

**STUDI PENGENDALIAN HAMA TEBU *Lepidiota stigma*
Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae) DENGAN
PESTISIDA HAYATI DAN NABATI**

**OLEH
ISTIQOMATUNNISA'**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

**STUDI PENGENDALIAN HAMA TEBU *Lepidiota stigma*
Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae) DENGAN
PESTISIDA HAYATI DAN NABATI**

OLEH

ISTIQOMATUNNISA'

125040200111087

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

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
2016**

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 pengetahuan 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, Oktober 2016

Istiqomatunnisa'



LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Studi Pengendalian Hama Tebu *Lepidiota stigma*
Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae) dengan Pestisida
Hayati dan Nabati
Nama : Istiqomatunnisa'
NIM : 125040200111087
Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan
Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU
NIP. 19550403 198303 1 003

Dr. Akhmad Rizali, SP., MSi.
NIK. 201405 770415 1 001

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Lilik Koesmihartono P, M.Agr.St.
NIK. 87 92 0615

Diketahui,
Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman

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

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Lilik Koesmihartono P.,M.Agr.St.
NIK. 87 92 0615

Dr. Akhmad Rizali, SP., MSi.
NIK. 201405 770415 1 001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Dr. Ir. Sri Karindah, MS.
NIP. 19520517 197903 2 001

Tanggal Lulus :

“(1) Maha Suci Allah Yang di tangan-Nyalah segala kerajaan, dan Dia Maha Kuasa atas segala sesuatu, (2) Yang menjadikan mati dan hidup, supaya Dia menguji kamu, siapa di antara kamu yang lebih baik amalnya. Dan Dia Maha Perkasa lagi Maha Pengampun (3) Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?”
(QS. Al-Mulk 1-3)

Segala puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan hambaNya nikmat yang tiada batas,
Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Rosulullah SAW yang telah berjuang untuk umatnya menunjukkan jalan kebenaran

Dan Semoga Allah membalas dengan kebaikan yang berlimpah kepada: Kedua orang tua (Hikmah Nurlaila dan Nur Khozin) yang telah mengorbankan segalanya sungguh takkan bisa saya membalas seluruh jasa-jasa kalian Kepada guru-guru SD, MTs, MAN dan dosen-dosen di perkuliahan yang telah memberikan saya ilmu pengetahuan semoga kelak in syaa Allah bermanfaat dunia dan akhirat Kepada saudara kandung mbak Icha, mbak Dila, mas Im, dek Oyib, dek Thoing Kepada saudara seiman dan saudara seperjuangan saya Witri, Ainna, Santi, Azizah, Risti, Dini, Diah, Minal, Ika, Ifa, Ismatul, Silvi, Lia, Titis (pengurus UAKI 2015, penghuni kost SS 260 D, dan HPT 2012) yang telah memotivasi saya dalam mengerjakan tugas akhir ini Kepada Ketua Bidang penelitian P3GI dan semua orang yang telah terlibat dalam penelitian ini

RINGKASAN

Istiqomatunnisa' (125040200111087): Studi Pengendalian Hama Tebu *Lepidiota stigma* Frabicius (Coleoptera: Scarabaeidae) dengan Pestisida Hayati dan Nabati. Dibawah Bimbingan Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. sebagai Pembimbing Utama, Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si. dan Dr. Ir. Lilik Koesmihartono Putra, M.Agr.St. sebagai Pembimbing Pendamping.

Lepidiota stigma merupakan salah satu hama penting pada tanaman tebu yang menyerang bagian akar sampai terpotong sehingga tanaman terganggu dalam transportasi zat hara dan air yang menyebabkan tanaman tebu menjadi layu. *L. stigma* juga dapat menyerang tanaman komoditas lain selain tebu antara lain tanaman jagung, kacang-kacangan, nanas muda, ubi kayu, karet, kopi, labu, gadung, dan kelapa. *L. stigma* menyerang tanaman tebu terutama pada lahan kering dapat menyebabkan penurunan hasil gula hingga 50%. Batas ambang ekonomi larva *L. stigma* adalah apabila terdapat 4-5 ekor per rumpun tebu. Pengendalian *L. stigma* juga dapat dilakukan dengan pengaplikasian menggunakan pestisida hayati seperti *Metarhizium anisopliae* dan dengan pestisida nabati seperti limbah kulit biji mete dan limbah biji mimba.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama dan Penyakit Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan pada bulan Maret-Agustus 2016. Metode yang dilakukan ada 3 bentuk pengujian efektivitas yaitu pertama pengujian efektivitas 5 isolat jamur *M. anisopliae* yang berasal dari 5 lokasi (Pasuruan, Jombang, Malang, Bogor, dan Yogyakarta), kedua pengujian efektivitas pestisida nabati yang terdiri dari limbah kulit biji jambu mete dan limbah biji mimba masing-masing diujikan dengan dosis yang berbeda yaitu 200, 250, dan 300 kg/ha. Ketiga yaitu pengujian kompatibilitas antara jamur *M. anisopliae* yang berasal dari Pasuruan dan Yogyakarta dengan limbah kulit biji jambu mete dosis 300 kg/ha. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dan dianalisis dengan Anova dan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kesalahan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat *M. anisopliae* yang berasal dari Pasuruan dan Yogyakarta berpengaruh terhadap mortalitas *L. stigma* instar 3 yaitu sebesar 10% dan 23,33%. Hasil pengujian pestisida nabati limbah kulit biji jambu mete dan limbah biji mimba dengan dosis berbeda dengan menaburkan di sekitar pakan menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh terhadap mortalitas tetapi berpengaruh terhadap aktivitas *antifeedant*. Aktivitas *antifeedant* 69,05% pada hari ke 14 setelah aplikasi pemberian limbah kulit biji mete 300 kg/ha. Sedangkan pemberian limbah biji mimba tidak berpengaruh terhadap aktivitas *antifeedant* *L. stigma*. Pengujian kompatibilitas menunjukkan bahwa pemberian limbah kulit biji mete 300 kg/ha yang dicampurkan dengan tanah menyebabkan mortalitas hingga 96,67% sedangkan pencampuran limbah kulit biji mete dan jamur asal Pasuruan dan Yogyakarta, menyebabkan mortalitas hanya 10% dan aktivitas *antifeedant* pada *L. stigma* sebesar 18,52% pada 21 hsa. Hal tersebut menunjukkan bahwa pencampuran antara pestisida nabati limbah kulit biji mete jambu mete 300 kg/ha dengan jamur *M. anisopliae* tidak kompatibel jika diaplikasikan secara bersamaan.

