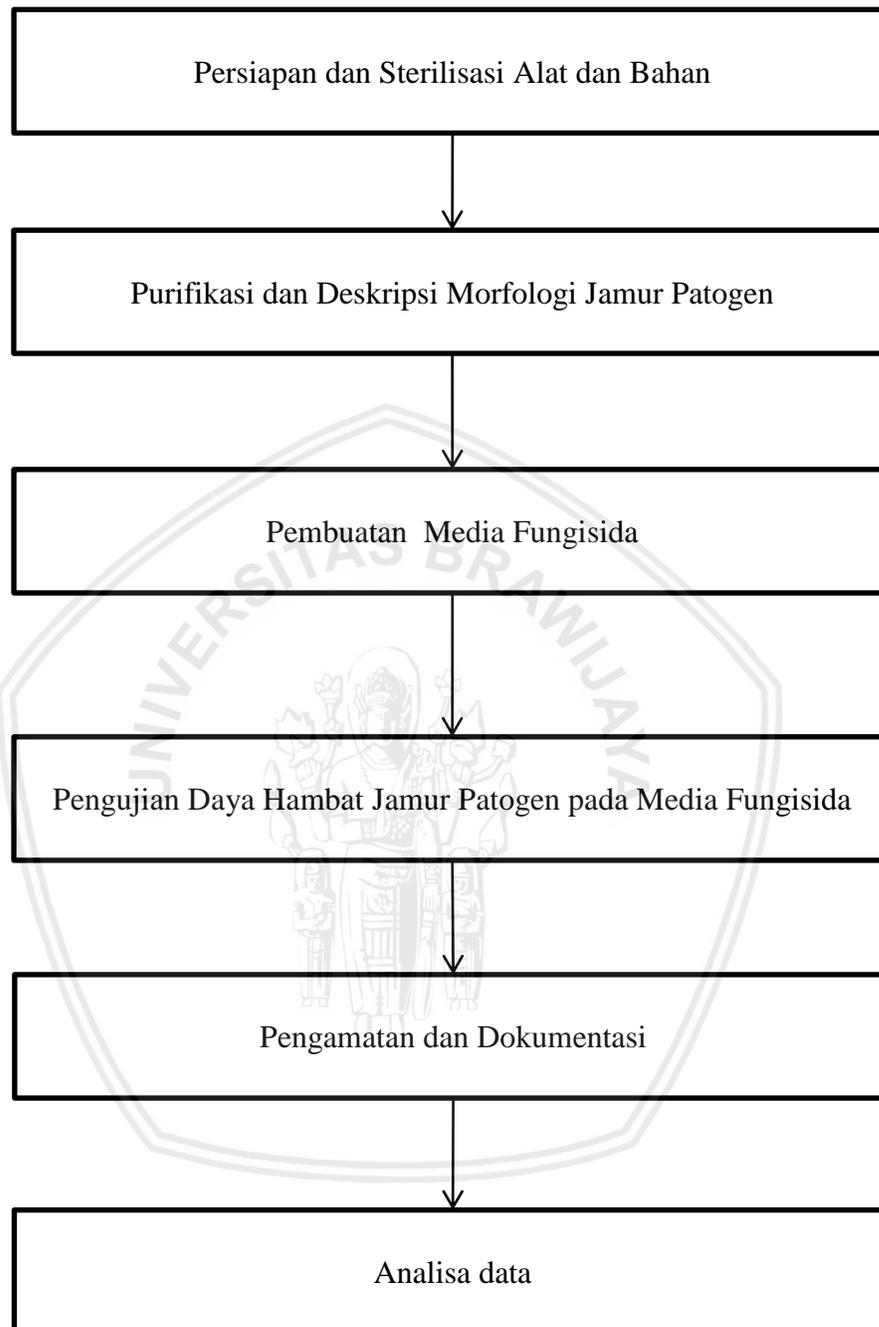
III. METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Konseptual



Gambar 13. Kerangka Konseptual Penelitian

3.2. Kerangka Operasional



Gambar 14. Kerangka Operasional Penelitian

3.3. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dimulai pada bulan Februari 2019 dan berakhir pada Juni 2019.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Autoklaf, *Laminar Air Flow Cabinet* (L AFC), Kompor listrik, Cawan Petri, jarum Ose, *cork borer*, labu Erlenmeyer, mikroskop, buku identifikasi, bunsen, *object glass*, *cover glass*, *beaker glass*, botol media, *Hand Counter*, kamera dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: isolat jamur patogen *F. oxysporum* fsp. *cubense*, Fungisida dengan bahan aktif: Benomil, Azoksistrobin, Propineb, Prokimidion, dan Asam Fosfit, alkohol 70%, media *Potato Dextrose Agar* (PDA), spiritus, akuades steril, plastik tahan panas, plastik wrap, tisu steril, *chloramphenicol* dan klorox.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan dua faktor yaitu: lima jenis bahan aktif fungisida dan tiga konsentrasi. Penelitian dilakukan dengan tiga kali pengulangan serta tiga kontrol pada setiap ulangan sebagai kontrol pada masing-masing konsentrasi sehingga terdapat 54 satuan percobaan. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui beberapa rangkaian kegiatan sesuai urutan yang sistematis. Kegiatan pertama yang dilakukan adalah persiapan dan sterilisasi alat dan bahan. Selanjutnya dilakukan kegiatan deskripsi morfologi jamur patogen dan purifikasi jamur patogen. Selanjutnya dilakukan pembuatan media fungisida sebagai persiapan untuk kegiatan selanjutnya. Setelah itu dilakukan pengujian daya hambat patogen terhadap lima jenis fungisida dengan bahan aktif yang berbeda dan terhadap viabilitas konidia. Setelah itu dilakukan pengamatan daya hambat fungisida dengan dua parameter pengamatan yaitu: terhadap pertumbuhan diameter koloni dan viabilitas konidia. Setelah itu dilakukan analisis data.

