

KAJIAN PATOGENISITAS *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* TERHADAP LARVA ULAT GRAYAK (*Spodoptera frugiperda*) PADA TANAMAN JAGUNG

Pathogenicity study of Beauveria bassiana and Metarhizium sp to Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda) On Corn

Yasir Harun*, Ayu K Parawansa, Abdul Haris

Program Studi Magister Agroekoteknologi, Program Pasca Sarjana, UMI, Makassar 90245

*Corresponding author: yasirharun03@gmail.com ayukartini.parawansa@umi.ac.id abdul.haris@umi.ac.id

ABSTRAK

Spodoptera frugiperda is an important pest on maize. The purpose of this research were to determine the pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium sp* in Fall armyworm (*S. frugiperda*) larvae, to determine the effective concentrations of *B. bassiana* and *Metarhizium sp*. to control Fall armyworm (*S. frugiperda*), and to determine the time span of *B. bassiana* and *Metarhizium sp* infection which is effective for controlling Fall armyworm (*S. frugiperda*). This research was conducted at the Pesticide and Natural Materials Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, UPTD Balai Proteksi of South Sulawesi and Corn Planting in Galung Village, Barru District. Barru Regency. The research start on April to October 2020. The research used a Fully Randomized Design (FRD) with 2 factors and three repetition. The first factor was the type of fungus (*Metarhizium sp* and *B. bassiana*) and the second factor was the density of conidia (10^6 , 10^7 , 10^8 and 10^9 conidia/ml). The results showed that the type of fungus and the density of conidia were significantly different for all observed variables. The pathogenicity of the fungus *B. bassiana* was better than *Metarhizium sp* and the density of conidia (concentrations) of both *B. bassiana* and *Metarhizium sp*. were significantly different from those of *S. frugiperda* larvae, but the density of conidia (concentration) 10^9 was faster infected and killed *S. frugiperda* larvae. The Symptoms of entomopathogenic fungus attack on *S. frugiperda* larvae are sluggish movement, turning pale in color, decreased appetite, gradually silence, and death. The dead larvae are hardened and slightly blackened.

Keywords: Pathogenicity; *Beauveria bassiana*; *Metarhizium*; *Spodoptera frugiperda*; Corn

LATAR BELAKANG

Produktivitas jagung di Sulawesi Selatan pada tahun 2017-2018 mengalami penurunan sebesar 2,13 % (BPS, 2018). Rendahnya hasil jagung disebabkan oleh banyak faktor diantaranya faktor fisik (iklim, jenis tanah dan lahan) dan faktor biologis (varietas, hama, penyakit dan gulma), serta faktor sosial ekonomi. Di Indonesia hampir 50 jenis serangga yang menyerang tanaman jagung tetapi hanya beberapa saja yang sering menimbulkan kerugian ekonomi. Hama yang sering dijumpai menyerang pertanaman jagung adalah: lalat bibit (*Atherigona sp*), ulat penggerek batang jagung (*Ostrinia furnacalis*), dan ulat penggerek tongkol (*Helicoverpa armigera*), sehingga dapat menurunkan produksi jagung mencapai 80%. (Achmad dan Tandiang, 2001).

Salah satu hama yang menyerang jagung adalah ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) yang menyebabkan swasembada

pangan jagung terancam. Fall Armyworm atau ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) merupakan serangga asli daerah tropis dari Amerika Serikat hingga Argentina. Larva ulat grayak dapat menyerang lebih dari 80 spesies tanaman, termasuk jagung, padi, sorgum, jewawut, tebu, sayuran, dan kapas. ulat grayak dapat mengakibatkan kehilangan hasil yang signifikan apabila tidak ditangani dengan baik. Hama ini memiliki beberapa generasi per tahun, ngengatnya dapat terbang hingga 100 km dalam satu malam.

Nonci (2019) melaporkan bahwa di Indonesia tepatnya di Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat, ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) telah ditemukan merusak pada tanaman jagung dengan tingkat serangan yang berat, populasi larva antara 2-10 ekor petanaman. Di Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar (Sulawesi Selatan), juga telah dilaporkan serangan hama ini pada tanaman jagung. Larva ulat grayak dapat merusak hampir semua bagian

tanaman jagung (akar, daun, bunga jantan, bunga betina serta tongkol). Infestasi ulat grayak pada tanaman jagung saat daun muda yang masih menggulung menyebabkan kehilangan hasil 15-73% jika populasi tanaman terserang 55-100%.

Upaya pengendalian oleh petani pada saat ini adalah dengan menggunakan pestisida kimia sintetis atau bahan kimia lainnya yang tidak ramah lingkungan. Penggunaan pestisida kimia sintetis dalam perkembangannya telah menimbulkan dampak negatif terhadap organisme bukan sasaran (hewan dan manusia), serta telah mencemari lingkungan tanah, tanaman, air dan ekosistem lain.

Selain itu pestisida kimia sintetis telah menyebabkan kecenderungan hama menjadi kebal/resisten sehingga menambah dosis penggunaan untuk masa tanam berikutnya, sehingga perlu dicari dan dikembangkan cara pengendalian yang efektif dan aman terhadap lingkungan, yaitu teknik pengendalian yang dimaksud adalah pengendalian dengan menggunakan musuh alami (pengendalian hayati).

Salah satu teknik pengendalian hayati yang dapat digunakan yaitu dengan memanfaatkan cendawan entomopatogenik (Surtikanti dan Yasin, 2002). Cendawan entomopatogen merupakan salah satu jenis mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai agens hayati untuk pengendalian hama (Prayogo, 2005).