SUMMARY

Istiqomatunnisa' (125040200111087): Study of Sugarcane Pest Control *Lepidiota stigma* Frabicius (Coleoptera: Scarabaeidae) using Biological and Botanical Pesticide. Supervised by Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. as Supervisor, Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si. and Dr. Ir. Lilik Koesmihartono Putra, M.Agr.St. as Co Supervisor.

Lepidiota stigma is one of the important pests in sugarcane which attacks and cut off the roots. These lead to the disruption of nutrients and water transportation in sugarcane plants and cause the plants wilted. *L. stigma* can also attack other crops commodities other than sugarcane crops such as maize, beans, young pineapple, cassava, rubber, coffee, pumpkin, yam and coconut. *L. stigma* attacks sugarcane crops especially on dry land that can cause yield reduction up to 50% sugar. The economic threshold of *L. stigma* larvae is if there are 4-5 larvae per clump of cane. To control *L. stigma* can also be done with application using biological pesticides such as *Metarhizium anisopliae* and using botanical pesticides such as waste of cashew nut shell and waste of neem seed.

This research was conducted at the Laboratory of Pest and Disease Indonesian Sugar Research Institute (Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI)) Pasuruan during March-August 2016. There were 3 effectiveness test performed in this research. Firstly the effectiveness test of 5 isolates of *M. anisopliae* fungi collected from five locations (Pasuruan, Jombang, Malang, Bogor and Yogyakarta). Secondly, the effectiveness test of botanical pesticide consisting of cashew nut shell waste and neem seed waste using three levels of dose i.e. 200, 250, and 300 kg/ha. Thirdly, the compatibility test of application of *M. anisopliae* from Pasuruan and Yogyakarta and cashew nut shell waste at dose of 300 kg/ha. The research was arranged using a completely randomized design and analyzed using Duncan Multiple Range Test at 5% error level.

The results showed that *M. anisopliae* isolates originating from Pasuruan (M1) and Yogyakarta (M5) affected the mortality of third instar of *L. stigma* that was equal to 10% and 23.33%. The results of botanical test using cashew nut shell waste and neem seeds waste at different doses showed that there was not a significant effect on mortality but there was significant affect on the feeding activity. There were 69,05% of *L. stigma* showed a little or no feeding activity at day 14 after application of cashew nut shell waste at 300 kg/ha. Mean while the application neem seed waste gave no effect on feeding activity. The result compatibility test showed that treatment of cashew nut shell waste at 300 kg/ha caused mortality up to 96.67%, while mixing waste of cashew nut shell and fungi from Pasuruan and Yogyakarta caused mortality only 10% and decreased antifeedant activity of *L. stigma* amounting 18,52% at 21 day after application. It indicated that cashew nut shell waste and the fungi *M. anisopliae* was not compatible when applied simultaneously.



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Studi Pengendalian Hama Tebu *Lepidiota stigma* Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae) dengan Pestisida Hayati dan Nabati sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di program strata satu Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU., Bapak Dr. Akhmad Rizali, SP., MSi., dan Bapak Dr. Ir. Lilik Koesmihartono Putra, M.Agr.St yang telah membimbing dan mengarahkan dalam pembuatan skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Bidang Penelitian Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan yang telah mengizinkan penulis untuk melaksanakan penelitian ini serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan ini.

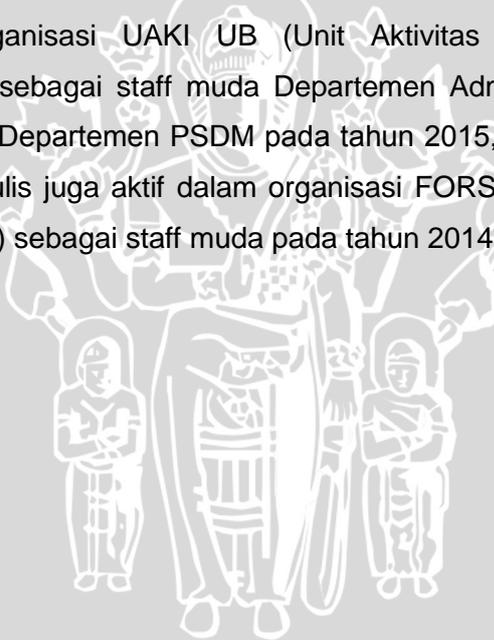
Malang, Oktober 2016

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Madiun pada tanggal 28 Oktober 1994 sebagai putri kelima dari enam bersaudara dari Bapak Nur Khozin dan Ibu Hikmah Nurlaila. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Dharma Wanita pada tahun 1998-2000, kemudian pendidikan dasar di SDN Purworejo III pada tahun 2000 hingga tahun 2006. Penulis melanjutkan pendidikan menengah di MTs Plus Darul Ulum Peterongan Jombang pada tahun 2006 hingga tahun 2009. Pada tahun 2009 hingga tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di MAN Insan Cendekia Gorontalo. Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam organisasi IMPALA UB (Ikatan Mahasiswa Pencinta Alam Universitas Brawijaya) pada tahun 2012-2013, organisasi UAKI UB (Unit Aktivitas Kerohanian Islam Universitas Brawijaya) sebagai staff muda Departemen Admin dan Data pada tahun 2014, Sekretaris Departemen PSDM pada tahun 2015, dan Majelis Syuro' pada tahun 2016. Penulis juga aktif dalam organisasi FORSIKA FP UB (Forum Studi Islam Insan Kamil) sebagai staff muda pada tahun 2014.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
GAMBAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR TABEL	vii
TABEL LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Bioekologi <i>Lepidiotia stigma</i> Fabricius (Uret)	4
2.2. Dampak Serangan <i>L. stigma</i> pada Pertanaman Tebu	6
2.3. Cara Pengendalian Hama <i>L. stigma</i>	7
2.4. Agen Hayati <i>Metarhizium anisopliae</i>	10
2.5. Tanaman Mimba dan Biji Mete Sebagai Pestisida Nabati	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Pelaksanaan Penelitian	17
3.4 Analisis Data	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Karakteristik <i>M. anisopliae</i> Setiap Isolat	23
4.2. Efektivitas <i>M. anisopliae</i> dalam Mengendalikan <i>L. stigma</i>	24
4.3. Efektivitas Pestisida Nabati dalam Mengendalikan <i>L. stigma</i>	27
4.4. Hasil Uji Kompatibilitas Jamur <i>M. anisopliae</i> dan Pestisida Nabati	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Siklus hidup <i>L. stigma</i> ,	5
2.	Serangan <i>L. stigma</i> pada akar tebu.	7
3.	Kenampakan jamur <i>M. anisopliae</i>	10
4.	Tahap infeksi jamur <i>M. anisopliae</i>	11
5.	Gejala pada larva <i>Oryctes rhinoceros</i> oleh <i>M. anisopliae</i>	12
6.	Tanaman mimba.....	14
7.	Struktur bangun azadirakhtin	15
8.	Lapisan biji jambu mete	16
9.	Struktur bangun CNSL.....	16
10.	<i>L. stigma</i> yang terinfeksi <i>M. anisopliae</i>	26
11.	Pestisida nabati terhadap aktivitas <i>antifeedant L. stigma</i>	29
12.	Kenampakan <i>L. stigma</i>	31
13.	Efektivitas kompatibilitas terhadap mortalitas <i>L. stigma</i>	32
14.	Aktivitas <i>antifeedant L. stigma</i> pada uji kompatibilitas.....	34
15.	Keberadaan <i>L. stigma</i> di permukaan tanah pada uji kompatibilitas	36

