

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Jamur *Pseudoperonospora cubensis*

Gejala dari downy mildew di tanaman semangka terdapat pada bagian daun, yaitu pada permukaan atas daun terdapat bercak kuning kecoklatan seperti karat pada daun yang diawali daun menguning terlebih dahulu (Gambar 7A), dan pada permukaan bawah daun terdapat kumpulan koloni jamur yang berwarna hitam keabu-abuan (Gambar 7B, C). Hal ini seperti yang dikemukakan oleh Lebeda (1986) bahwa gejala awal infeksi jamur *P. cubensis* adalah sisi atas daun berwarna kuning pucat, kadang kadang dibatasi oleh urat daun sebagai tempat petunjuk. Sedangkan pada fase reproduksi, gejala yang timbulkan yaitu daun menjadi lapisan tipis berwarna coklat tua dan bagian bawah daun akan muncul sporangium yang berwarna abu-abu atau hitam keunguan (Lebeda, dan Urban 2004).



Gambar 7. Gejala serangan downy mildew bagian permukaan atas daun (A), permukaan bawah daun (B), koloni jamur pada permukaan bawah daun (C)



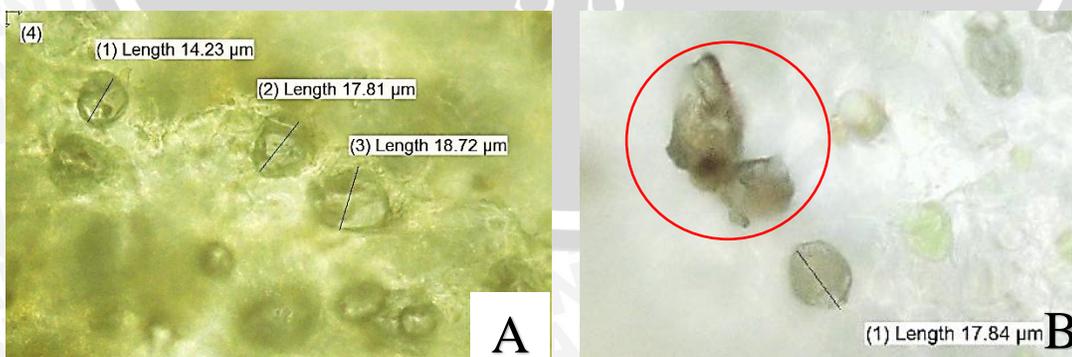
Gambar 8. Mikroskopis jamur *P. cubensis* pada perbesaran 100x , Sporangium utuh (A), Sporangium rusak (B)

Apabila diamati dengan menggunakan mikroskop, sporangium jamur *P. cubensis* berbentuk oval yang berukuran sekitar 16,13 μm dan berwarna abu-abu keunguan. Pada jaringan daun, sporangium juga nampak menggerombol pada jaringan stomata. Jumlah sporangium pada jaringan stomata tidak sebanyak pada permukaan daun. Dapat dilihat perbedaan antara sporangium utuh (Gambar 8A) dan sporangium rusak (Gambar 8B). Sporangium yang masih segar diambil pada tanaman semangka yang berumur sekitar 36 HST dan belum terlalu banyak diaplikasikan fungisida. Sedangkan sporangium rusak diambil pada tanaman semangka yang telah dipanen. Sporangium yang masih segar bentuknya masih dalam keadaan utuh, dan yang sudah rusak bentuk sporangium sudah mengeriput dan warnanya semakin gelap. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Skalicky, 1961 (*dalam* Lebeda dan Cohen, 2010), bahwa sporangiumnya bulat telur atau oval dan ukurannya 15-25 x 20-35 μm . Untuk sporangium pada masa dewasa akan berwarna abu-abu muda ke ungu gelap (Thomas, 1996).

4.2. Pengujian Fungisida Secara *in vitro*

4.2.1. Pengaruh pemberian fungisida terhadap jumlah sporangium jamur *Pseudoperonospora cubensis*

Pengujian secara *in vitro* ini dilakukan menghitung banyaknya sporangium yang utuh dan rusak pada daun semangka menggunakan mikroskop. Sebelumnya daun telah di aplikasikan fungisida sesuai perlakuan. Kemudian direndam pada larutan carnoy selama 24 jam. Berikut adalah bentuk sporangium yang digunakan sebagai parameter pengamatan:



Gambar 9. Sporangium yang diamati : Sporangium utuh (A) dan Sporangium rusak (B) yang terdapat pada jaringan daun (stomata) menggunakan perbesaran 400x