Thalib (2013) Spesies jamur entomopatogen *Beauveria. bassiana* and *Metarhizium sp* yang ditemukan dari tanah lebak dan pasang surut Sumatera Selatan efektif dalam mengendalikan larva Penggerek batang padi kuning (*Scirpophaga incertulas*) (*Lepidoptera: Pyralidae*). Erika (2018) melaporkan bahwa *Metarhizium riley* dapat mengurangi kehilangan hasil akibat serangan larva ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) sebesar 57%. Wraight (2010) juga melaporkan terdapat 43 isolat dari cendawan *Beauveria bassiana* dapat mengendalikan larva *Plutella xylostella*,

Ostrinia nubilalis, *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda*.

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa *Beauveria bassiana* menghasilkan racun (toksin) dan enzim yang dapat mengakibatkan paralisis secara agresif pada larva dan imago serangga. *Beauveria bassiana* menghasilkan enzim protease yang dapat mempercepat degradasi kutikula serangga inang, sehingga miselia *Beauveria bassiana* lebih mudah masuk ke rongga tubuh serangga (Tantowizal, 2015).

Beberapa jenis racun yang telah berhasil diisolasi dari *Beauveria bassiana* antara lain beauvericine, beauverolide, isorolide dan zat warna serta asam oksalat (Mahr, 2003). Jamur *Metarhizium sp* memiliki spektrum yang sangat luas dan dapat menginfeksi lebih dari 100 spesies dari beberapa ordo serangga seperti *Scapteriscus sp*, semut api, *Salenopsis invicta*, larva kumbang seperti *Oryctes rhinoceros*, *Phylophaga sp* dan *Cetina nitida* (Prayogo, 2005). Keberhasilan pengendalian hama dengan cendawan entomopatogen ditentukan oleh kerapatan spora cendawan serta takaran suspensi yang diaplikasikan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilaksanakan untuk menggali patogenisitas cendawan entomopatogen (*Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp*) terhadap larva ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) pada tanaman jagung.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pestisida dan Bahan Alami Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia, Makassar, UPTD Balai Proteksi Provinsi Sulawesi Selatan dan Pertanaman Jagung di Desa Galung, Kecamatan Barru. Kabupaten Barru. Waktu penelitian dimulai dari bulan April sampai Oktober 2020.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop, gunting, pisau, pinset, cawan petri, alat pengaduk, haemocytometer, spatula, timbangan analitik, laminar air flow, autoclave, jarum ose, dan alat

penyemprot. Adapun bahan yang digunakan aquades, kentang, agar, gula pasir, tween 80.

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah jenis jamur (*Metarhizium sp* dan *Beauveria bassiana*) dan faktor kedua kerapatan konidia jamur (10^6 , 10^7 , 10^8 dan 10^9 konidia/ml).

Semua alat gelas seperti petridish, erlenmeyer, gelas piala dan jarum ose dicuci dengan sabun lalu dikeringkan. Setelah peralatan kering, masing-masing alat dibungkus dengan kertas dan disterilkan dengan oven pada suhu 180°C selama 1 jam.

Pembuatan media PDA dimulai dengan menimbang media sesuai komposisi kentang 200 gram, gula pasir 20 gram, agar 15 gram dan akuades 1 L. Kemudian Kupas kentang potong 1 x 1 cm, cuci bersih, rebus dengan 500 mL akuades sampai mendidih, lalu saring dan tambahkan akuades sampai volume 1000 mL. kemudian masukkan agar dan gula pasir, masak kembali hingga mendidih sambil terus diaduk. Setelah mendidih matikan kompor, salin media kedalam erlenmeyer. Kemudian media PDA dilakukan sterilisasi dengan cara menempatkan dalam erlenmeyer dibungkus dengan plastik kaca lalu sterilisasi dengan Autoclave dengan tekanan 121°C (2 Atm) selama 30 menit.

Pembiakan Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*) dilakukan dengan cara Larva instar I ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) dikumpulkan dari lahan pertanaman jagung di Kecamatan Barru dan dikembangbiakkan di dalam stoples dengan pakan daun dan batang jagung lalu ditempatkan di laboratorium. Selama dalam perbanyakan, ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) diberi pakan setiap hari sambil melakukan pembersihan stoples dari kotoran dan sisa pakan pada stoples tersebut. Pemeliharaan dilakukan hingga didapat larva pada stadia yang diinginkan di Laboratorium Entomologi Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Untuk keperluan aplikasi digunakan biakan jamur *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* dari media PDA hasil perbanyakan. Biakkan jamur *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* yang telah berumur tiga minggu, dicampur dengan 10 ml aquades steril. Kemudian ditambahkan 0,1 % Tween 80 dan dilakukan pengadukan sehingga spora terlepas dari media. Perhitungan kerapatan spora digunakan haemocytometer. Dengan cara tersebut dibuat suspensi dengan kerapatan untuk diujikan sebesar 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 spora/ml.

Pengujian Konsentrasi Cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* terhadap mortalitas larva ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*). Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian adalah sebesar 10^5 , 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 spora/ml. Kemudian semua perlakuan disemprotkan pada 10 ekor larva ulat grayak (*Spodeptera frugiperda*). Larva kemudian dipindahkan ke tempat pemeliharaan yang dibuat dari toples plastik dan diberi makan berupa batang dan daun jagung. Pengamatan serangga yang mati dilakukan pada 1 sampai 10 hari setelah aplikasi (HSA).

Persentase mortalitas *Spodoptera Frugiperda* dihitung dengan rumus :

$$M = \frac{\sum n}{\sum N} \times 100 \%$$

Keterangan :

M = Persentase mortalitas S. litura

n = Jumlah larva yang mati

N= Jumlah awal dari larva yang diuji (Laoh et al. 2003).

Pengujian Keefektifan Cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* terhadap mortalitas larva ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*). dilakukan dengan melakukan perbandingan semua konsentrasi cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* dengan kontrol.