GAMBAR LAMPIRAN

1.	Hasil analisis fenol pada limbah kulit biji mete	50
2.	Proses perkembangan <i>M. anisopliae</i> pada <i>L. stigma</i>	51
3.	Pestisida nabati limbah biji mimba dan limbah kulit biji jambu mete	51
4.	Pakan utuh dan pakan yang telah berkurang.....	51
5.	Keberadaan <i>L. stigma</i> di permukaan tanah.....	51

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perlakuan isolat <i>M. anisopliae</i>	18
2.	Perlakuan pengujian pestisida nabati terhadap <i>L. stigma</i>	21
3.	Perlakuan pengujian kompatibilitas terhadap <i>L. stigma</i>	22
4.	Morfologi isolat <i>M. anisopliae</i>	24
5.	Aplikasi 5 isolat <i>M. anisopliae</i> terhadap mortalitas <i>L. stigma</i>	25
6.	Mortalitas <i>L. stigma</i> oleh pestisida nabati.....	27
7.	Aktivitas <i>antifeedant L. stigma</i> oleh pestisida nabati	28
8.	Persentase mortalitas uji kompatibilitas	30
9.	Lethal Time 50 (LT ₅₀) mortalitas uji kompatibilitas	33
10.	Persentase aktivitas <i>antifeedant L. stigma</i> pada uji kompatibilitas	34
11.	Keberadaan <i>L. stigma</i> di permukaan tanah pada uji kompatibilitas	35

TABEL LAMPIRAN

1.	Hasil uji normalitas (Kolmogorov-Smirnov) pada setiap pengujian dan pengamatan	46
2.	Analisis ragam pengaruh <i>M. anisopliae</i> terhadap mortalitas <i>L. stigma</i>	46
3.	Analisis ragam pengaruh pestisida nabati terhadap mortalitas <i>L. stigma</i>	46
4.	Analisis ragam pengaruh pestisida nabati terhadap aktivitas <i>antifeedant L. stigma</i>	47
5.	Analisis ragam uji kompatibilitas terhadap mortalitas <i>L. stigma</i>	47
6.	Analisis ragam uji kompatibilitas terhadap aktivitas <i>antifeedant L. stigma</i>	47
7.	Analisis ragam uji kompatibilitas terhadap keberadaan <i>L. stigma</i> yang di permukaan	48
8.	Hasil uji normalitas (Kolmogorov-Smirnov) hari setelah aplikasi uji pestisida nabati	48
9.	Hasil Uji normalitas (Kolmogorov-Smirnov) hari setelah aplikasi uji kompatibilitas	48
10.	Analisis ragam hari setelah aplikasi uji pestisida nabati	48
11.	Analisis ragam hari setelah aplikasi uji kompatibilitas	49
12.	Suhu dan kelembaban ruang percobaan	51
13.	Perhitungan dosis pestisida nabati.....	52



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komoditas tebu merupakan salah satu tanaman yang banyak diproduksi di Indonesia sebagai bahan baku gula. Pada tahun 2013-2015 produksi gula nasional berturut-turut mencapai 2,6 (Ditjenbun, 2014), 2,57, dan 2,49 juta ton (Nugraha, 2016). Meningkatnya penduduk Indonesia mempengaruhi kebutuhan gula sehingga produksi tebu perlu ditingkatkan. Kebutuhan gula nasional rata-rata yang harus dipenuhi untuk kebutuhan industri dan rumah tangga adalah 2,82 juta ton per tahun. Hingga saat ini peningkatan permintaan gula belum diimbangi dengan peningkatan produksi gula nasional. Permasalahan yang dihadapi industri gula saat ini adalah menurunnya produktivitas tanaman tebu, salah satunya yang disebabkan oleh hama tebu yaitu *Lepidiota stigma* Fabricius (Ditjenbun, 2011). *L. stigma* merupakan salah satu hama penting pada tanaman tebu yang menyerang bagian akar sampai terpotong sehingga tanaman terganggu dalam transportasi zat hara dan air yang menyebabkan tanaman tebu menjadi layu (Wiriato, 1979). *L. stigma* juga dapat menyerang tanaman komoditas lain antara lain tanaman jagung, kacang-kacangan, nanas muda, ubi kayu, karet, kopi, labu, gadung, dan kelapa (Kalshoven, 1981). *L. stigma* menyerang tanaman tebu terutama pada lahan kering yang dapat menyebabkan penurunan hasil gula hingga 50% (Setyaningsih, 2010). Menurut Wiriato (1970) batas ambang ekonomi larva *L. stigma* adalah apabila terdapat 4-5 ekor per rumpun tebu.