3.5.1 Persiapan dan Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini dipersiapkan terlebih dahulu. Kemudian alat dan bahan yang nantinya akan digunakan disterilisasi terlebih dahulu. Sterilisasi alat dan bahan bertujuan untuk membersihkan serta memastikan bahwa alat dan bahan yang nantinya akan digunakan bersih dan terhindar dari mikroba lain sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kontaminasi. Sterilisasi beberapa alat yang tahan panas dilakukan dengan merendam alat dengan klorox selama 24 jam kemudian mencuci alat-alat dengan air yang mengalir. Kemudian, alat-alat tersebut dibungkus dengan kertas untuk cawan petri dan aluminium foil untuk beberapa alat lainnya seperti jarum Ose, mulut labu Erlenmeyer, botol media, gelas ukur, *beaker glass* lalu, dibungkus kembali dengan plastik tahan panas untuk selanjutnya disterilkan dengan autoklaf dengan suhu 121°C selama 120 menit.

3.5.2 Persiapan dan Deskripsi Isolat Jamur Patogen

Seluruh isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang yang dikoleksi pada tahun 2017–2018. Isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* diremajakan pada medium agar-agar dekstroza kentang (ADK). Bahan aktif fungisida yang digunakan adalah fungisida komersial dari toko pertanian di Malang. Isolat jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* dideskripsikan dan diamati secara makroskopis dan mikroskopis sesuai karakteristik morfologis. Morfologi makroskopis diamatai berdasarkan warna kolonidan tekstur koloni. Pengamatan morfologi mikroskopis jamur diamati berdasarkan adanya septa, bentuk hifa dan bentuk konidia (Shofiana *et. al.*, 2015). Isolat jamur jamur patogen kemudian dimurnikan pada media baru.

2.5.3 Pembuatan Media Fungisida

Sebelum dilakukan pengamatan daya hambat jamur patogen terhadap fungisida secara *in vitro*, persiapan perlu terlebih dahulu dilakukan. Persiapan dilakukan dengan penyiapan media dengan kandungan bahan aktif fungisida tertentu yang akan diuji. Adapun fungisida yang akan diuji antara lain: Asam fosfit 350 g/l dengan merek dagang folirfos, Azoksitrobin 350 g/l dengan merek dagang Dorum, Benomil 50 WP

dengan merek dagang Benlox, Prokimidon 50 WP dengan merek dagang Sumilex dan Propineb 70 WP dengan merek dagang Antracol. Penentuan Konsentrasi bahan aktif yang digunakan ditentukan dari konsentrasi anjuran untuk jamur *Fusarium oxysporum* pada bahan aktif Benomil dan Azoksistrobin yaitu 500 ppm (dikurang setengah dari konsentrasi anjuran), 1000 ppm (konsentrasi anjuran), 1500 (ditambah setengah dari konsentrasi anjuran). Penggunaan konsentrasi tersebut digunakan untuk semua bahan aktif fungisida.

Media yang digunakan untuk perlakuan dibuat dengan mencampurkan suspensi fungisida dan media PDA steril pada suhu 40–45 °C di dalam erlenmeyer dengan takaran sesuai konsentrasi yang diujikan. Sebanyak 10 mL medium tersebut dituang ke dalam cawan petri yang berdiameter sembilan sentimeter. Kemudian Media PDA yang tidak dicampur fungisida dituangkan ke cawan petri berbeda dan digunakan sebagai media kontrol (Andriani, 2017).

3.5.4 Pengujian Sensitivitas Jamur Patogen pada Media Fungisida

Setelah dilakukan pembuatan media fungisida yang merupakan media pengujian selanjutnya dilakukan pengujian sensitivitas jamur patogen pada media tersebut. Pengujian dilakukan dengan biakan murni jamur umur 13 hari dicetak dengan ukuran 0,5 cm menggunakan *cork borer* sehingga terbentuk cakram biakan jamur. Biakan kemudian diletakkan tepat di tengah cawan petri berdiameter 9 cm yang sudah berisi media dan fungisida. Bagian yang bermiselium diletakkan menyentuh media. Inkubasi dilakukan selama 13 hari atau sampai koloni yang terbentuk pada perlakuan kontrol memenuhi cawan petri (Kristiawati, 2014).

3.5.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan setelah koloni terbentuk memenuhi perlakuan kontrol pada cawan petri. Parameter dari pengamatan yang dilakukan antara lain daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan diameter koloni dan perkecambahan konidia. Daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan koloni jamur dapat diukur dengan mengamati serta menghitung diameter koloni yang tumbuh pada petri. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai koloni pada kontrol memenuhi cawan petri. Menurut

Kristiawati *et al* (2014), persentase daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan koloni jamur patogen dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\frac{\text{Diameter koloni kontrol} - \text{Diameter koloni perlakuan}}{\text{Diameter koloni kontrol}} \times 100\%$$

Pengamatan juga dilakukan dengan mengetahui pengaruh bahan aktif fungisida terhadap viabilitas konida. menurut Noveriza (2010), pengujian dilakukan dengan menuangkan aquades steril sebanyak 5 ml ke permukaan media yang dipenuhi oleh jamur. Kemudian, miselium disapu menggunakan kuas untuk melepaskan konidia dari konidiofornya. Konidia yang didapat akan membentuk sebuah suspensi yang kemudian dituangkan kedalam tabung reaksi. Setelah itu, suspense konidia kemudian ditambahkan dengan larutan fungisida sesuai konsentrasi perlakuan masing-masing fungisida, kemudian dihomogenkan dengan cara dikocok. Setelah homogen, suspensi koidia diambil sebanyak 50µl lalu ditetaskan pada object glass yang telah di tetesi dengan media PDA. Setelah itu object ditutup dengan cover glass. Jumlah konidia yang berkecambah dan tidak berkecambah dilakukan dibawah mikroskop dengan perbesaran 400×. pengamatan perkecambahan konidia dapat dihitung pada setiap interval 24 jam selama empat hari dengan rumus:

$$\frac{\text{Konidia berkecambah}}{\text{Konidia tidak berkecambah} + \text{Konidia berkecambah}} \times 100\%$$

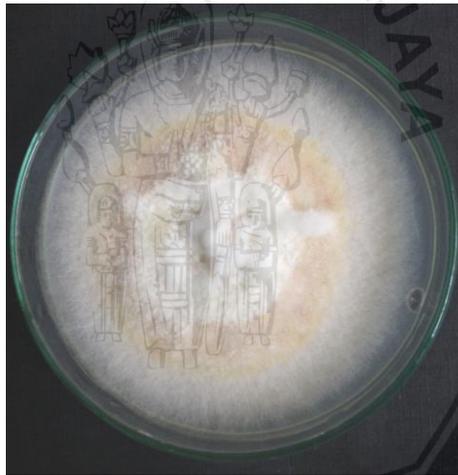
3.5.6 Analisa data

Data hasil pengamatan instentitas serangan akan dianalisis secara stastistik menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila data yang didapatkan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata, pengujian dilanjutkan dengan uji lanjutan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Morfologi Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*