Pengujian rentang waktu infeksi Cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* terhadap mortalitas larva ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*). dilakukan

dengan melakukan pengamatan hari 1-10 setelah aplikasi pada semua konsentrasi cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala Kematian *Spodoptera frugiperda*

Pada umumnya gejala kematian larva sama, jamur masuk ke tubuh serangga melalui kutikula dimana konidia jamur menempel dan berpenetrasi pada integumen, selanjutnya terjadi perubahan fisiologi larva. Hal ini disebabkan oleh racun yang dihasilkan oleh jamur entomopatogen merusak jaringan dan menyerap cairan tubuh larva, sehingga tubuh larva menjadi mengering. Kaur et al. (2011) menyatakan bahwa jamur entomopatogen menyebabkan kematian serangga inang dengan menyerap

nutrisi dan menyebarkan racun pada hemolymph sehingga dapat mempengaruhi perkembangan dan fisiologis serangga terutama reproduksi.

Gejala yang dialami oleh serangga yang terinfeksi jamur entomopagen yaitu nafsu makan berkurang, gerakan tubuh menjadi lamban, bersembunyi dibalik daun, terjadi perubahan warna pada tubuh serangga menjadi keputihan, bahkan sama sekali sulit untuk bergerak. Seperti yang dinyatakan Prayogo (2006) gejala yang timbul pada serangga terinfeksi jamur patogen adalah adanya miselia pada serangga. Pada infeksi awal, serangga menunjukkan gejala sakit yaitu tidak mau makan, lemah dan kurang orientasi. Seringkali serangga tersebut berubah warna dan pada kutikula terlihat bercak hitam yang menunjukkan tempat penetrasi jamur (Gambar 12).



Gambar 12 (a) Larva yang terinfeksi *Beauveria bassiana* (b) Larva yang terinfeksi *Metarhizium sp*

Serangga yang terinfeksi jamur entomopatogen melalui 4 tahap yaitu inokulasi, penetrasi infeksi dan invasi, setelah itu serangga berubah warna menjadi kehitaman. Menurut Freimoser et al. (2003) kutikula serangga yang telah mati akan berubah warna menjadi gelap. Pertumbuhan konidia dalam tubuh larva melalui berbagai tahap seperti inokulasi, invasi, penetrasi dan dekstruksi.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa larva ulat grayak frugiperda yang diberi perlakuan jamur *Beauveria bassiana* maupun *Metarhizium sp* dari beberapa

konsentrasi, mengalami infeksi dan memperlihatkan gejala menurunnya aktivitas gerak dan makan serta berlanjut dengan kematian. Tanda awal kematian serangga tersebut ialah tubuhnya kaku serta warnanya menjadi kusam dan beberapa hari kemudian muncul benang berwarna putih (Gambar 12).

Cendawan *Metarhizium sp* menyerang tubuh inangnya dan menyerap cairan dari tubuh inangnya. Jamur tumbuh keluar dari tubuh inangnya dan menghasilkan konidia sehingga tubuh inangnya menjadi keras (mumifikasi). Hal ini diduga sebagai akibat

dari mulai bekerjanya toksin yang diproduksi oleh jamur. Toksin tersebut merusak jaringan dan menyerap cairan sel tubuh larva, sehingga menyebabkan larva mengering dan mati.

Menurut Kherb (2014) jamur hidup dan tumbuh dengan memanfaatkan cairan di dalam tubuh serangga dan menghasilkan racun yang dapat membunuh serangga. Setelah serangga mati, miselium akan tumbuh di tubuh serangga.

Larva *Spodoptera frugiperda* yang mati terinfeksi *Metarhizium sp* awalnya tidak mau makan, pergerakan lambat, mati kaku lalu kering sesuai Gambar 12 b. Hifa dari spora *Metarhizium sp* masuk ke rongga dalam tubuh inang karena bantuan enzim dan tekanan mekanik, seluruh tubuh serangga inang penuh dengan propagul dan bagian yang lunak dari tubuhnya akan ditembus keluar dan menampakan pertumbuhan hifa di luar tubuh serangga inang. Pertumbuhan hifa eksternal akan menghasilkan konidia, bila telah masak akan disebarkan ke lingkungan dan menginfeksi serangga hama yang sehat (Prayogo et al. 2005).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa larva *Spodoptera frugiperda* yang terinfeksi *Beauveria bassiana* terjadi melalui integumen yang merusak sistem kekebalan larva *Spodoptera frugiperda*. Konidia yang kontak dengan integumen segera berkecambah membentuk hifa dan menyerap nutrisi yang ada di tubuh larva serta mengeluarkan toksin yang dihasilkannya, *Beauveria bassiana* menghancurkan struktur dalam tubuh larva *Spodoptera frugiperda* dan mengakibatkan kematian larva tersebut. Konidia jamur *Beauveria bassiana* masuk ke tubuh serangga inang melalui kulit, saluran pencernaan, spirakel dan lubang lainnya. *Beauveria bassiana* juga menghasilkan toksin seperti beauverisin, beauverolit, bassianolit, isorolit, dan asam oksalat yang menyebabkan terjadinya kenaikan pH, penggumpalan dan terhentinya peredaran darah serta merusak saluran pencernaan,

otot, system syaraf, dan pernafasan (Mahr, 2003).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva yang terinfeksi telah memperlihatkan adanya gejala infeksi yaitu badan menjadi kaku, berwarna hitam selanjutnya disertai tumbuhnya miselia jamur dipermukaan tubuh *Spodoptera frugiperda* berwarna putih seperti benang. Saleh et al. (2000) menyatakan bahwa hasil pembedahan terhadap larva yang mati, yang memperlihatkan isi saluran pencernaan larva yang kering dan berwarna hitam. Kulit larva bagian dalam berwarna merah dengan warna putih di sekitarnya. Gejala-gejala ini adalah gejala yang ditunjukkan oleh zat pengurai khitin yang dikenal dengan nama Beauvericin, sebagai racun yang dihasilkan oleh konidia jamur tersebut. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa serangga yang terinfeksi jamur entomopatogen sebagian tidak menunjukkan gejala tumbuhnya miselia diatas permukaan tubuh serangga. Hal ini diakibatkan jamur entomopatogen tidak mampu menembus integumen serangga. Jamur tidak selalu tumbuh ke luar menembus integumen serangga. Apabila keadaan kurang mendukung perkembangan saprofit hanya berlangsung di dalam jasad serangga tanpa keluar menembus integumen sehingga larva yang terinfeksi jamur tidak menunjukkan adanya hifa yang tumbuh di permukaan tubuh serangga (Prayogo et al. 2005).