Pengendalian hama *L. stigma* dapat dilakukan dengan memanfaatkan agens hayati yaitu dengan menggunakan jamur entomopatogen. Jamur entomopatogen yang dapat mengendalikan larva *L. stigma* adalah *Metarhizium anisopliae*. Selain dapat mengendalikan hama *L. stigma*, *M. anisopliae* juga dapat mengendalikan hama *Spodoptera litura* Fabricius, *Spodoptera exigua* Hubner, dan *Coptotermes gesstroii* Wasmann (Kurnia, 1998), *Oryctes rhinoceros* Linnaeus (Mulyono, 2008), *Aphis craccivora* Koch (Sunardi et al., 2013), *Holotrichia serrata* Brsk (Manisegaran et al., 2011), *Nephotetix virescens* Distant (Rosmini & Lasmini, 2010), *Prionoxystes* sp (Sudarsono & Pramono, 1998). Larva *L. stigma* yang terserang *M. anisopliae* akan berwarna hijau kecoklatan dan akhirnya mengalami mumifikasi (terselubung jamur) dalam waktu 10-12 hari setelah aplikasi (Wikardi, 1980). *M. anisopliae* merupakan entomopatogen yang

telah digunakan untuk mengendalikan *L. stigma* pada tanaman tebu di beberapa negara salah satunya adalah Filipina (Estioko & Banas, 1998). Di Indonesia penelitian mengenai pengendalian *L. stigma* dengan menggunakan jamur *M. anisopliae* sudah dilakukan diantaranya oleh Harjaka *et al.* (2011).

Pengendalian *L. stigma* juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan bagian tanaman sebagai pestisida nabati. Dalam bagian tumbuhan terdapat bahan kimia sebagai bioaktivasi terhadap serangga yaitu bahan penolak (*repellent*), penghambat makan (*antifeedant*), penghambat perkembangan serangga (*insect growth regulator*), dan penghambat peneluran (*oviposition deterrent*) (Sudarmo, 2005). Tanaman mimba dan mete merupakan jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati. Lestari *et al.* (2013) mengemukakan bahwa pestisida nabati mimba mengandung azadirakhtin, meliantriol, salannin, dan nimbin. Senyawa aktif tanaman mimba tidak membunuh hama secara cepat, tapi berpengaruh terhadap daya makan, pertumbuhan, daya reproduksi, proses ganti kulit, menghambat perkawinan dan komunikasi seksual, penurunan daya tetas telur, dan menghambat pembentukan kitin. Selain itu juga berperan sebagai pemandul. Serbuk biji mimba efektif dalam mengendalikan *Helicoverpa armigera* Hubner dan *Spodoptera litura* Fabricius (Sudarmo, 2005). Menurut Darwiati (2006) serbuk daun mimba terbukti efektif dalam mengendalikan uret (*Holotrichia helleri* Brsk) yaitu sebesar 83,3%. Pada tanaman mete terdapat kandungan minyak biji jambu mete yang mengandung senyawa fenol. Senyawa fenol merupakan senyawa gabungan antara asam anacardic (90%) dan kardol (10%). Senyawa tersebut dapat digunakan untuk insektisida seperti pada penelitian Asogwa *et al.* (2007) dalam mengendalikan rayap.

Menurut Alimin *et al.* (2014) pengendalian *L. stigma* yang dilakukan saat larva memasuki instar 2 bahkan 3, maka hasil produksi akan tidak sebanding daripada biaya pengendalian yang telah dikeluarkan. Sehingga diperlukan penelitian mengenai pengendalian *L. stigma* secara alami untuk mempertahankan produksi tebu. Konsep pengendalian hama terpadu (PHT) merupakan teknik pengendalian dengan cara memadukan berbagai teknik pengendalian sehingga kompatibel dan mampu menurunkan populasi hama. Salah satunya yaitu dapat memanfaatkan pestisida nabati dan musuh alami seperti jamur entomopatogen.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

- Bagaimanakah efektivitas pestisida hayati (beberapa isolat *M. anisopliae*) dalam mengendalikan *L. stigma*?
- Bagaimanakah efektivitas pestisida nabati (limbah kulit biji mete dan limbah biji mimba) dengan dosis yang berbeda dalam mengendalikan *L. stigma*?
- Bagaimanakah pengaruh kompatibilitas *M. anisopliae* dan limbah kulit biji mete dalam mengendalikan *L. stigma*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- Menganalisis efektivitas pestisida hayati (beberapa isolat *M. anisopliae*) dalam mengendalikan *L. stigma*.
- Menganalisis efektivitas pestisida nabati (limbah kulit biji mete dan limbah biji mimba) dengan dosis yang berbeda dalam mengendalikan *L. stigma*.
- Menganalisis pengaruh kompatibilitas *M. anisopliae* dan limbah kulit biji mete dalam mengendalikan *L. stigma*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

- Beberapa isolat *M. anisopliae* menyebabkan pengaruh yang berbeda dalam mengendalikan *L. stigma*.
- Pestisida nabati (limbah kulit biji mete dan limbah biji mimba) dengan dosis yang berbeda dapat memberikan pengaruh dalam mengendalikan *L. stigma*.
- Aplikasi *M. anisopliae* dan limbah kulit biji mete secara bersamaan tidak kompatibel dalam mengendalikan *L. stigma*.

1.5 Manfaat

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi untuk pengambilan kebijakan pertanian khususnya dalam budidaya tebu sehingga dapat mengendalikan hama *L. stigma* di lahan pertanian secara efektif dan ramah lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

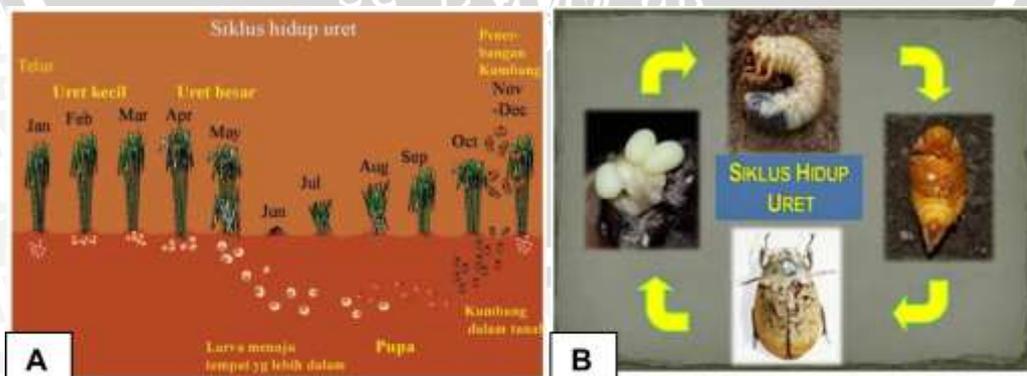
2.1. Bioekologi *Lepidiota stigma* Fabricius (Uret)