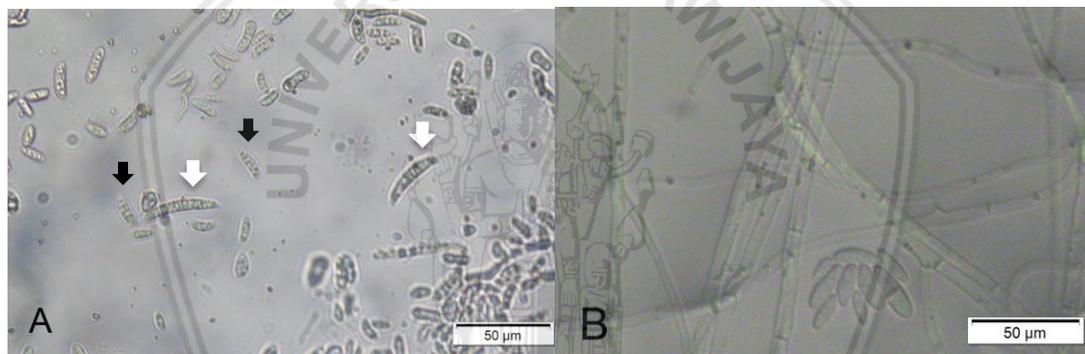
Hasil pengamatan jamur terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* secara makroskopis pada media PDA menunjukkan bahwa jamur membentuk koloni seperti kapas dan menyerupai beludru. Koloni Jamur memiliki bentuk bulat berwarna putih dan sedikit kecoklatan. Koloni dari jamur terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* juga memiliki tekstur permukaan yang cenderung kasar serta menyebar ke seluruh permukaan petri (Gambar 15). Menurut Barnett (2007) secara makroskopis fusarium memiliki bentuk miselium seperti kapas. Miselium dari jamur terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* tumbuh cepat dengan bercak-bercak berwarna abu-abu, merah muda, atau kuning. Menurut Sari *et al* (2018) koloni dari *Foc* memiliki warna putih, merah muda, ungu muda, dan krem.



Gambar 15. Makroskopis koloni jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*

Secara mikroskopis jamur terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* memiliki makrokonidium berbentuk seperti bulan sabit yang berukuran $13-25 \mu\text{m} \times 3-6 \mu\text{m}$ serta memiliki 4 sekat (Gambar 17a). Hifa pada jamur terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* berbentuk seperti benang, bersepta, dan hialin serta memiliki panjang $29,44 \mu\text{m}$ (Gambar 17b). Menurut Rustam

(2013) *Fusarium* memiliki dua bentuk dasar konidia yaitu makrokonidia dan mikrokonidia. Makrokonidium bersekat dan mikrokonidium berukuran lebih kecil dari makrokonidium. Hifa bersepta, bercabang-cabang dan hialin. Menurut Sari (2017) makrokonidia *F. oxysporum* f. sp. *cubeense* memiliki ukuran $27-55 \times 3.3-5.5$ μm , sel berbentuk lurus atau sedikit bengkok dengan 4-8 sekat dengan ujung atas runcing dan ujung bawah datar. Mikrokonidia berbentuk bulat atau menyerupai ginjal, berukuran $5-16 \times 2.4-3.5$ μm , memiliki 1 atau 2 sekat. Fialid dan mikrokonidium berkelompok dengan ujung miring ke kiri. Sedangkan menurut Ploetz (2007), mikrokonidia dan makrokonidia diproduksi dari monofialid yang bercabang dan tidak bercabang. Mikrokonidia berukuran $5-16 \times 2.4-3.5$ μm , bersel 1-2, berbentuk oval-seperti ginjal. Makrokonidia berukuran $27-55 \times 3.3-5.5$ μm , bersel 4-8, dan berbentuk sabit (*sickle-shaped*).



Gambar 16. Morfologi Mikroskopis Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubeense*: (A) Makrokonidia ditunjuk dengan tanda panah putih dan Mikrokonidia ditunjuk dengan tanda panah Hitam, (B) Hifa Jamur

4.2. Daya Hambat Fungisida terhadap pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubeense*

Hasil uji daya hambat fungisida menunjukkan bahwa faktor perbedaan konsentrasi pada bahan aktif yang sama tidak memberikan pengaruh nyata sedangkan faktor bahan aktif yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubeense*. Berdasarkan hasil pengamatan diketahui jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubeense* memberikan respon paling sensitif terhadap bahan