Pengujian Keefektian Cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* terhadap Mortalitas Larva Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*)

Persentase mortalitas larva *Spodoptera frugiperda* terhadap cendawan entomopatogen 10 hari setelah aplikasi (HSA) menunjukkan hasil berbeda nyata pada cendawa *Metarhizium sp* dan *Beauveria bassiana* dengan kontrol. Hal ini dikarenakan senyawa enzim yang dihasilkan kedua jenis cendawan ini mampu dan berpotensi dalam

mengendalikan dan menginfeksi larva Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*) waktu yang singkat, sehingga mengakibatkan serangga sakit dan mengalami kematian dengan jumlah serangga dalam waktu yang singkat dan dapat menghasilkan infeksi yang terjadi secara lambat dalam periode yang lama (infeksi kronik) (Tanada & Kaya, 1993).

Tabel 1. Persentase mortalitas larva *Spodoptera frugiperda* akibat aplikasi Cendawan entomopatogen yang berbeda pada 1-10 hari setelah aplikasi (hsa).

No	Perlakuan	Mortalitas (%)										Ket
		1 hsa	2 hsa	3 hsa	4 hsa	5 hsa	6 hsa	7 Hsa	8 Hsa	9 Hsa	10 hsa	
1	Kontrol	0	0*	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	
2	<i>Beauveria bassiana</i>	0	17.5 ^b	25 ^b	17.5 ^b	15 ^b	12.5 ^b	8,33 ^b	3,33 ^b	1,67 ^a	1,67 ^b	
3	<i>Metarhizium sp</i>	0	0 ^a	5.56 ^a	28.89 ^c	22.22 ^c	22,22 ^c	20 ^c	11,11 ^c	14,44 ^b	2,22 ^c	

Ket : Angka-angka yang diikuti notasi yang sama pada kelompok kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNT 5%

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil berbeda nyata pada cendawan *Metarhizium sp* dan *Beauveria bassiana* dengan kontrol berarti cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* mampu bertindak sebagai entomopatogen pada larva ulat grayak *Spodoptera frugiperda*.

Beauveria bassiana telah menginfeksi larva ulat grayak *Spodoptera frugiperda* sejak hari kedua setelah aplikasi hingga hari ke sepuluh setelah aplikasi sedangkan cendawan *Metarhizium sp* baru mampu menginfeksi larva ulat grayak *Spodoptera frugiperda* pada hari ketiga sampai hari ke sepuluh setelah aplikasi.

Pada tabel diatas juga menunjukkan bahwa cendawan *Beauveria bassiana* lebih efektif dibandingkan cendawan *Metarhizium sp*, hal ini berdasarkan pada kemampuan

cendawan *Beauveria bassiana* yang menginfeksi dan rentang waktu infeksi lebih cepat dibandingkan dengan *Metarhizium sp*.

Pengujian Keefektian Berbagai Konsentrasi Cendawan *Beauveria bassiana* terhadap Mortalitas Larva Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*) dalam 1-10 Hari Setelah Aplikasi

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa pada hari pertama belum terdapat presentase mortalitas larva, Hal dikarenakan *Baeuveria bassiana* membutuhkan proses penempelan konidia pada tubuh serangga, perkecambahan, penetrasi, invasi kolonisasi dalam hemosel, jaringan dan organ. (Rahayu dan Umrah, 2012).

Tabel 2. Rataan Mortalitas Larva Ulat Grayak Frugiperda yang terinfeksi *Beauveria bassiana* pengamatan 1-10 hsa (%)

No	Perlakuan	Waktu Pengamatan (HSA)										Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Kontrol	0	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0	0,00	0	
2	10 ⁹	0	36,67	30	20,0	6,7	6,67	0	0	0,00	0,00	
3	10 ⁸	0	16,67	30	16,7	16,7	13,33	6,67	0	0,00	3,3	
4	10 ⁷	0	10	26,67	13,3	16,67	16,67	16,67	0	0	3,3	
5	10 ⁶	0	6,67	13,33	20,0	20	13,33	10	13,3	6,67	0	

Keterangan : Data Sekunder, 2020

Namun mortalitas baru nampak pada hari kedua sampai kesepuluh setelah aplikasi. pada tabel diatas juga menunjukkan bahwa konsentrasi 10⁹ telah menunjukkan tingkat presentase mortalitas paling tinggi sejak hari kedua sampai keenam artinya pada konsentrasi 10⁹ proses infeksi cendawan *beauveria bassiana* lebih cepat dan juga memerlukan waktu yang begitu singkat untuk menyebabkan kematian 100 persen. Begitupun dengan konsentrasi 10⁶ proses infeksi cendawan *beauveria bassiana* lebih lambat dan juga memerlukan waktu yang

begitu lama untuk menyebabkan kematian 100 persen dibandingkan dengan konsentrasi yang lain.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi jamur *Beauveria bassiana*, maka tingkat kematiannya pun makin tinggi karena semakin banyak jumlah konidia yang terkandung maka semakin banyak konidia yang mengadakan kontak dengan tubuh larva dan kemungkinan untuk menginfeksi larva semakin besar.