Lepidiota stigma Fabricius (*white grub*) termasuk dalam Filum: Arthropoda, Kelas: Insekta, Ordo: Coleoptera, Sub-orde: Lamellicornia, Famili: Scarabaeidae, Sub-famili: Melolonthinae, dan Genus: *Lepidiota* (Kalshoven, 1981). *L. stigma* di Indonesia lebih dikenal dengan nama uret/embug/gayas yang biasanya menyerang akar tanaman tebu pada fase larvanya. *L. stigma* mengalami metamorfosis sempurna yaitu mengalami fase telur, larva, pupa dan imago. *L. stigma* umumnya terdapat di Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Bali yang dapat memakan beberapa jenis tanaman antara lain pada tumbuhan semak, dadap, tebu, jagung, singkong, padi gogo dan kopi (Kalshoven, 1981). *L. stigma* banyak ditemukan menyerang tanaman tebu di beberapa wilayah di Indonesia salah satunya di Jawa Timur. Daerah yang terserang *L. stigma* dengan kategori sedang menurut Zahro'in dan Yuliyanto (2013) adalah Kabupaten Bondowoso, Tulungagung dan Kediri. Pada wilayah tersebut lahan tebu bersifat kering dan berpasir yang merupakan habitat yang disukai *L. stigma*. Menurut Mahrub *et al.* (1975) *L. stigma* lebih menyukai tanah dengan kandungan pasir 40-60%.

L. stigma membutuhkan waktu satu tahun untuk mengalami satu siklus hidupnya yang ditunjukkan pada Gambar 1A, di daerah tropis bahkan ada sebagian uret membutuhkan waktu dua dan tiga tahun dalam satu siklus hidupnya (Harjaka *et al.*, 2011). Di Indonesia pada awal musim penghujan, imago (kumbang) *L. stigma* muncul kemudian disusul dengan fase telur dan larvanya selama 6-9 bulan. Telur *L. stigma* berwarna putih bening berangsur-angsur menjadi putih gelap, berbentuk oval dan panjang telur kurang lebih 2-4,25 mm sedang lebarnya kurang lebih 1,2-2,95 mm. Telur diletakkan dalam tanah pada kedalaman tertentu dengan kelembaban yang sesuai. Tanah yang jenuh air atau terendam tidak sesuai dengan perkembangan telur karena dapat membunuh larva yang sudah menetas. Satu betina dapat menghasilkan telur 20-40 butir yang menetas setelah 14-15 hari. *L. stigma* mengalami fase larva dalam empat instar, dimana setiap pertumbuhannya larva akan semakin ganas merusak akar tanaman di sekitarnya untuk dimakan. Hal tersebut dalam menyebabkan kerusakan pada tanaman yang telah diserang akarnya. Pada fase larva terjadi

selama 9 bulan, instar satu selama 2,5 bulan, instar kedua selama 1,5 bulan, larva instar tiga terjadi selama 3 bulan, dan instar keempat selama 2 bulan.

Larva *L. stigma* yang berada di dalam tanah pada instar satu memakan sisa-sisa tanaman yang sudah mati atau akar-akar tanaman yang ada di sekitarnya. Fase larva yang paling aktif pada instar tiga yang terjadi pada pertengahan musim kemarau. *L. stigma* pada fase larva berwarna putih kekuningan dan menjadi kekuningan saat mendekati masa pra pupa. Setelah fase larva tumbuh memasuki fase prapupa, pupa dan dewasa selama tiga bulan musim kemarau (Kalshoven, 1981). Larva *L. stigma* instar 3 berwarna putih krem berbentuk C dengan panjang rata-rata 7,5 cm. Kepala larva berwarna coklat pucat yang memiliki lebar sekitar 10-11 mm. Ketika larva bersiap menjadi pupa ia akan masuk ke dalam tanah 15-20 cm dari permukaan tanah. Stadia pra pupa terjadi selama 12 hari dan stadia pupa selama sebulan. Imago *L. stigma* berwarna coklat gelap sampai hitam, tubuhnya ditutupi sisi renik berwarna kuning atau putih kekuningan pada ujung elytra terdapat bercak putih berukuran sekitar 1,5 mm yang terdiri dari sisi renik yang berwarna putih dan tumbuh sangat rapat. Panjang tubuh betina 4,3-5,3 cm dan lebarnya 2,2-2,7 cm sedangkan tubuh kumbang jantan adalah 4,2-5,3 cm dan lebarnya 2,0-2,6 cm (Intari & Natawiria, 1973). Masa imagonya selama 3 bulan dan kumbang *L. stigma* makan dedaunan tanaman tahunan, bunga dan sekaligus sebagai tempat berlindung. Aktivitas kumbang pada malam hari setelah matahari terbenam sampai tengah malam. Sehingga secara keseluruhan, daur hidup *L. stigma* mencapai 13 bulan 27 hari. Bentuk setiap fase dari *L. stigma* dapat dilihat pada Gambar 1B.



Gambar 1. Siklus hidup *L. stigma*, A). Perkembangan siklus hidup *L. stigma* setiap bulan (Achadian *et al.*, 2011), B). Bentuk setiap fase *L. stigma* (Zahro'in, 2015),

Sebagian besar dari kehidupan *L. stigma* berlangsung di dalam tanah sehingga faktor-faktor tanah seperti kelembaban dan sifat fisik tanah sangat berperan terhadap perkembangan larva *L. stigma*. Larva *L. stigma* ditemukan pada tanah yang gembur dan lembab yang ditumbuhi rerumputan atau pada tanah yang secara periodik diolah seperti bedengan-bedengan persemaian. Perpindahan tempat larva *L. stigma* secara vertikal dalam tanah dapat terjadi sesuai dengan perubahan kelembaban tanah sebagai suatu usaha tetap hidup pada lingkungan yang optimum (Intari & Natawiria, 1973). Apabila kondisi fraksi debu dan kelembaban tanah meningkat, maka *L. stigma* cenderung pada kedalaman tanah yang dangkal. Sedangkan apabila fraksi pasir tinggi menyebabkan kedalaman meningkat (Alfarisi, 2014).