Tabel 2. Persentase Sporangium Jamur *P. cubensis* Utuh oleh Fungisida pada Berbagai Tingkat Konsentrasi

Perlakuan fungisida dengan berbagai tingkat konsentrasi (g/l)	Persentase spora utuh setelah aplikasi (%)						
	12 jam	24 jam	48 jam				
Tunggal Mankozeb	1,0 g/l	46,38	bc	34,38	bc	28,23	ab
	0,8 g/l	45,82	bc	34,53	bc	29,32	ab
	0,6 g/l	51,47	bc	43,63	cd	32,68	ab
	0,4 g/l	50,94	bc	29,74	ab	23,19	ab
Tunggal Benalaksil	1,0 g/l	41,95	ab	27,01	ab	23,96	ab
	0,8 g/l	41,07	ab	29,16	ab	25,75	ab
	0,6 g/l	43,19	abc	34,35	bc	26,58	ab
	0,4 g/l	51,93	bc	35,97	bc	30,72	ab
Majemuk Mankozeb dan Benalaksil	1,0 g/l	30,66	a	20,34	a	20,32	a
	0,8 g/l	39,77	ab	31,52	abc	21,05	a
	0,6 g/l	41,19	ab	31,17	abc	19,15	a
	0,4 g/l	44,66	abc	30,69	ab	20,27	a
Kontrol		57,84	c	53,05	d	35,46	b
KK (%)		21,12		15,41		21,12	

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasar uji BNJ 0,05
- Sebelum dianalisa data telah ditransformasikan ke dalam $\sqrt{\arcsin + 0,5}$

Pada pengamatan 12 jam setelah aplikasi dengan parameter pengamatan sporangium utuh, perlakuan kontrol memiliki presentase yang tinggi, tetapi hasil tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan fungisida mankozeb berbagai dosis dan perlakuan fungisida tunggal benalaksil dengan dosis 0,6 g/l dan 0,4 g/l. Presentase sporangium utuh yang rendah didapatkan pada perlakuan fungisida majemuk dengan dosis 1,0 g/l, namun hasil tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil dengan dosis 0,8 g/l, 0,6 g/l, dan 0,4 g/l serta perlakuan tunggal benalaksil dengan dosis 1,0 g/l, 0,8 g/l, dan 0,6 g/l.

Selanjutnya adalah pengamatan 24 jam setelah aplikasi didapatkan hasil yang berbeda dengan pengamatan awal. Data yang didapatkan mengalami penurunan jumlah dari masing-masing perlakuan. Perlakuan fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil dengan dosis 1,0 g/l tetap mendapat hasil yang rendah Tetapi hasil tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil

dengan dosis lainnya, perlakuan fungisida tunggal benalaksil dengan berbagai dosis dan juga dengan perlakuan fungisida tunggal mankozeb dosis 1,0 g/l , 0,8 g/l dan 0,4 g/l. Sedangkan perlakuan kontrol tetap mendapatkan presentase yang tinggi namun hasil yang didapatkan tidak berbeda nyata dengan perlakuan fungisida tunggal mankozeb dosis 0,6 g/l.

Data yang didapatkan pada pengamatan 48 jam setelah aplikasi, tidak berbeda nyata antar perlakuannya. Tetapi apabila dilihat berdasarkan hasil yang didapatkan, sporangium utuh tertinggi tetap didapatkan pada perlakuan kontrol dan hasil yang rendah yaitu pada perlakuan fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil dengan dosis 0,6 g/l. Dapat dilihat pula, hasil dari semua pengamatan dengan parameter sporangium rusak (Tabel 3) memiliki hasil yang berbanding terbalik dengan hasil pengamatan dengan parameter pengamatan sporangium utuh.

Berdasarkan persentase jumlah sporangium yang utuh, fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil cukup mampu menekan daya hidup sporangium jamur *P. cubensis*. Campuran kedua bahan aktif tersebut cukup mampu bekerja bersamaan dan mendapatkan hasil yang baik dibandingkan menggunakan fungisida tunggal lainnya. Pernyataan tersebut didukung pada penelitian sebelumnya oleh Ojiambo *et al.* (2010), telah membuktikan bahwa efektivitas campuran fungisida sistemik dan fungisida pelindung (mancozeb dan chlorothalonil) dalam menghambat pertumbuhan spora dan menghambat sporulasi downy mildew dibandingkan hanya mengaplikasikan fungisida sistemik. Sedangkan pada penelitian sebelumnya didapatkan hasil yaitu dengan perlakuan mankozeb saja sudah efektif menghambat penyakit downy mildew pada tanaman mentimun dibandingkan dengan perlakuan campuran mankozeb dengan metalaksil. Reuveni *et al.*, 1980 (dalam Thomas and Jourdain, 1992) menyatakan bahwa *P. cubensis* adalah Oomycetes pertama yang mengembangkan resistensi terhadap metalaksil dan mengurangi sensitivitas terhadap mankozeb. Ada spektrum yang luas dari fungisida yang efektif terhadap *P. cubensis*, sehingga mankozeb dapat dikembangkan lagi dengan bahan aktif lainnya.