Tabel 3. Presentase Mortalitas Larva Ulat Grayak Frugiperda yang terinfeksi *Beauveria bassiana* dalam berbagai konsentrasi

No	Perlakuan	Waktu Pengamatan (HSA)										Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Kontrol	0	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	
2	10 ⁹	0	5,943 ^c	5,471 ^c	4,430 ^b	2,396 ^{ab}	1,981 ^{ab}	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	
3	10 ⁸	0	4,098 ^{bc}	5,471 ^c	4,099 ^b	4,099 ^b	3,669 ^b	2,396 ^b	0,707 ^a	0,707 ^a	1,552 ^a	
4	10 ⁷	0	2,825 ^{ab}	5,191 ^c	3,669 ^b	4,099 ^b	4,099 ^b	4,099 ^c	0,707 ^a	0,707 ^a	1,552 ^a	
5	10 ⁶	0	2,396 ^{ab}	3,67 ^b	4,430 ^b	4,528 ^b	3,669 ^b	3,240 ^{bc}	3,669 ^b	2,396 ^b	0,707 ^a	

Sumber : Data Primer yang telah diolah dengan Dunchan taraf 5%

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa rata rata perlakuan memiliki rentang waktu infeksi antara 2 sampai 4 hari. Pada tabel diatas menunjukkan bahwa konsentrasi 10⁹ dan 10⁸ lebih cepat menyebabkan kematian yaitu hari kedua setelah aplikasi dan beda nyata dibandingkan dengan perlakuan yang lain termasuk kontrol.

Pada tabel di atas juga menunjukkan bahwa konsentrasi 10⁹ hanya membutuhkan 3 hari saja untuk menyebabkan kematian 100 persen, konsentrasi 10⁸ dan 10⁷ membutuhkan waktu 5-6 hari setelah aplikasi sedangkan konsentrasi 10⁶ membutuhkan waktu yang begitu lama dibandingkan semua perlakuan yaitu 7 Hari . Lama waktu yang dibutuhkan isolat jamur entomopatogen

mulai dari infeksi jamur hingga larva dapat mati berkisar 2-10 hari (Herlinda et al. 2005).

Berdasarkan hasil uji statistik annova uji BNJ menunjukkan bahwa semua perlakuan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap kontrol artinya bahwa cendawan *beauveria bassiana* dengan konsentrasi 10^6 - 10^9 memiliki virulensi terhadap larva ulat grayak frugiperda.

Hasil penelitian Rusdi (2008) menunjukkan bahwa aplikasi cendawan *Baeuveria bassiana* pada larva *Spodoptera exigua* instar III dengan konsentrasi 10^6 konidia/ml menghasilkan mortalitas larva sebesar 35 % dan pada konsentrasi 10^9 konidia/ml mortalitas larva mencapai 80%.

Pada tabel di atas menunjukkan bahwa semua perlakuan menunjukkan tingkat mortalitas paling tinggi pada hari ketiga setelah aplikasi kecuali konsentrasi 10^9 yang telah menunjukkan mortalitas larva sejak hari kedua sedangkan konsentrasi 10^6 baru menunjukkan tingkat mortalitas tertinggi pada hari keempat dan kelima setelah aplikasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Broome et al. (1976) menyatakan bahwa 37% dari konidium *Beauveria bassiana* dapat berkecambah di dalam saluran pencernaan inangnya dalam waktu 72 jam, sedangkan hifanya mampu menembus dinding usus antara 60-72 jam. Kematian serangga dapat terjadi dalam waktu 7 hari setelah aplikasi.

Efektivitas *Beauveria bassiana* dipengaruhi oleh jumlah konsentrasi dan viabilitas spora untuk bersporulasi dengan maksimal. Viabilitas spora yang baik dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan yang menguntungkan bagi spora untuk tumbuh dan berkembang selain itu dapat dipengaruhi oleh rentang waktu produktif viabilitas spora *Beauveria bassiana* untuk bersporulasi dengan maksimal berbeda-beda. Viabilitas spora yang baik dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan yang menguntungkan spora tersebut tumbuh. Namun, apabila interval waktu pemberian agens hayati

terlalu panjang dapat mempengaruhi pula viabilitas *Beauveria bassiana*. Viabilitas dapat menurun akibat keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi *Beauveria bassiana*. Menurut Sukamto dan Yuliantoro (2006), pada suhu ruang 29°C dengan kondisi terpapar terlalu banyak cahaya dan oksigen dapat mengakibatkan kematian pada sel spora karena mengering secara cepat dan spora kehilangan viabilitas. Sehingga pada aplikasi dilapang dengan kondisi lingkungan tidak stabil dapat memberikan dampak yang lebih buruk bagi viabilitas *Baeuveria bassiana*. Jangka waktu pemberian *Baeuveria bassiana* dapat dikaitkan pula dengan proses spora yang menginfeksi serangga penggerek buah kakao. Spora yang telah disemprotkan menempel pada permukaan kulit buah kakao sehingga memungkinkan spora menempel pada kulit telur penggerek buah kakao yang diletakkan pada pangkal buah kakao. Kemudian spora akan menyelimuti kulit telur hingga telur menetas atau gagal menetas. Apabila telur gagal menetas maka stadium larva penggerek buah kakao tidak terjadi. Pada kombinasi antara konsentrasi *B.bassiana* dengan interval waktu pemberiannya tidak berpengaruh terhadap presentase buah terserang, intensitas serangan dan penurunan berat biji akibat serangan penggerek buah kakao.

Demikian pula tempayak lalat yang terinfeksi *B. bassiana* sering ditemukan secara berkelompok pada ujung-ujung rerumputan (Plate, 1976 cit Soetopo dan Indrayani, 2007). Jamur dapat bereproduksi secara aseksual dan seksual dengan membentuk spora. Terdapat bermacam-macam spora aseksual yang dibentuk oleh jamur, antara lain ialah konidium (jamak: konidia), spora, dan klamidospora (spora ber dinding tebal dan terbentuk dari benang sel biasa yang membulat). Jamur *B. bassiana* melakukan reproduksi secara aseksual dengan cara membentuk konidium. Konidium ialah spora tunggal yang dihasilkan dalam kantung (sporangium).