Iklim juga berpengaruh terhadap perkembangan *L. stigma*. Curah hujan dan dalamnya perembesan air hujan ke dalam tanah pada permulaan musim hujan menentukan saat keluarnya kumbang dari dalam tanah karena tanah sudah cukup lembab hingga telur atau larva yang baru ditetaskan tidak akan mengalami kekeringan. Penerbangan masal pada kumbang *Leucopholis rorida* terjadi bila angka curah hujan mencapai 17 mm sedangkan kumbang *Holotrichia helleri* keluar dari dalam tanah bila air hujan telah menembus tanah sedalam 16 cm (Intari & Natawiria, 1973). Sementara pada kumbang *L. stigma* diperkirakan hampir menyukai kelembaban yang sama seperti jenis uret lainnya. Pada kondisi tanah kering, *L. stigma* mampu berlindung pada kedalaman sekitar 3 meter. Beberapa musuh alami *L. stigma* adalah burung jalak, kadal (*Ameiva exsul*), parasitoid larva *Campsomeris* sp., nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp., dan *Steinernema* sp., jamur *M. anisopliae*, bakteri *Paenibacillus popilliae* dan protozoa *Adelina* sp. (Samoedi, 1993).

2.2. Dampak Serangan *L. stigma* pada Pertanaman Tebu

Gejala serangan di lapang yang ditimbulkan oleh hama *L. stigma* bersifat tidak merata (spot). Larva *L. stigma* dapat menimbulkan layu pada pucuk tanaman tebu kemudian menguning seperti kekeringan, dan jika serangannya tinggi dapat menyebabkan kematian pada tanaman. *L. stigma* menyerang pada bagian akar atau pangkal tebu sehingga pengangkutan air dan zat hara dari

dalam tanah berhenti. Menurut Wiriato (1979) akar tebu yang terdapat pada pangkal tebu yang sudah dimakan *L. stigma* akan habis dan membentuk rongga-rongga gergam yang besar (Gambar 2). Kerusakan akibat dari serangan *L. stigma* pada tanaman dapat menurunkan hasil produksi hingga 95% jika tanpa usaha pengendalian (Alimin, 2013). Dalam kurun waktu setahun *L. stigma* dapat menyebabkan kerusakan seluas 5 Ha dari 160 Ha atau jika dikonversikan dalam persen adalah 3,1%. Jika hal tersebut dibiarkan maka akan terjadi penurunan produksi hingga 50% (Zahro'in, 2015). Semakin banyak populasi larva *L. stigma* maka serangan akan semakin meningkat dan kerusakan yang diakibatkan juga semakin besar. Jumlah batang akan tumbuh sedikit dan tanaman menjadi kurang berkembang karena rumpun banyak yang mati. Pertumbuhannya menjadi lambat dan menjadi kerdil (Hanafi, 2012). Besarnya kerusakan yang ditimbulkan *L. stigma* terhadap pertanaman tebu dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya jumlah *L. stigma* per rumpun, stadium dan kategori tanaman pada saat terserang, kesuburan tanah dan varietas tebu.



Gambar 2. Serangan *L. stigma* pada akar tebu, A). *L. stigma* menyerang batang tebu, B). akar tebu yang telah habis akibat dimakan *L. stigma* (dokumentasi pribadi).

2.3. Cara Pengendalian Hama *L. stigma*

Beberapa teknik pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengendalikan serangan *L. stigma* antara lain:

1. Pengendalian secara fisik dan mekanis

Pengendalian biasanya dilakukan dengan menggunakan alat pembalik tanah. Tanah dibalik pada kedalaman 25 cm sehingga dapat menyebabkan sebagian besar larva *L. stigma* dan telurnya yang bersarang di dalam tanah akan muncul ke permukaan tanah dan mati karena terkena sinar matahari dan dapat dikumpulkan kemudian di musnahkan (Wiriato, 1979). Penggunaan lampu

perangkap juga dapat digunakan untuk menangkap kumbang *L. stigma* di masa penerbangan di awal musim penghujan. Penempatan lampu perangkap diletakkan di dekat pohon atau tanaman yang sering dihinggapi kumbang seperti asam, jambu mete, cemara, mangga, beringin, johar dan nyamplung. Penangkapan kumbang dilakukan pada sore hari sekitar jam 17.00-18.00 pada masa penerbangan. Atau siang hari pada tempat-tempat hinggap (Suhartawan, 1995).

2. Pengendalian secara bercocok tanam

Pengendalian ini dapat dilakukan dengan upaya pembajakan tanah saat pergantian ratoon dengan tanaman baru dan efektif dalam menyebabkan mortalitas larva *L. stigma* yang ada di lapisan tanah permukaan hingga mencapai 80%. Penanaman tebu dapat disesuaikan untuk menghindari larva *L. stigma* ketika memasuki instar kedua atau instar ketiga (Wilson, 1969). Praktek pemberian mulsa pada permukaan tanah dengan pemberian serasah tebu (*trash blanket*) yang dilakukan di Australia dapat menurunkan jumlah larva. Pertumbuhan larva menjadi lebih lambat dan banyak yang mati terserang penyakit yang disebabkan oleh mikroba entomopatogen (Roberstson & Walker, 1996).

3. Pengendalian secara hayati

Pengendalian hayati adalah tindakan atau kegiatan musuh alami (parasit, predator, dan patogen) terhadap populasi organisme sehingga menghasilkan suatu keadaan keseimbangan umum yang lebih rendah dari pada keadaan apabila musuh alami tersebut tidak ada atau tidak bekerja (Stern *et al.*, 1959). Untung (2006) menyatakan bahwa musuh alami merupakan salah satu bagian dari agroekosistem yang memiliki peran dalam pengaturan dan pengendalian populasi hama. Menurut Jumar (2000) beberapa keuntungan dalam mengendalikan hama secara hayati adalah tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan keracunan pada manusia dan ternak, tidak menyebabkan resistensi hama, dan bersifat permanen untuk jangka waktu yang lama. Beberapa kekurangan dalam pengendalian hayati adalah hasilnya sulit diketahui dalam waktu singkat, memerlukan biaya yang besar pada tahap awal, dan pembiakan dalam skala laboratorium terkendala karena musuh alami menghendaki kondisi lingkungan tertentu. Jenis-jenis musuh alami adalah parasitoid, predator dan patogen.