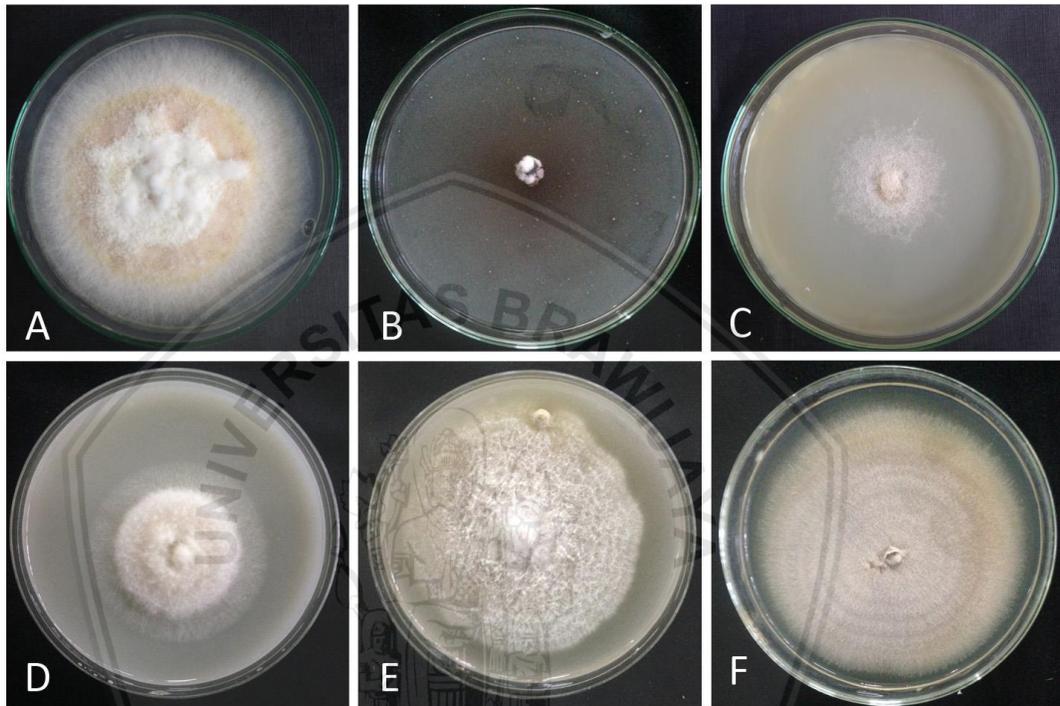
aktif Benomil. Pengaruh pemberian fungisida dapat terlihat pada pemberian fungisida dengan bahan aktif Benomil yang menghambat pertumbuhan koloni jamur secara nyata dibanding fungisida dengan bahan aktif Asam Fosfit, Azoksistrobin, Propineb dan Prokimidon. Dari hasil pengamatan juga diketahui bahwa bahan aktif Azoksistrobin dan Benomil memberikan hambatan terbesar dibandingkan dengan Prokimidon, Propineb dan Asam fosfit pada hari pertama setelah inokulasi. Sedangkan pada hari keempat sampai dengan hari ketigabelas setelah inokulasi fungisida dengan bahan aktif Benomil memberikan hambatan terbesar dibandingkan dengan bahan aktif Asam Fosfit, Azoksistrobin, Propineb dan Prokimidon (Tabel 2).

Tabel 1. Daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*

Fungisida	% Daya hambat pada Pengamatan ke-				
	1 hsi	4 hsi	7 hsi	10 his	13 hsi
Azoksistrobin 500 ppm	100b	48.39b	38.35b	40.67b	41.48b
Azoksistrobin 1000 ppm	100b	31.5b	39.91b	41.37b	41.11b
Azoksistrobin 1500 ppm	100b	47.72b	47.93b	51.83b	50.74b
Asam Fosfit 500 ppm	50a	15.51a	18.39a	18.69a	19.26a
Asam Fosfit 1000 ppm	37.5a	16.53a	15.03a	16.56a	17.41a
Asam Fosfit 1500 ppm	10a	22.32a	21.84a	28.44a	30.01a
Propineb 500 ppm	79.16a	32.68ab	29.88b	29.84ab	25.18ab
Propineb 1000 ppm	45.83a	26.53ab	40.08b	37.91ab	31.48ab
Propineb 1500 ppm	33.34a	30.95ab	34.96b	37.06ab	36.67ab
Prokimidon 500 ppm	41.67a	24.28a	23.33b	15.7ab	18.52ab
Prokimidon 1000 ppm	12.5a	23.13a	44.14b	42.89ab	42.22ab
Prokimidon 1500 ppm	55.56a	29.3a	32.59b	33.06ab	36.29ab
Benomil 500 ppm	100b	100c	92.45c	90.42c	87.41c
Benomil 1000 ppm	100b	100c	100c	92.66c	90.74c
Benomil 1500 ppm	100b	100c	100c	96.39c	91.11c

Keterangan : - Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan's Multiple Range Test ($\alpha = 5\%$)

Diameter koloni jamur mulai yang terbesar hingga terkecil pada pengamatan hari ketigabelas berturut-turut adalah pada perlakuan kontrol, Asam Fosfit, Prokimidon, Propineb, Azoksistrobin, dan yang terakhir Benomil. Hasil pengamatan yang dilakukan pada 13 hari setelah inokulasi menunjukkan pertumbuhan koloni pada kontrol lebih lebar dibandingkan dengan perlakuan (Gambar 18).



Gambar 17. Koloni jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* pada media Perlakuan 1000 ppm 13 hsi: (A) Kontrol (B) Benomil (C) Azoksistrobin (D) Propineb (E) Prokimidon (F) Asam Fosfit

Benomil merupakan salah satu fungisida sistemik yang memiliki kemungkinan mekanisme fungitoksitas spesifik antara lain menetralsasi enzim dan atau toksin yang terlibat dalam invasi dan kolonisasi jamur, permeabilitasnya lebih besar dari dinding sel jamur, merusak dinding semipermeabel dari hifa jamur dan struktur infeksi, penghambatan system enzim dari jamur (Setiowati *et al*, 2007). Fungisida ini efektif terhadap jenis Ascomycetes, beberapa fungi imperfecti, tetapi hasilnya beragam terhadap Basidiomycetes dan tidak berpengaruh terhadap Phycomycetes (Sastroswignyo, 1985).

Benomil juga fungisida sistemik yang berperan dalam proses mitosis dari jamur patogen. (Uesugi, 1998). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nel *et. al.* (2007) Benomil dapat secara efektif menghambat pertumbuhan miselium jamur *F. oxysporum* f. sp. *cubense* pada konsentrasi diatas $10 \mu\text{gml}^{-1}$ dan pada percobaan dirumah kaca benomil merupakan fungisida yang paling efektif terutama dalam perlakuan *soil drenching* dan *root drip* bila dibandingkan dengan beberapa bahan aktif seperti: Posetyil-Al, Cyproconazole, Propiconazole, dan Prochloraz. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Allen *et al.* (2004) yang mengevaluasi fungisida secara *in vitro* terhadap jamur patogen *F. circinatum*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum* dan *F. solani* diketahui Benomil dapat menghambat pertumbuhan dari keempat jamur tersebut.