Selain itu, beberapa Ascomycota berkembang biak dengan tunas (blastopora), tunas terbentuk dari percabangan sel. Setelah semua bagian sel terbentuk, tunas melepaskan diri dari induknya. Reproduksi secara seksual dilakukan dengan membentuk askokarp. Prosesnya diawali dengan plasmogami antara elemen jantan (antheridium) dengan gametangium betina (askogonium). Setelah terjadi fertilisasi akan terbentuk askus yang mengandung inti diploid. Inti diploid pada askus muda akan mengalami meiosis membentuk 4 inti haploid yang setelahnya dapat mengalami proses mitosis berkali-kali. Inti tersebut akan diselubungi dinding dan berkembang menjadi askospora matang. Askus dapat dibentuk dalam suatu wadah yang disebut askokarp. Askospora yang matang akan keluar dari askus dan askokarp (Gandjar, 2006).

Keefektifan *Beauveria bassiana* menginfeksi serangga hama tergantung pada

spesies atau strain cendawan, dan kepekaan stadium serangga pada tingkat kelembaban lingkungan, struktur tanah (untuk serangga dalam tanah), dan suhu yang tepat. Selain itu, harus terjadi kontak antara spora *B. bassiana* yang diterbangkan angin atau terbawa air dengan serangga inang agar terjadi infeksi (Soetopo dan Indarayani, 2007)

Pengujian Keefektifan Berbagai Konsentrasi Cendawan *Beauveria bassiana* terhadap Mortalitas Larva Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*) dalam 1-10 Hari Setelah Aplikasi

Pada Tabel di atas menunjukkan bahwa pada hari pertama dan kedua belum ada larva ulat grayak frugiperda yang mati dengan kata lain tingkat mortalitas larva masih 0%, mortalitas baru nampak pada hari ketiga sampai ke sepuluh setelah aplikasi.

Tabel 4|. Rataan Mortalitas Larva Ulat Grayak Frugiperda yang terinfeksi *Metarhizium sp* pengamatan 1-10 hsa (%)

No	Perlakuan	Waktu Pengamatan (HSA)										Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Kontrol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	10 ⁹	0	0	16,67	16,67	20,0	13,33	6,67	6,67	13,33	0	
3	10 ⁸	0	0	0	16,67	20,0	16,67	16,67	13,33	3,33	0	
4	10 ⁷	0	0	0	26,67	16,7	20,00	10	6,67	16,67	3,3	
5	10 ⁶	0	0	0	26,67	10,00	16,67	26,67	6,67	10	3,3	

Keterangan : Data Sekunder, 2020

Pada tabel di atas juga menunjukkan bahwa konsentrasi 10⁹ lebih cepat menimbulkan kematian (mortalitas) yaitu pada hari ketiga sedangkan pada konsentrasi yang lain baru nampak pada hari ke empat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi jamur *Metarhizium sp* maka tingkat kematiannya pun makin tinggi karena semakin banyak jumlah konidia yang terkandung maka semakin banyak konidia yang mengadakan kontak dengan tubuh serangga dan kemungkinan untuk menimbulkan penyakit besar pula. Semakin

banyak konidia yang mengadakan kontak dengan tubuh serangga maka kemungkinan untuk menimbulkan penyakit besar (Nazar, 2005).

Prayogo (2006) menyatakan bahwa salah satu upaya untuk menambah keefektifan suatu cendawan entomopatogen perlu dilakukan penentuan konsentrasi aplikasi yang tepat. Penelitian Baehaki & Noviyanti (1993) mengindikasikan bahwa untuk menginfeksi wereng coklat padi dengan tingkat mortalitas 71%, jamur *Metarhizium anisopliae* perlu diaplikasikan

dengan kerapatan konidia 10^{15} dalam volume semprot 500 liter per hektar.

Pada tabel di atas juga menunjukkan bahwa rata-rata perlakuan konsentrasi *Metarhizium sp* memerlukan waktu yang sama yaitu 4 sampai 7 hari. berarti bahwa semua perlakuan memiliki kemampuan yang sama dalam menyebabkan mortalitas pada larva ulat grayak *frugiperda*. Hal ini dikarenakan mekanisme perkembangan infeksi *Metarhizium sp* di dalam tubuh

serangga melalui berbagai tahap sampai membunuh serangga. *Metarhizium sp* dapat berkembang di dalam tubuh serangga sehingga dapat membunuh serangga hanya dalam beberapa hari. Dalam hal ini jamur *Metarhizium sp* membutuhkan waktu selama 4 hari untuk membunuh serangga. *Metarhizium sp* dapat berkembang di dalam tubuh serangga yang dapat dengan cepat membunuh (Hosang, 1990).

Tabel 5. Presentase Mortalitas Larva Ulat Grayak *Frugiperda* yang terinfeksi *Metarhizium sp* dalam berbagai konsentrasi

No	Perlakuan	Waktu Pengamatan (HSA)										Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Kontrol	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	
2	10 ⁹	0,707 ^a	0,707 ^a	4,099 ^b	4,099 ^b	3,917 ^a	3,669 ^a	2,396 ^b	2,396 ^a	3,254 ^a	0,707 ^a	
3	10 ⁸	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	4,099 ^b	4,528 ^a	4,099 ^a	4,099 ^c	3,669 ^a	1,552 ^a	0,707 ^a	
4	10 ⁷	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	5,191 ^b	3,586 ^a	4,430 ^a	3,240 ^{bc}	1,981 ^a	4,099 ^a	1,552 ^a	
5	10 ⁶	0,707 ^a	0,707 ^a	0,707 ^a	5,042 ^b	2,825 ^a	3,586 ^a	5,191 ^d	2,396 ^a	2,312 ^a	1,552 ^a	