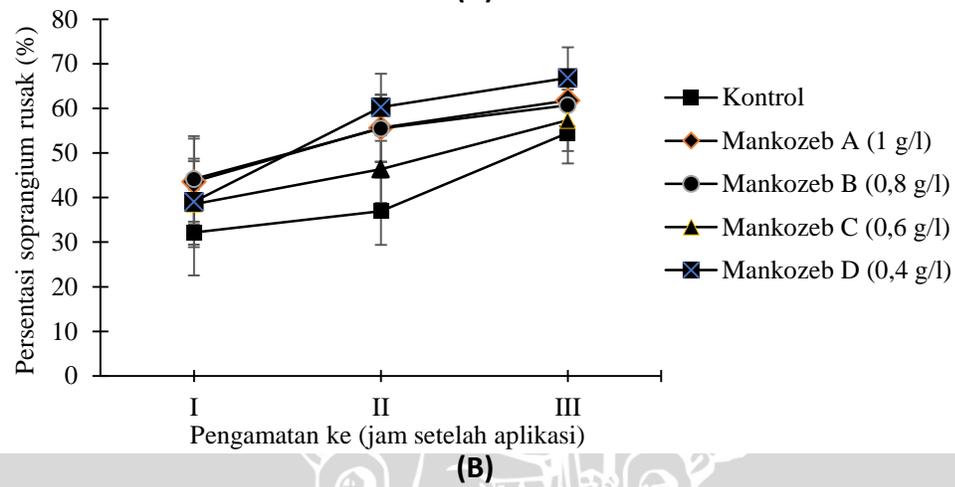
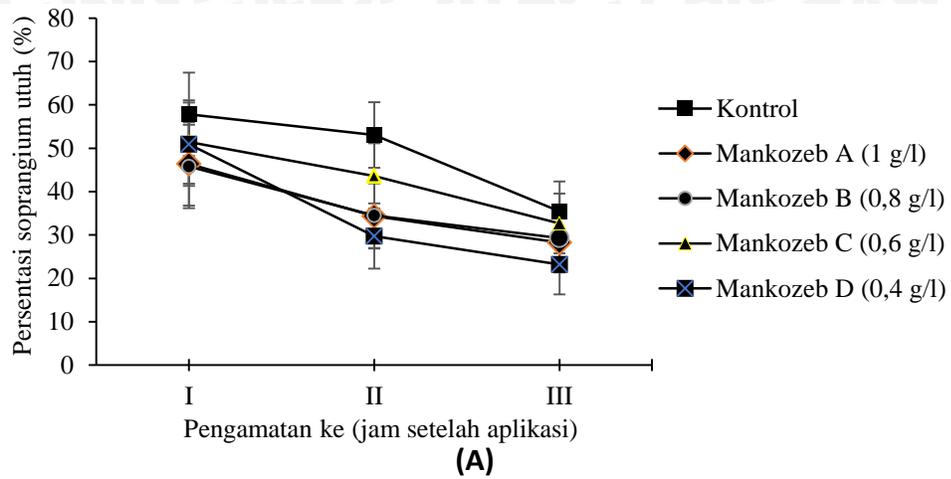
Dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3 perbandingan antara hasil fungisida tunggal mankozeb dengan fungisida benalaksil yang lebih unggul dalam menghambat

ketahanan hidup sporangium jamur *P. cubensis* yaitu fungisida tunggal Benalaksil. Menurut Djojosumarto (2008), benalaksil bersifat sistemik diserap melalui akar, batang, daun serta ditransportasikan secara akropetal ke bagian-bagian tanaman lainnya. Benalaksil efektif untuk mengendalikan jamur dari kelas Oomycetes, terutama famili Peronosporaceae. Leader *et al.* (2008), spektrum aktivitas dari mankozeb telah menunjukkan aktivitas terhadap berbagai jamur termasuk Ascomycetes, Oomycetes, Basidiomycetes, dan jamur tidak sempurna. Kaars (1982) berpendapat bahwa Mankozeb menampilkan karakteristik khas yaitu fungisida pelindung, senyawa tetap pada permukaan daun dan tidak menembus kutikula ke tempat redistribusi sistemik dapat terjadi. Mankozeb tidak menunjukkan sifat kuratif ketika disemprotkan ke tanaman di mana penyakit telah ditetapkan. Diasumsikan ini adalah karena fakta bahwa penyakit ini sudah ditetapkan dalam jaringan tanaman di mana mancozeb tidak bisa menembus.