Asam Fosfit atau Phosphonate adalah bahan aktif fungisida yang termasuk dalam golongan fosfonat yang bekerja dengan menghambat beberapa kerja enzim dari jalur pentosa-fosfat glikolitik dan oksidatif. Aplikasi fungisida asam fosfit pada tanaman dapat meningkatkan aktivitas enzim seperti fenilalanin amonia lyase yang berperan dalam pertahanan seluler dan peningkatan sintesis senyawa fenolik. Fungisida asam fosfit bersifat fungistatik yaitu hanya dapat menghambat pertumbuhan tanpa membunuh jamur (Kristiawati *et al.*, 2014). Berdasarkan hasil pengamatan juga diketahui bahwa fungisida ini memiliki presentase hambatan terkecil dibanding jenis bahan aktif yang lainnya.

Fungisida dengan bahan aktif Asam Fosfit dalam beberapa penelitian diketahui kurang dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* secara efektif. Pada penelitian yang dilakukan oleh Davis (1994), dilakukan pengujian tingkat sensitivitas *foc* ras1 dan *foc* ras4 terhadap asam fosfit. Dari hasil penelitian tersebut diketahui dapat menghambat pertumbuhan jamur *foc* baik pada ras1 dan ras4. Namun keberlanjutan dari penghambatan jamur tersebut berlangsung tergantung dari dosis fungisida yang digunakan atau jumlah fosfit yang masih tersisa untuk menghambat pertumbuhan jamur pada medium percobaan. Penghambatan fosfat yang berasal dari fosfit banyak digunakan untuk jamur Oomycetes dimana salah satu contoh jamur patogennya adalah *Phytophthora palmivora* dimana jamur ini

sangat sensitif terhadap fosfit atau hanya dibutuhkan sedikit konsentrasi dari asam fosfit untuk menghambat pertumbuhan jamur ini.

Berdasarkan Hasil pengamatan fungisida dengan bahan aktif Azoksistrobin dapat menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* sekitar lima puluh persen. Dari pengamatan juga diketahui Azoksistrobin dapat menghambat pertumbuhan koloni jamur secara efektif kedua setelah fungisida Benomil. Azoxystrobin merupakan salah satu fungisida yang bersal dari kelompok Strobilurin. Kelompok ini menghambat pertumbuhan jamur patogen dengan mengganggu proses respirasi seperti proses produksi energy yang terjadi di dalam sel jamur (Agrios, 2006).

Beberapa penelitian telah dilakukan oleh beberapa orang sebelumnya pada berbagai macam jamur dan menghasilkan presentase hambatan yang hampir sama. Menurut data dari Somu *et al* (2014) diketahui bahwa Azoksistrobin dapat menghambat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* sebesar 48.76% pada konsentrasi 1000 ppm yang dimana dalam penelitian tersebut memiliki tingkat hambatan paling rendah bila dibandingkan dengan beberapa fungisida seperti carbendazim, carboxin, propiconazole dan benomyl. Menurut data dari Amini (2010) diketahui bahwa fungisida Azoksistrobin dalam menghambat penyakit layu fusarium pada tanaman tomat yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* secara *in vivo* meimiliki tingkat efektivitas 69%.

Berdasarkan hasil pengamatan juga diketahui bahwa fungisida dengan bahan aktif Propineb dan Prokimidon memiliki tingkat hambatan yang hampir sama dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Foc*. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa fungisida propineb dapat menghambat pertumbuhan jamur sekitar tiga puluh persen. Propineb merupakan salah satu bahan aktif fungisida yang berasal dari kelompok Dithiocarbamates. Kelompok dari fungisida ini menghambat pertumbuhan jamur patogen dengan bersifat toksik pada jamur patogen dan menginaktivasi sulfhydryl pada asam amino dan enzim di dalam sel jamur patogen (Agrios, 2006).

Menurut data dari penelitian yang telah dilakukan oleh Kulkarni (2006) diketahui bahwa pada beberapa konsentrasi yaitu 0.1% dan 0.2%, fungisida ini memiliki

tingkat hambatan yang lebih tinggi diantara beberapa fungisida nonsistemik lain seperti fungisida berbahan aktif: Captan, Chlorothalonil, dan Mancozeb dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli*. Namun pada konsentrasi 0.3% fungisida dengan bahan aktif Mancozeb dapat menghambat pertumbuhan jamur lebih efektif dibandingkan dengan fungisida berbahan aktif Propineb. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Abro (2015) diketahui bahwa fungisida Antracol dengan bahan aktif propineb dengan konsentrasi 10000 ppm dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* keduaa setelah fungisida dengan bahan aktif Carbendanzim dengan konsentrasi 1000 ppm. Fungisida Propineb pada konsentrasi 10000 ppm dapat menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *Cepae* sebesar 87% sedangkan Carbendanzim menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *Cepae* sebesar 98%.

Berdasarkan hasil pengamatan juga dapat diketahui bahwa fungisida dengan bahan aktif Prokimidon pada konsentrasi 1500 ppm memiliki presentase hambatan yang kurang lebih sama dengan fungisida dengan bahan aktif Propineb yaitu sekitar tiga puluh persen. Fungisida ini berasal dari kelompok dicarboximide dan merupakan senyawa Heterosiklik. Kelompok dari fungisida ini menghambat pertumbuhan jamur dengan menghambat produksi senyawa tertentu yang bersifat penting untuk pertumbuhan jamur seperti amino dan enzim (Agrios, 2006). Fungisida ini dapat menghambat pertumbuhan dari beberapa jamur patogen meskipun tidak seefektif beberapa fungisida pada beberapa spesies tertentu menurut beberapa data penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Menurut beberapa data penelitian yang telah dilakukan oleh Theron dan Holz (1989), fungisida prokimidon pada konsentrasi 500 mg/L dapat memberikan hambatan pada beberapa jamur patogen *Fusarium* tertentu pada tanaman kentang di Afrika Selatan yaitu: 40.1 % pada *F. solani*, 55.1% pada *F. oxysporum*, 10.1% *F. sambucinum*, 23.2% pada *F. equiseti*, 24.2% pada *F. scirpi*, 21% pada *F. acuminatum*, 28.4% pada *F. crookwellense* dan 48.9% pada *F. graminearum*. Dalam penelitian ini fungisida dengan bahan aktif Prokimidon dapat memberikan

hambatan namun masih belum seefektif beberapa fungisida dengan bahan aktif tertentu seperti: Carbendazim, Imazalil, Benomil, Prochloraz, dan Thiabendazole yang dapat memberikan presentase hambatan 90% sampai dengan 100%. Selain itu menurut Basallote-Ureba *et al.* (1998) fungisida dengan bahan aktif prokimidon dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen *Stemphylium vesicarium* (Wall.) Simm. pada tanaman bawang sebesar 81% dimana dalam penelitian ini fungisida dengan bahan aktif prokimidon lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Stemphylium vesicarium* dibandingkan dengan fungisida Fosetyl-Al, Tebuconazole dan Chlorotalonil.