Sumber : Data Primer yang telah diolah dengan Dunchan taraf 5%

Pada tabel di atas menunjukkan bahwa pada hari pertama sampai hari kedua setelah aplikasi semua perlakuan konsentrasi belum berpengaruh nyata terhadap kontrol. Semua perlakuan baru berbeda nyata terhadap kontrol pada hari keempat setelah aplikasi dan pada hari ketujuh setelah aplikasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses infeksi *Metarhizium sp* terjadi melalui dua tahap yaitu kontak langsung dan melalui larva yang terinfeksi. Kontak langsung yaitu mekanisme perkembangan infeksi *Metarhizium sp* di dalam tubuh serangga melalui berbagai tahap sampai membunuh serangga. *Metarhizium sp* dapat berkembang di dalam tubuh serangga sehingga dapat membunuh serangga hanya dalam beberapa hari. Dalam hal ini jamur *Metarhizium sp* membutuhkan waktu selama 4 hari untuk membunuh serangga. *Metarhizium sp* dapat berkembang di dalam tubuh serangga yang

dapat dengan cepat membunuh (Hosang, 1990). Mortalitas serangga sangat ditentukan oleh kerapatan konidia cendawan entomopatogen yang diaplikasikan (Baehaki et al, 1993). Makin tinggi kerapatan konidia *Metarhizium sp*, makin tinggi pula mortalitas *Spodoptera litura* (Prayogo dan Tengkan, 2004). Kerapatan konidia *Metarhizium sp* 10⁷/ml paling optimal untuk mengendalikan *Spodoptera litura*. Romero et al. (1997) juga menyatakan bahwa kerapatan konidia 10⁷/ml sudah mampu membunuh serangga dari ordo Lepidoptera.

Kerapatan konidia yang optimal untuk mengendalikan hama bergantung pada jenis serangga yang akan dikendalikan. Baehaki dan Noviyanti (1993) memerlukan kerapatan konidia 10¹⁵/ml *M. anisopliae* untuk mengendalikan imago wereng coklat, sedangkan Luz et al. (1998) serta Wang dan Powell (2001) hanya memerlukan kerapatan

konidia $10^5 - 10^6$ /ml untuk mengendalikan *Triatoma infestans*.

Larva instar I paling rentan terhadap cendawan *Metarhizium anisopliae*, karena lapisan integumen serangga masih sangat tipis sehingga cendawan sangat mudah melakukan penetrasi. Di samping itu, pergantian kulit serangga juga mempengaruhi keberhasilan aplikasi cendawan entomopatogen (Prayogo. 2005)

Sedangkan melalui larva yang terinfeksi yaitu banyaknya populasi serangga yang bersama-sama berada dalam suatu patosistem akan berinteraksi sesamanya dan menimbulkan potensi kontak antara inokulum dengan serangga inang yang sakit maupun yang sehat. Besarnya potensi kontak ini berbanding lurus dengan daya infeksi patogennya (Dewi et al., 1998). Penelitian aplikasi jamur entomopatogen *Metarhizium sp* terhadap kepik hijau (Nugroho et al., 1999) dan kutudaun kedelai (Arianti et al., 2000) menunjukkan bahwa daya infeksi jamur meningkat seiring dengan peningkatan jumlah inang yang sudah terinfeksi maupun inang yang belum terinfeksi pada sekumpulan populasi inang .

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* dapat bertindak sebagai entomopatogen terhadap larva ulat grayak frugiperda (*Spodoptera frugiperda*) karena memiliki kemampuan patogenis diatas 45%
2. Konsentrasi yang efektif dalam mengendalikan larva ulat grayak frugiperda adalah semua konsentrasi baik cendawan *Beauveria bassiana* maupun *Metarhizium sp*
3. Proses infeksi cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* terhadap larva ulat grayak frugiperda (*Spodoptera frugiperda*) selama 2 sampai 10 hari setelah aplikasi

Saran

Perlu adanya sosialisasi dan pelatihan kepada petani dalam melakukan perbanyak cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium sp* dan penerapan dosis serta konsentrasi yang tepat sehingga entomopatogen ini dapat digunakan dalam melakukan pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad.T & J. Tandiang, 2001. Dinamika Populasi Hama Utama Tanaman Jagung Pada Pola Tanam Berbasis Jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros Sulawesi Selatan.
- Ahsol Hasyim, Wiwin Setiawati , Abdi Hidayya dan Luthfy, 2016. Sinergisme Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* Dengan Insektisida Kimia untuk Meningkatkan Mortalitas Ulat Bawang *Spodoptera exigua*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Lembang. Jawa Barat
- Arianti, M.P.D., F.X. Susilo, & Indriyati. 2000. Daya tular dan keterpautan kepadatan inokulum cendawan *Metarhizium anisopliae* pada kutudaun kedelai (*Aphis glycines*). J. Pen. Pengb. Wil. Lahan Kering 22 (1): 21-27.
- Baehaki, S.E. & Noviyanti. 1993. Pengaruh umur biakan *Metarhizium anisopliae* strain lokal Sukamandi terhadap perkembangan wereng coklat. Prosiding Makalah Simposium Patologi Serangga I. Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. pp. 113-124.
- BPS. 2018. Badan Pusat Statistik. Jakarta. Indonesia
- Busvine, J. A. R., 1971. Techniques for testing insecticides. Commonwealth Agricultural Bureau. London. 336 p.
- Dewi, M., F.X. Susilo, & A.M. Hariri. 1998. Daya infeksi, efisiensi penularan, dan periode letal penyakit muskardin hijau (*Metarhizium anisopliae*) pada wereng batang coklat padi (Nilaparvata