Patogen merupakan salah satu faktor hayati dalam menekan perkembangan hama. Beberapa patogen dalam kondisi lingkungan tertentu dapat menjadi faktor mortalitas utama bagi populasi hama, tetapi ada juga yang sedikit pengaruh terhadap menekan populasi hama. Jenis patogen sebagai agen pengendali hayati adalah bakteri, jamur, virus, nematoda, dan protozoa (Untung, 2006). Pengendalian secara hayati/biologi ini sering dilakukan dengan menggunakan mikroba entomopatogen. Pada penelitian Harjaka (2010) menyatakan bahwa jamur *M. anisopliae* yang diisolasi dari *Phyllophaga helleri* mampu menyebabkan mortalitas terhadap larva *L. stigma* instar ketiga. Nematoda *Heterorhabditis* sp. pada konsentrasi 1000 juvenil/ml dapat menyebabkan mortalitas 100% terhadap larva *L. stigma* dan *Leucopholis irrorata* di laboratorium (Estioko & Banas, 1998).

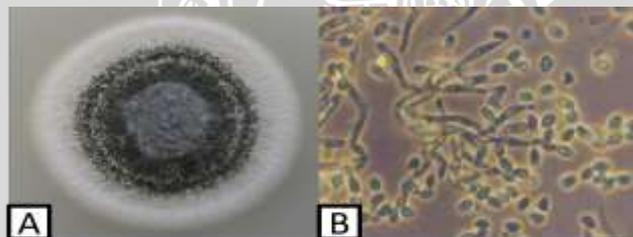
M. anisopliae merupakan salah satu jamur yang berperan sebagai patogen serangga. Terdapat lebih dari 200 spesies serangga yang dapat diinfeksi oleh *M. anisopliae* yang tergolong dari beberapa ordo yaitu ordo Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Orthoptera, Hemiptera dan Isoptera (Prayogo *et al.*, 2005). Sitepu (1988) menyatakan bahwa jamur *M. anisopliae* bersifat patogenik pada inang serangga dan saprofit pada bahan organik. Jamur ini juga dapat dengan mudah dibiakkan konidianya dalam media buatan yang berbahan jagung atau beras.

4. Pengendalian secara kimiawi

Umumnya pengendalian ini dilakukan menggunakan insektisida sistemik melalui penaburan pada juringan bersamaan tanam. Bahan aktif yang biasa diaplikasikan adalah karbofuran, diazinon dan karbosulfan. Aplikasi insektisida secara pengabutan menggunakan alat *fogger* hanya disarankan terhadap stadia kumbang, dan ketika populasi sangat tinggi. Insektisida yang dipakai harus formulasi EC (*emulsifiable concentrate*) dan mengandung bahan aktif minimal 40% (Suhartawan, 1995). Pengendalian *L. stigma* dengan insektisida imidakloprid secara preventif efektif dalam menekan populasi *L. stigma* (McGill *et al.*, 2003). Penyemprotan ekstrak kulit biji jambu mete pada bibit jambu mete dengan konsentrasi 20% menyebabkan kematian hama *Helopeltis antonii* hingga 97% (Atmajaya & Wahyono, 2006).

2.4. Agens Hayati *Metarhizium anisopliae*

Ciri-ciri jamur *M. anisopliae* yaitu mempunyai konidiofor berbentuk tongkat, tegak dan bercabang, bersatu membentuk selaput spora. Koloni dari jamur tersebut berbentuk bulat panjang sampai silindris dengan ujung yang bundar (Gambar 3A). Kumpulannya berwarna hijau *olive* dan ketika memarasiti serangga menyebabkan terjadinya *green muscardine desaeese*. Pada awal pertumbuhan, koloni jamur berwarna putih, tetapi semakin lama akan berubah menjadi hijau gelap saat konidia matang dan dilanjutkan dengan pembentukan spora. Miselium bersekat dengan diameter 1,98-2,97 μm , konidiofor tersusun tegak berlapis dan bercabang yang dipenuhi dengan konidia (Gambar 3B). Konidia bersel satu berwarna hialin, berbentuk bulat silindris dengan ukuran 9,94x3,96 μm . Suhu optimum pertumbuhan jamur adalah 25 °C dengan kisaran pH yang cocok untuk pertumbuhan antara 3,3-8,5 (Tanada & Kaya, 1993). Pada hasil penelitian Rustama *et al* (2008) menyebutkan bahwa suhu optimum pertumbuhan *M. anisopliae* berkisar 22-27°C. Taksonomi dan morfologi dari jamur *M. anisopliae* adalah, Kingdom: Fungi, Filum: Ascomycota, Subfilum: Ascomycotina, Kelas: Sordariomycetes, Ordo: Hypocreales, Famili: Clavicipitaceae, Genus: *Metarhizium* (Bischoff *et al.*, 2009).



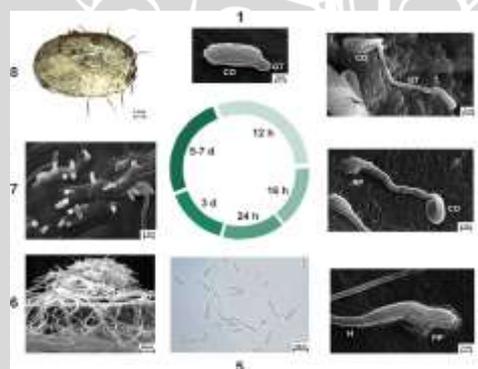
Gambar 3. Kenampakan jamur *M. anisopliae*, A). makroskopis, B). mikroskopis (Kunia, 2013)

2.4.1. Mekanisme Patogenesis *M. anisopliae*

Jamur entomopatogen melakukan penetrasi ke dalam integumen pada bagian antara kapsul kepala dengan torak yang terdapat pada ruas-ruas anggota badan di dalam tubuh serangga fase imago. Mekanisme penetrasi dimulai dengan adanya spora jamur yang melekat pada kutikula kemudian berkecambah membentuk hifa penetrasi. Kemudian hifa tersebut mengeluarkan enzim kitinase, protease dan lipase yang dapat memudahkan dalam mendegradasi

kutikula. Spora akan berkembang di dalam hemocoel dengan menyerap hemolimfa dan menghasilkan destruksin yang dapat mengakibatkan kematian pada larva (Prayogo *et al.*, 2005). Pertumbuhan hifa eksternal akan menghasilkan konidia yang dapat tersebar ketika sudah masak ke serangga lain yang masih belum terinfeksi.