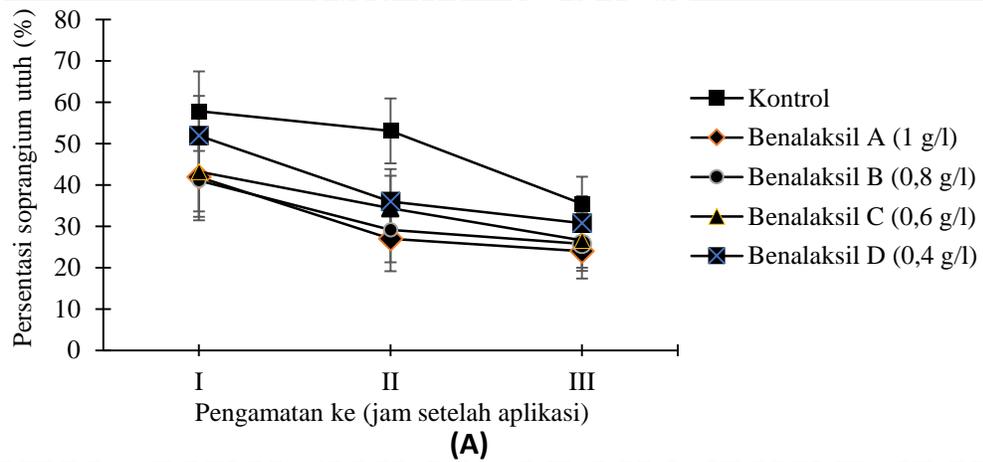
Tabel 3. Persentase Sporangium Jamur *P. cubensis* Rusak oleh Fungisida pada Berbagai Tingkat Konsentrasi

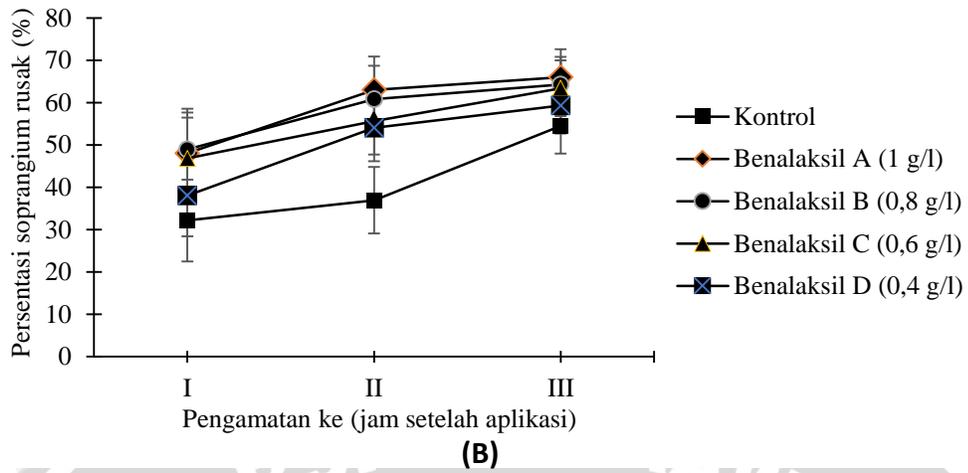
Perlakuan dengan berbagai tingkat konsentrasi (g/l)	Persentase spora tidak utuh setelah aplikasi						
	12 jam	24 jam	48 jam	12 jam	24 jam	48 jam	12 jam
Tunggal Mankozeb	1,0 g/l	43,62	ab	55,63	bc	61,77	ab
	0,8 g/l	44,19	ab	55,48	bc	60,69	ab
	0,6 g/l	38,53	ab	46,37	ab	57,33	ab
	0,4 g/l	39,07	ab	60,26	cd	66,82	ab
Tunggal Benalaksil	1,0 g/l	48,05	bc	63,00	cd	66,05	ab
	0,8 g/l	48,93	bc	60,84	cd	64,25	ab
	0,6 g/l	46,82	abc	55,65	bc	63,42	ab
	0,4 g/l	38,08	ab	54,03	bc	59,29	ab
Majemuk Mankozeb dan Benalaksil	1,0 g/l	59,34	c	69,66	d	69,68	b
	0,8 g/l	50,24	bc	58,48	bcd	68,95	b
	0,6 g/l	48,81	bc	58,83	bcd	70,60	b
	0,4 g/l	45,35	abc	59,32	cd	69,74	b
Kontrol		32,16	a	36,95	a	54,54	a
KK		13,46		9,14		8,50	