- lugens). Jurnal Penelitian Pertanian 9 (9): 156-166.
- Erika Paola et al. 2018. *Metarhizium rileyi* biopesticide to control *Spodoptera frugiperda*: Stability and insecticidal activity under glasshouse conditions. Fungal Biology Volume 122, Issue 11, November 2018, Pages 1069-1076
- Ferron P. 1985. Pest control by fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In: Burgers HD, editor. Microbial of Pest and Plant Diseases 1970-1980, 465-482. London: Academic Press Inc.
- Freimoser F M., Screen S., Bagga S., Hu G & St Leger R J. 2003. Expressed sequence tag (EST) analysis of two subspecies of *Metarhizium anisopliae* reveals a plethora of secreted proteins with potential activity in insect hosts. Microbiol. 239-247.
- Hadioetomo, R. S. 1993. Mikrobiologi Dasar dalam Praktek : Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 163 hal.
- Hosang, M. L., A. A. Lolong, D. Michellia dan D. Sitepu, 1989, Pengendalian Hayati *Oryctes rhinoceros* L. Dengan *Baculovirus oryctes* dan *Metarhizium anisopliae*. Balai Penelitian Kelapa. Manado. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Bogor.
- Husein, Umar. (2003). Metode Riset Perilaku Konsumen Jasa. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Kaur S., Harminder P K., Kirandeep K & Amarjeet K. 2011. Effect of different concentrations of *Beauveria bassiana* on development and reproductive potential of *Spodoptera litura* (Fabricius). J. Biopest. 4(2):161-168.
- Kementan. 2019. Kementerian Pertanian. Jakarta. Indonesia
- Kherb W A A. 2014. Virulence Bio-Assay Efficiency of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for the biological control of *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and the 1st instar larvae. Aust. J. Basic & Appl. Sci. 8(3): 313-323.
- Luz, C., M.S. Tigano, I.G. Silva, C.M.T. Cordeiro, and S.M. Aljanabi. 1998. Selection of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates to control *Triatoma infestans*. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 93: 839-846
- Mahr S. 2003. The Entomopathogen *Beauveria bassiana*. University of Winconsin, Madison.
- Nazar, A., Elna, K., dan Jekvi, H., 2005. Pengaruh Tingkat Konsentrasi Spora Jamur *Nomuraea rileyi* Terhadap Penggerek Batang Gula. Pusat Penelitian Pengembangan Tanaman Industri. Lampung.
- Nugroho, A.N., F.X. Susilo, & Indriyati. 1999. Potensi kontak antara inokulum dan inang menentukan efisiensi penularan penyakit muskardin hijau pada kepik hijau kedelai. J. Pen. Pengb. Wil. Lahan Kering. 24 : 28-36.
- Nurnina Nonci. 2019. Pengenalan Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia, Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Prayogo Y, 2005. Potensi, Kendala dan Upaya Mempertahankan Keefektifan Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan. Buletin Palawija, 10: 53-65.
- Prayogo, Y. 2006. Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. Jurnal Litbang Pertanian 25 (2): 47-54.
- Prayogo Y & Tengkan W. 2004. Pengaruh konsentrasi dan frekuensi aplikasi *Metarhizium anisopliae* isolat kendalpayak terhadap tingkat kematian *Spodoptera litura*. Sainteks. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian 3 (10) : 209-216.

- Rahayu dan Umrah. 2012. Uji kemampuan formula *Beauveria bassiana* balsamo bentuk sediaan tablet untuk mengendalikan Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen sp). *Biocelebes*, Vol. 6 No. 1 Juni 2012, hlm. 31-39. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal.Biocelebs>.
- Riyanto, Santoso. 1991. Cendawan *Beauveria bassiana* dan Cara Pengendalian Guna Pengendalian Hama Bubuk Kopi. Jakarta: Direktorat Bina Perlindungan Tanaman Perkebunan.
- Romero, M., M. Estrada, R.F. Castaneda, and M. Lujan. 1997. Morphological and pathogenical characterization of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. *Cane Sugar* 15(1): 17–25.
- Rosdah Thalib. 2013. Patogenisitas Isolat *Beauveria Bassiana* Dan *Metarhizium Anisopliae* Asal Tanah Lebak Dan Pasang Surut Sumatera Selatan Untuk Agens Hayati Scirpophaga Incertulas. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Rusli Rusdi. 2008. Perbanyakkan *Beauveria bassiana* Pada Limbah Organik, Formulasi Dan Uji Efektivitasnya Sebagai Bioinsektisida Untuk Pengendalian Hama Spodoptera Exigua Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Universitas Andalas, Limau
- S.P Wraight et al. 2010. Comparative virulence of *Beauveria bassiana* isolates against lepidopteran pests of vegetable crops *Journal of Invertebrate Pathology Volume 103, Issue 3, March 2010, Pages 186-19*
- Sugiyono. 2011. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Afabeta
- Sugiyono. 2013. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Sukanto S dan K Yuliantoro. 2006. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap viabilitas *Beauveria bassiana* (bals.) Vuill. dalam beberapa pembawa. *Pelita Perkebunan* 22 (1), 40-56
- Surtikanti, Yasin M, 2002. Tingkat Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura*) Akibat Pencelupan Suspensi Beberapa Isolat *Beauveria bassiana*. Makalah Utama. Disampaikan pada Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI, PFI dan HPTI XV Sul-Sel, Maros 29 Oktober 2002.
- Swain, D.K., S. Herath, A. Pathirane and B.N. Mittra. 2005. Rainfed lowland and flood prone rice: A critical review on ecology and management technology improving the productivity in Asia. *Role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management. Thailand.*
- Tantawizal. 2015. Potensi Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (BALSAMO) Vuillemin untuk Mengendalikan Hama Boleng *Cylas formicarius* f. Pada Tanaman Ubi Jalar. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang.
- Wang, C. and J.E. Powell. 2001. Isolation and evaluation of *Metarhizium anisopliae* for control of *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes*. *An Entomol Odyssey of ESA.*
- Zainal et al. 2015. “Identifikasi Areal Pengembangan Baru Tanaman Jagung Mendukung Upaya Khusus (Upsus) Peningkatan Produksi Jagung Di Sulawesi Tenggara. Kendari. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tenggara.