4.3. Daya Hambat Fungisida terhadap Viabilitas Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*

Hasil uji daya hambat fungisida menunjukkan bahwa faktor bahan aktif memberikan pengaruh nyata terhadap perkecambahan konidia jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* sedangkan faktor konsentrasi belum memberikan pengaruh yang nyata pada hari pertama, ketiga dan keempat. Pada hari pertama setelah inokulasi diketahui hanya perlakuan kontrol serta fungisida dengan bahan aktif asam Fosfit dan fungisida dengan bahan aktif Prokimidon yang menunjukkan adanya perkecambahan konidia. Hasil pengamatan hari kedua fungisida dengan bahan aktif Propineb dan fungisida Azoksistrobin menunjukkan adanya konidia yang berkecambah. Pada hari ketiga sama seperti hari kedua sedangkan pada hari keempat perkecambahan terjadi semua perlakuan dan kontrol. Sehingga dari data hasil pengamatan dapat diketahui bahwa fungisida dengan bahan aktif Benomil, Azoksistrobin dan Propineb paling memberikan pengaruh nyata dalam menghambat perkecambahan konidia jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Tabel 3).

Penyebab utama dari proses perkecambahan spora masih belum dapat dipastikan namun beberapa hal seperti adanya kontak dengan permukaan inang, hidrasi dan absorpsi ion dari permukaan inang serta ketersediaan nutrisi dapat menstimulasi proses perkecambahan spora. Spora memiliki suatu mekanisme dimana spora menghindari proses perkecambahan sampai spora mendapatkan beberapa hal yang dapat menstimulasi perkecambahan mereka ataupun ketika terdapat banyak spora di

sekitar. Ketika spora telah mendapat apa yang dibutuhkan untuk dapat berkecambah, Spora kemudian memobilisasi cadangan makanannya seperti lipid, poliole, dan karbohidrat serta mengarahkannya melalui proses sintesis membrane sel dan dinding sel untuk pembentukan tabung perkecambahan dan pemanjangan (Agrios, 2006).

Tabel 2. Daya hambat fungisida terhadap viabilitas jamur *Foc*

Fungisida	% Viabilitas Jamur Hari Ke-			
	1	2	3	4
Kontrol 1	17.63c	24.86d	34.51d	41.35d
Azoksistrobin 500 ppm	0a	1.14a	2.38a	4.43a
Azoksistrobin 1000 ppm	0a	0a	0a	1.07a
Azoksistrobin 1500 ppm	0a	0a	0a	0a
Asam Fosfit 500 ppm	4.10b	17.21c	28.57c	36.69c
Asam Fosfit 1000 ppm	0.65b	13.65c	22.74c	22.83c
Asam Fosfit 1500 ppm	4.45b	6.47c	25.71c	28.18c
Propineb 500 ppm	0a	1.19a	3.96a	1.21a
Propineb 1000 ppm	0a	1.34a	1.75a	1.82a
Propineb 1500 ppm	0a	0a	0a	0a
Prokimidon 500 ppm	4.41b	5.60b	9.11b	13.11b
Prokimidon 1000 ppm	5.17b	10.39b	18.80b	24.21b
Prokimidon 1500 ppm	0b	3.03b	7.86b	10.26b
Benomil 500 ppm	0a	0a	0a	0.58a
Benomil 1000 ppm	0a	0a	0a	1.07a
Benomil 1500 ppm	0a	0a	0a	0a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan's Multiple Range Test ($\alpha = 5\%$)

Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan proses perkecambahan konidia pada jamur patogen terhambat. Menurut Moral *et al.* (2018) beberapa fungisida sistemik seperti benomil, difenoconazole, dan flusilazole memiliki efektivitas yang tinggi dalam menghambat pertumbuhan miselium jamur patogen sedangkan fungisida protektan seperti Prokimidon, Captan, dan Folpet serta beberapa fungisida yang mengandung senyawa tembaga (*copper-based*) menunjukkan peran penting dalam menghambat perkecambahan konidia. Pada penelitiannya moral menguji campuran fungisida untuk menghambat pertumbuhan miselium serta perkecambahan konidia jamur dan dari hasil uji tersebut didapatkan hasil campuran dari Fungisida Folpet

serta formulasi *copper hydroxide* dapat menghambat pertumbuhan miselium serta perkecambahan konidia jamur.

Fungisida dari kelompok ditiokarbamat merupakan fungisida sintetik organik generasi pertama yang hingga kini paling banyak digunakan di seluruh dunia. Propineb ditemukan pada tahun 1963. Fungisida ini bersifat non sistemik, non spesifik, dan multisite inhibitor. Propineb digunakan sebagai protektan dengan cara disemprotkan untuk menghambat perkecambahan spora dengan rumus kimia $C_5H_8N_2S_4Zn$ (Djojsumarto, 2008).

Menurut Koehler dan Shew (2019) fungisida kelompok Qoi (*Quinone outside inhibitor*) seperti Azoksistrobin atau piraklostrobin memiliki peran besar dalam menghambat respirasi mitokondrial sehingga menghentikan produksi ATP. Pada penelitian ini juga menguji pengaplikasian fungisida yang berasal dari kelompok QoI pada tanaman tahunan melalui musim semi dan salju. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa fungisida dapat berasosiasi dengan baik dengan memberikan hasil produksi yang baik. Selain karena kemampuan fisiologis tanaman tersebut, hal tersebut diperkirakan juga terjadi karena kemampuan dari fungisida dalam mengganggu produksi ATP jamur ditahap perkembangan jamur dimana jamur membutuhkan ATP. Proses ini dapat mencegah perkecambahan spora dari jamur patogen, non-patogen, dan saprofit.