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasar uji BNJ 0,05
- Sebelum dianalisa data telah ditransformasikan ke dalam $\sqrt{\arcsin + 0,5}$

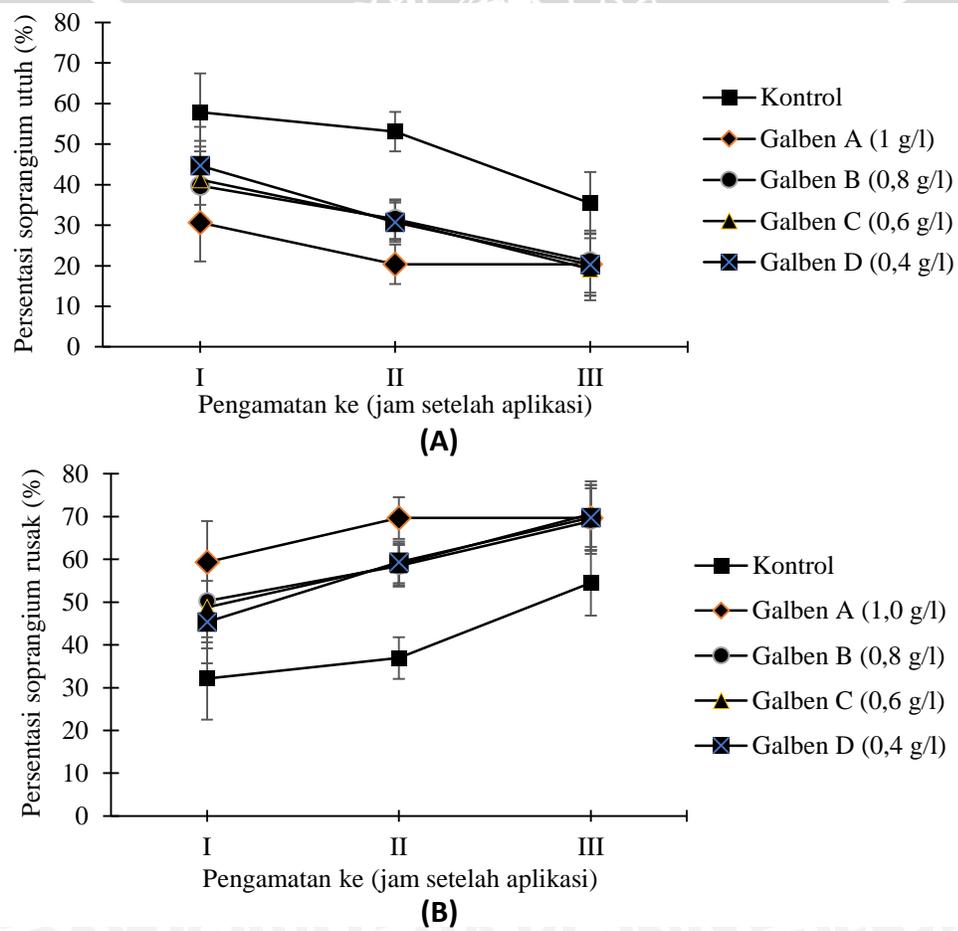


Gambar 10. Grafik rata-rata persentase: sporangium utuh (A), dan sporangium rusak (B) jamur *P. cubensis* perlakuan fungisida tunggal mankozeb pada berbagai konsentrasi





Gambar 11. Grafik rata-rata persentase: sporangium utuh (A) dan sporangium rusak (B) jamur *P. cubensis* perlakuan fungisida tunggal benalaksil pada berbagai konsentrasi



Gambar 12. Grafik rata-rata persentase: sporangium utuh (A) dan sporangium rusak (B) jamur *P. cubensis* perlakuan fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil pada berbagai konsentrasi

Tabel 4. Rerata Persentase Tingkat Hambatan Relatif Jamur *P. cubensis* oleh Beberapa Tingkat Konsentrasi Fungisida

konsetrasi g/l	Tingkat Hambatan Relatif (%)		
	Tunggal Mankozeb	Tunggal Benalaksil	Majemuk Mankozeb + Benalaksil
0	0	0	0
1,0	25,15	32,10	40,51
0,8	24,40	29,53	39,34
0,6	15,40	29,48	41,56
0,4	35,50	18,92	40,05

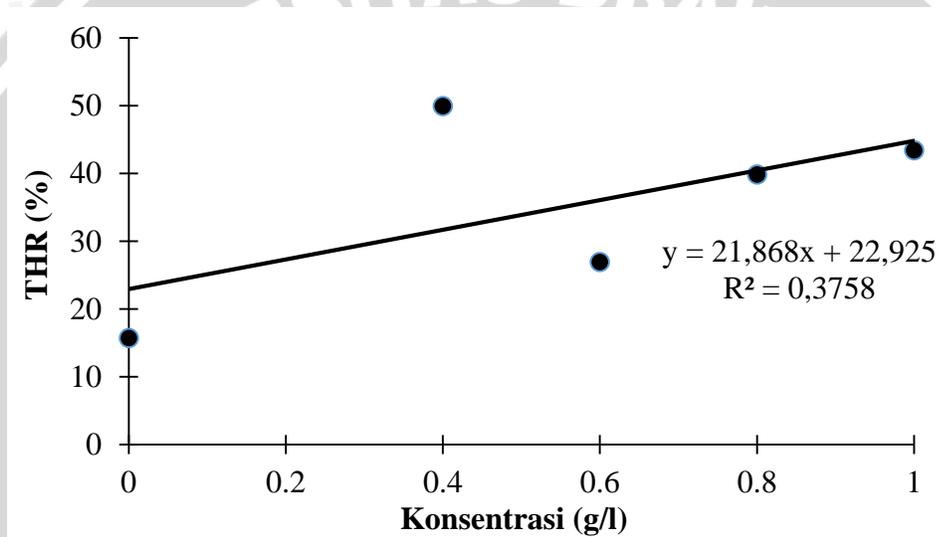
Pada Tabel 4 dapat dilihat rerata persentase tingkat hambatan relatif tertinggi yaitu pada perlakuan fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil. Fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil lebih efektif dalam menghambat hidup jamur *P. cubensis*. Menurut Cohen dan Samoucha (1984), campuran fungisida sistemik (spesifik lokasi) dan fungisida pelindung (kontak) yang tersedia digunakan petani untuk menunda terbentuknya strain jamur yang resisten terhadap fungisida sistemik. Pentingnya teoritis menggunakan fungisida campuran karena sangat sedikit data yang tersedia tentang manfaat pengendalian menggunakan fungisida campuran. Sebelumnya telah dibuktikan campuran SAN 371 F-Mancozeb lebih efektif mengendalikan *Phytophthora infestans* pada kentang dan *Plasmopara viticola* pada anggur dibandingkan menggunakan salah dari fungisida tunggalnya.

Sedangkan diantara fungisida tunggal tingkat hambatan relatif tertinggi pada perlakuan fungisida tunggal benalaksil dengan dosis 1,0 g/l dan 0,8 g/l. Sesuai dengan pernyataan Djojsumarto (2008), sebagai fungisida protektif, benalaksil mencegah perkecambahan spora dan pertumbuhan miselium, aplikasi kuratif berfungsi untuk menghambat pertumbuhan miselium dan aplikasi eradikatif berfungsi untuk menghalangi sporulasi.

4.2.2. Sifat Aktivitas Fungisida

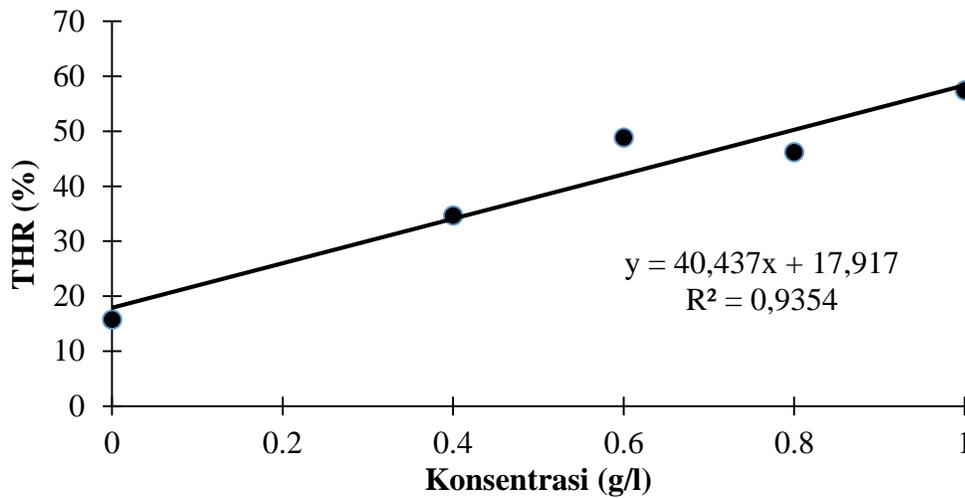
Aktivitas fungisida yang memiliki sifat berkesinambungan yaitu toksisitas dari fungisida campuran. Tetapi untuk mengetahui bagaimana aktivitas dan adanya korelasi tidak dapat ditentukan secara langsung. Sujianto (2009) menjelaskan cara