Menurut Demirci (2010), Fungisida dengan Bahan aktif Captan, Chlorothalonil, Mancozeb dan Propineb dapat menghambat perkecambahan konidia *P.citri* pada konsentrasi at $5 \mu\text{g ml}^{-1}$. Sedangkan fungisida dengan bahan aktif Azoksistrobin tidak dapat menghambat perkecambahan konidia secara total pada konsentrasi $5000 \mu\text{g ml}^{-1}$, tetapi dapat menghambat 50% perkecambahan konidia pada kosentrasi $15.31 \mu\text{g ml}^{-1}$. Sebelumnya juga telah dilakukan penelitian oleh Olmert (1974) mengenai efek dari Sembilan fungisida terhadap pertumbuhan jamur *B. bassiana* and *L. lecanii*. Fungisida dengan bahan aktif Benomil (benzimidazole/karbendazim) dan maneb (dithiocarbamate/mancozeb) menghambat pertumbuhan paling efektif pada dosis rekomendasi sepersepuluh konsetrasi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan adalah:

1. Jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* memberikan respon sensitif terhadap kelima bahan aktif fungisida. Respon jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* paling sensitif terdapat pada bahan aktif Benomil.
2. Kelima bahan aktif fungisida dapat menghambat perkecambahan konidia jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. Fungisida dengan bahan aktif Benomil, Azoksistrobin, dan Propineb dapat menghambat lebih efektif dibandingkan dengan Prokimidon dan Asam Fosfit.

5.2. Saran

Penelitian ini perlu dilakukan uji lainnya dengan menggunakan fungisida dengan bahan aktif yang lainnya yang memiliki jamur patogen target yang serupa baik dari golongan atau kelompok fungisida yang sama maupun dari kelompok yang berbeda. Selain itu perlu dilakukan pengujian lanjutan di lapangan atau dengan tambahan jamur nonpatogenik yang bersifat menguntungkan tanaman mengingat jamur *Fusarium* yang juga memiliki peran sebagai antagonis, untuk mengetahui dampak secara ekologis yang ditimbulkan oleh kelima fungisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Abro, M. A., Behrani, G. Q., Syed, R. N., Jiskani, M. M., dan Khanzada, M. A. 2015. Pathogenicity and Chemical Control of Basal Rot of Onion Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae. *Pakistan Journal of Agriculture, Agriculture Engineering and Veterinary Sciences* vol. 31(1): 60–70.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology*. 5th ed. California : Elsevier Academic Press.
- Amini, J., dan Dzhalilov S. 2010. The Effects of Fungicides on *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Associated with *Fusarium Wilt* of Tomato. *Journal of Plant Protection Research* vol. 50(2):172-178.
- Andriani, D., and Wiyono, S. 2017. Sensitivitas *Colletotrichum* spp. pada Cabai terhadap Benomil, Klorotalonil, Mankozeb, dan Propineb. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* Vol. 13 (4): 119–126
- Astuti, Y. F., Maryono T., Prasetyo J. dan Ratih S. 2014. Pengaruh Fungisida Propineb Terhadap *Colletotrichum* spp. Penyebab Penyakit Antraknosa Pada Cabai Merah. *Jurnal Agrotek Tropika* Vol. 2(1): 144–148.
- Aurore, G., Parfait, B., dan Fahrasmane, L. 2009. Bananas, Raw Materials for Making Processed Food Products. *Journal Trends in Food Science and Technology*, 20 : 78-91
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2018. Produktivitas Pisang menurut Provinsi. 2013-2017. <http://www.pertanian.go.id/Data5tahun/pdf-HORTI2016/2%20Produksi%20Nasional%20Buah.pdf> . Diakses tanggal 15 Februari 2019.
- Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika. 2009. Tanjungkarang, 28 Juli 2009. Pertemuan rehabilitasi kebun pisang dan POKJA penanggulangan penyakit layu pisang. Teknologi pengendalian penyakit layu pisang dan penerapannya di lapangan.
- Barnett, H.L., and B.B. Hunter. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*, 4th Edition. New York : Macmillian Publishing Company.
- Basallote-Ureba, M. J., Prados-Ligero, A. M., dan Melero-Vara, J. M. 1998. Effectiveness of Tebuconazole and Procymidone in the Control of *Stemphylium* Leaf Spots in Garlic. *Crop Protection* 17(6): 491-495.
- Candra, I. 2003. Pengaruh Jenis Pisang dan Jenis Gula Terhadap Mutu Madu Buah Pisang. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Cook, R.J., dan Baker, K.F. 1983. *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. St Paul: APS Press: 539-541.
- Daly, A. dan G. Walduck. 2006. *Fusarium wilt of bananas (Panama diseases) (Fusarium oxysporum f.sp. cubense)*. Department of Primary Industry, Fisheries and Mines, Northern Territory Government, Australia

- Davis, A. J., dan Grant, B. R. 1996. The effect of phosphonate on the sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Australian Plant Pathology* 25(1): 31-35.
- Djojosemarto, P. 2008. *Teknik Aplikasi Pestisida Pertanian*. Yogyakarta: Kanisius
- Fravel, D. R., Deahl, K. L., Stommel, J. 2005. Compatibility of the Biocontrol Fungus *Fusarium Oxysporum* Strain CS-20 with Selected Fungicides. *Journal Biological Control* 34(2): 165-169
- Gandjar, I., Samson, R.A., Tweel-Vermeulen, K.D.V., Oetari, A., dan Santoso, I. 1999. *Pengenalan Kapang Tropik*. Depok: Yayasan Obor Indonesia.
- Gortz, A., dan Dias, L. 2011. *Use of Propineb for Physiological Curative Treatment Under Zinc Deficiency*. Jerman: Bayer Crop Science
- Groenewald, S. 2005. *Biology, Pathogenicity and Diversity of Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. M.S. Thesis. University of Pretoria, Pretoria.
- Guo, L., Han, L., Yang, L., Zeng, H., Fan, D., Zhu, Y., Huang, J. 2014. Genome and Transcriptome Analysis of the Fungal Pathogen *Fusarium Oxysporum* f. Sp. *Cubense* Causing Banana Vascular Wilt Disease. *PLoS ONE* 9(4).
- Hisada, Y., Kato, T., dan Kawase, Y. 1978. Mechanism of Antifungal Action of Procymidone in *Botrytis Cinerea*. *Japanese Journal of Phytopathology* 44(4): 509-518.
- Ivic, D. 2010. *Curative and Eradicative Effects of Fungicides*. Dalam : Odile Carisse. *Fungicide*. Croatia: Intech
- Jones, D.R. 2000. *Diseases of Banana, Abaca and Enset*. New York; CABI Publishing.
- Koehler, A. M., dan Shew, H. D. 2019. *Effects of Fungicide Applications on Root-Infecting Microorganisms and Overwintering Survival of Perennial Stevia*. Crop Protection.
- Kristiawati, Y., Sumardiyono, C., dan Wibowo A. 2014. Uji Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* Pisang (*Fusarium oxysporum* F. sp. *cubense*) dengan Asam Fosfit dan Aluminium-Fosetil Control.” *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* vol. 18(2): 103–110.
- Kulkarni, S. P. 2006. *Studies on Fusarium oxysporum Schlecht Fr f. sp. gladioli (Massey) Snyd. & Hans. Causing Wilt of Gladiolus*. M.S. Thesis. University of Agricultural Sciences Dharwad, Dharwad.
- Mcgrath, M.T. 2004. *What are fungicides*. The Plant Health Instructor. www.apsnet.org/education/IntroPlantPath/Topics/fungicides/default.html. Diakses pada tanggal 20 Januari 2019 pukul 09.00 WIB
- Moral, J., Agustí-Brisach, Carlos, A., Gentjian, d. O., Rodrigues, P., Mario, R., Luis, F., Romero, J., Trapero, A. 2018. Preliminary Selection and Evaluation of