untuk penentuannya menggunakan nilai korelasi (R). Apabila nilai korelasi (R) menunjukkan dengan kisaran 0,21-0,40 korelasi kerataan lemah, nilai kisaran 0,41-0,70 menunjukkan korelasi kerataan sedang dan nilai 0,71-1,00 menunjukkan korelasi kerataan kuat. Nilai korelasi (R) tersebut didapatkan dari hasil hubungan linear sederhana antara THR dan konsentrasi fungisida yang ditetapkan dan kemudian didapatkan persamaan regresi yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan hasil No-Kotoksisitas fungisida tersebut. Gambar pola hubungan linear terdapat pada Gambar 13, 14, dan 15 di bawah ini.



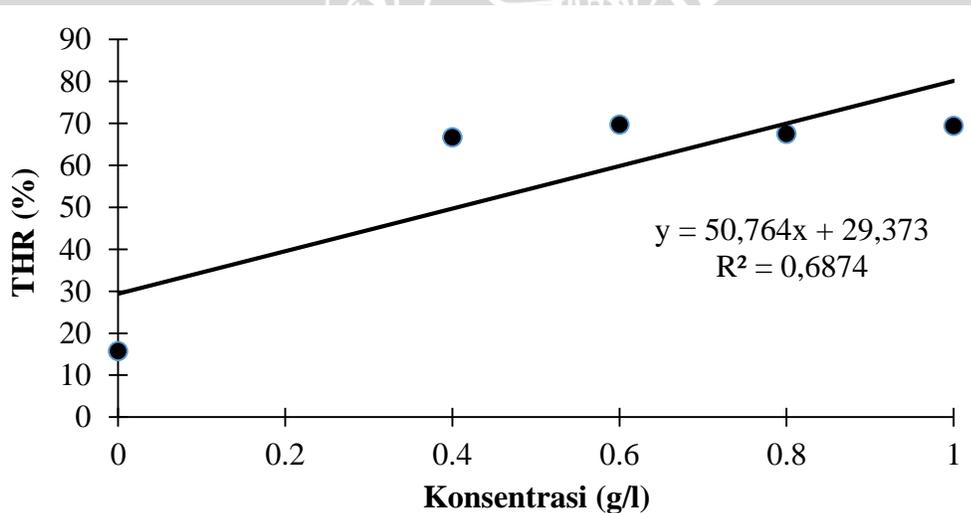
Gambar 13. Pola hubungan linear antara konsentrasi dan Tingkat Hambatan Relatif (THR) pada fungisida berbahan aktif tunggal mankozeb

Berdasarkan Gambar 13 diperoleh persamaan regresi dari konsentrasi fungisida tunggal mankozeb dengan THR fungisida tunggal mankozeb yaitu : $y = 21,868x + 22,925$ dengan R^2 sebesar 0,3758 dan nilai korelasi (R) sebesar 0,61. Artinya nilai korelasi antara THR dengan konsentrasi fungisida menunjukkan kerataan korelasi sedang. Sedangkan nilai penghambatan (R^2) sporangium jamur *P. cubensis* oleh fungisida tunggal mankozeb sebesar 37,58%.



Gambar 14. Pola hubungan linear antara konsentrasi dan Tingkat Hambatan Relatif (THR) pada fungisida berbahan aktif tunggal benalaksil

Persamaan linear yang didapatkan antara konsentrasi fungisida tunggal benalaksil terhadap Tingkat Hambatan Relatif (THR) (Gambar 14) didapatkan persamaan yaitu : $y = 40,437x + 17,917$ dengan R^2 sebesar 0,9354 dan nilai korelasi (R) sebesar 0,9671. Sehingga dapat dikatakan fungisida tunggal benalaksil memiliki hubungan korelasi kerataan kuat dengan nilai penghambatan (R^2) sporangium oleh fungisida tunggal benalaksil adalah 93,54%.