- Fungicides and Natural Compounds to Control Olive Anthracnose Caused by *Colletotrichum* Species. *Crop Protection* 114: 167-176.
- Nakasone, H. Y. dan Paul, R.E. 1998. *Tropical Fruits*. London: Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI) Publishing.
- Nel, B., Steinberg, C., Labuschagne, N., Viljoen, A. 2007. Evaluation of Fungicides and Sterilants for Potential Application in the Management of Fusarium Wilt of Banana. *Crop Protection* 26(4): 697-705.
- Noveriza, R., dan Miftakhurohmah. 2010. Efektivitas Ekstrak Metanol Daun Salam (*Eugenia polyantha*) Dan Daun Jeruk Purut (*Cytrus hirtus*) Sebagai Antijamur Pada Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* vol. 16(1): 6–11,.
- Oliver, R., dan Hewitt, H. G. 2015. *Fungicides in Crop Protection*. 2nd ed. Boston: CABI.
- Pérez, L. 2013. Regional Workshop on Fungicides and Fungicide Resistance in Banana., 17-22 June 2013. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Cuba
- Ploetz, R. C. 2007. Fusarium Wilt of Banana is Caused by Several Pathogens Referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* . *Phytopathology* 96(6): 653-656.
- Ploetz, R. C. 2015. Fusarium Wilt of Banana . *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: 7-15.
- Ritchie, D. F. 2010. Effect of Dichloran, Iprodione, Procymidone, and Vinclozolin on the Mycelial Growth, Sporulation, and Isolation of Resistant Strains of *Monilinia fructicola*. *Plant Disease* 66: 484-486.
- Robinson, R. W., dan Walkers, D. S. D. 1999. *Cucurbits*. New York: CAB international.
- Rukmana, R. 1999. *Usaha Tani Pisang*. Yogyakarta: Kanisius.
- Russel, P. E. 2005. *Sensitivity Baselines in Fungicide Resistance Research and Management*. United Kingdom: Aimprint
- Sari, W., Wiyono, S., Nurmansyah, A., Munif, A., dan Poerwanto, R. 2018. Keanekaragaman dan Patogenisitas *Fusarium* spp. Asal Beberapa Kultivar Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* Volume 13(6): 216-228.
- Semangun, H. 2007. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Setiyowati, H., Surahman, M., dan Wiyuno, S. 2007. Pengaruh Seed Coating engan Fungisida Benomil dan Tepung Curcuma terhadap Patogen Antraknosa

- Terbawa Benih dan Viabilitas Benih Cabai Besar (*Capsicum annum L.*). *Bul. Agron.* (35) (3) 176 – 182.
- Shofiana, R. H., L. Sulistyowati & A. Muhibuddin. 2015. Eksplorasi jamur endofit dan khamir pada tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*) serta uji potensi antagonismenya terhadap jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*). *Jurnal HPT.* 3 (1) : 75-83
- Sidiq, W. A., Soesanto, L., dan Agung T. 2014. Uji Kemepanan Empat Isolat Jamur *Trichoderma Sp.* Terhadap Penyakit Layu *Fusarium* Pada Lada Perdu (*Piper Nigrum L.*). *Fakultas Pertanian Unsoed:* 1–16.
- Somu, R., Thammaiah, N., Kulkarni, M. S., Devappa, V. 2014. In Vitro Evaluation of Fungicides against *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. *International Journal of Plant Protection* vol. 7(1): 221–224.
- Sukmadaja, D., Mariska, I., Lestari, E.G., Tombe, M., dan Kosmiatin, M. 2002. Pengujian Planlet Abaka Hasil Seleksi terhadap *Fusarium oxysporum*. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Bogor:* 302-308.
- Tanaka, C., and Kosuke, I. 2012. Two-Component Signaling System in Filamentous Fungi and the Mode of Action of Dicarboximide and Phenylpyrrole Fungicides. *Fungicides:* 523-538.
- Theron, D. J., dan Holz, G. 1989. *Fusarium* Species Associated with Dry and Stem-End Rot of Potatoes in South Africa. *Phytophyactica* 21: 175-181.
- Tuyl, J. M. V. 1977. *Genetics of Fungal Resistance to Systemic Fungicides.* Wageningen.
- Wardlaw CW. 1972. *Banana Disease. Including Plantains and Abaca.* London: Longman, Green and Co LTD. Hlm 188-276.
- Widiastuti, A., Agustina W., Wibowo, A., dan Sumardiyono, C. 2011. Uji Efektivitas Pestisida terhadap Beberapa Patogen Penyebab Penyakit Penting Pada Buah Naga (*Hylocereus sp.*) Secara In Vitro. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* vol. 17(2): 73–76.
- Yang, C., Hamel, C., Vujanovic, V., dan Gan, Y. 2011. Fungicide: Modes of Action and Possible Impact on Nontarget Microorganisms. *ISRN Ecology* volume 2011