Gambar 15. Pola hubungan linear antara konsentrasi dan Tingkat Hambatan Relatif (THR) pada fungisida berbahan aktif majemuk mankozeb dan benalaksil

Hubungan antara konsentrasi fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil dengan Tingkat Hambatan Relatif (THR) ditunjukkan melalui persamaan regresi

(Gambar 15) yaitu $y = 50,764x + 29,373$ dengan R^2 sebesar 0,6874 dan nilai korelasi (R) sebesar 0,82. Hal ini menunjukkan bahwa fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil memiliki hubungan korelasi kerataan kuat. Sedangkan nilai penghambatan (R^2) sporangium jamur oleh fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil adalah 68,74%.

Apabila ditinjau berdasarkan hasil persamaan regresi linear masing-masing jenis fungisida, terdapat hubungan antara tingkat hambatan relatif (THR) dengan konsentrasi fungisida. Hal tersebut terlihat dari pola grafik yang ditunjukkan masing-masing fungisida yang menunjukkan adanya arah hubungan yang positif antara THR dengan konsentrasi fungisida. Selain dilihat dari pola grafik, nilai korelasi (R) dari ketiga fungisida memiliki nilai pada kategori arah hubungan positif yaitu antara 0 dan 1. Setiap kali nilai X meningkat, maka dapat diprediksi akan semakin meningkat nilai Y (perfect covariance) (Supranto, 2008). Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi fungisida, maka nilai THR pun tinggi.

Untuk mengetahui efektivitas fungisida yang paling baik antara fungisida tunggal dan fungisida majemuk diperlukan nilai Nisbah Ko-toksisitas (NK). Nilai NK didapatkan dari nilai LC50 dan LC90. Untuk menentukan nilai LC50 dan LC90, digunakan persamaan regresi linear dari hubungan Tingkat Hambat Relatif (THR) dengan konsentrasi masing-masing fungisida.

Tabel 5. Perhitungan Nilai Nisbah Ko-toksisitas (NK) dalam Penentuan Sifat Aktivitas Fungisida Majemuk

Fungisida	Lethal Concentrate (LC)		Nisbah Ko-Toksisitas (NK)	
	50	90	50	90
Mankozeb + Benalaksil	0,41	1,19		
Mankozeb	1,24	3,07	3,05	2,57
Benalaksil	0,79	1,78	1,95	1,49

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa $NK \geq 1$, dengan ini aktivitas penghambatan dari fungisida majemuk mankozeb dan benalaksil lebih baik dibandingkan fungisida tunggal mankozeb ataupun fungisida tunggal benalaksil.

Selain itu, antara bahan aktif mankozeb dan benalaksil bersifat sinergis. Karena pada fungisida tunggal hanya memiliki 1 bahan aktif sehingga tidak dapat bersinergis dengan bahan aktif lainnya. Seperti halnya yang dikemukakan oleh Wudianto (2005), dua macam pestisida apabila dicampur dapat menimbulkan interaksi sinergistik, aditif, atau antagonistik. Pestisida yang menimbulkan interaksi antagonistik, maka pestisida tersebut tidak diperbolehkan untuk dicampur. Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah sifat asam basanya. Pestisida yang sama-sama bersifat asam atau sama-sama bersifat basa tidak akan membentuk senyawa garam. Timbulnya senyawa garam dapat menimbulkan penurunan daya bunuh pestisida tersebut. Menurut Gisi (1996), sinergistik adalah interaksi yang sering terjadi pada fungisida campuran. Besarnya tergantung pada rasio campuran, penggunaan, dan juga mekanisme kerja campuran dari bahan aktifnya. Hal ini dipengaruhi oleh sensitivitas individu terhadap fungisida dan komposisi populasi. *Fungicide Resistance Action Committee* atau FRAC (2010) merekomendasi pencampuran dua bahan aktif fungisida yang bertujuan untuk menggabungkan karakteristik khusus sehingga dapat meningkatkan efektivitas, atau untuk mengambil keuntungan dari interaksi aditif atau interaksi sinergis yang menyebabkan pengendalian penyakit lebih kuat dan fleksibilitas yang lebih besar. Citadin *et al.* (2005) juga berpendapat bahwa terdapat sejumlah faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas campuran fungisida sistemik dan pelindung seperti jenis fungisida dan populasi patogen yang ada. Campuran fungisida sistemik dan fungisida pelindung diharapkan dapat memberikan khasiat yang unggul dan memiliki keuntungan yang memungkinkan interval semprot lagi.