Gejala yang ditimbulkan oleh *M. anisopliae* pada serangga inang ketika sudah terserang adalah nafsu makan tidak ada, pergerakan menjadi lambat kemudian mati kaku dan dari tubuh larva tersebut muncul hifa jamur berwarna putih kehijauan (Mulyono, 2008). Fase larva pada serangga menurut Steinhaus (1949) ketika terserang *M. anisopliae* akan menjadi lemas kemudian mati kaku tampak memar dan berwarna kecoklatan. Jamur tumbuh ke seluruh permukaan integumen larva yang pada awalnya berwarna putih kemudian konidia tersebut berubah warna menjadi hijau gelap. Priyanti (2009) menyatakan bahwa serangga yang mati karena jamur entomopatogen akan naik ke permukaan atas tanaman. Gejala tersebut dikenal dengan istilah *summit disease*. Hal tersebut dilakukan untuk menyelamatkan populasi lain yang masih sehat. Mekanisme infeksi *M. anisopliae* yang ditunjukkan pada Gambar 4 yang secara umum terdiri dari empat tahapan etiologi penyakit serangga.



Gambar 4. Tahap infeksi jamur *M. anisopliae* (Schrank & Vainstein, 2010)

Pada tahap pertama terjadi inokulasi yaitu peristiwa kontak antara propagul jamur dengan tubuh serangga. Propagul jamur *M. anisopliae* berupa konidia karena memiliki tipe perkembangbiakan tidak sempurna. Senyawa mukopolisakarida sangat berperan dalam proses ini. Tahap kedua yaitu adanya proses penempelan dan perkecambahan propagul jamur pada integumen serangga. Pada tahap ini dipengaruhi oleh faktor kelembaban. Jamur

mebutuhkan kelembaban yang tinggi untuk perkecambahan propagul jamur. Meningkatkan kelembaban dapat dilakukan dengan penambahan air. Jamur juga akan memanfaatkan senyawa-senyawa pada integumen. Tahap ketiga terjadi penetrasi dan invasi yaitu propagul jamur tersebut menembus integumen dan membentuk tabung kecambah (apresorium). Titik penetrasi sangat dipengaruhi oleh konfigurasi morfologi integumen, penembusan dilakukan secara mekanis atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim dan toksin. Terakhir adalah tahap destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang kemudian beredar ke dalam hemolimfa dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan yang lain dalam tubuh serangga inang (Ferron, 1985)

Umumnya serangga sudah mati sebelum poliferasi blastospora. Enam senyawa enzim dikeluarkan oleh *M. anisopliae* yaitu lipase, kithinase, amilase, proteinase, pospatase, dan esterase. Setelah serangga inang mati, jamur akan tumbuh terus melanjutkan siklus dalam fase saprofitik yaitu jamur akan membentuk koloni di sekitar tubuh inang. Kemudian koloni jamur memenuhi tubuh inangnya dan memproduksi spora infeksi seperti yang terlihat pada Gambar 5 (Ferron, 1985).



Gambar 5. Gejala pada larva *Oryctes rhinoceros* oleh *M. anisopliae* (Marheni *et al.*, 2013)

Mikotoksin/destruksin hasil dari metabolik sekunder oleh jamur merupakan siklopepsipeptide dengan lima asam amino. Kelompok depsipectida disebut destruksin A, B, C, D dan E. destruksin berpengaruh terhadap organel sel target (mitokondria, retikulum endoplasma dan membran nukleus), menyebabkan paralisis sel. Selain itu, juga berpengaruh terhadap kelainan fungsi lambung tengah, tubulus malpigi, hemosit dan jaringan otot larva (Widiyanti *et al.*, 2004).

Serangga juga mengembangkan sistem pertahanan diri dengan fagositosis atau enkapsulasi dengan membentuk granuloma. Enkapsulasi terjadi ketika hemosit secara aktif berkumpul dan mengelilingi permukaan sel jamur membentuk kapsul. Hal tersebut terjadi karena hemosit mengenali benda asing berupa sel jamur yang masuk ke dalam haemocol. Kapsul tersebut menghambat pertumbuhan dan pergerakan sel jamur, serta mengisolasi sel jamur tersebut agar tidak menginfeksi jaringan lain. Sel jamur yang masuk ke dalam hemocoel sekaligus mengaktifkan prophenoloksidase (proPO). Prophenoloksidase membentuk phenoloksidase yang merupakan katalis dalam bentuk melanin. Melanin yang dibentuk bersifat racun bagi sel jamur. Sehingga menghambat perkembangan sel jamur. Saat proses melanisasi, terjadi reaksi oksidasi yang menyebabkan sel jamur mati. Namun demikian, jamur juga memiliki sistem pertahanan tersendiri untuk melawan sistem pertahanan serangga. Pertahanan jamur dilakukan dengan membentuk blastospora yang dapat bermultiplikasi dan menyebar dengan cepat ke seluruh tubuh larva (Tanada & Kaya, 1993).

2.4.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas *M. anisopliae*

M. anisopliae merupakan jamur yang berhabitat di dalam tanah sehingga lebih efektif jika diaplikasikan dalam bentuk konidia dalam tanah. Jamur tersebut dapat bertahan dengan struktur tertentu untuk bertahan. Ketika jamur ini diperbanyak dalam bentuk suspensi dalam air, konidia segera bercambah tetapi jika terus dibiarkan tanpa diberikan adanya inang maka jamur tersebut tidak berkembang dan menjadi tidak efektif untuk diaplikasikan (Kapriyanto *et al.*, 2014).

Hasil dari penelitian Feng *et al.*, (1994) menunjukkan bahwa asal isolat yang diinfeksi dapat mempengaruhi patogenesis entomopatogen tersebut. Jamur yang baru diisolasi dari inangnya akan menunjukkan virulensi yang tinggi apabila diaplikasikan pada inang aslinya atau spesies serangga yang mempunyai hubungan dekat dengan serangga inangnya. Bedjo *et al.*, (2000) dalam hasil penelitiannya mengatakan bahwa asal isolat mempengaruhi keragaman virulensi jamur terhadap serangga inang karena berhubungan dengan jenis atau ras atau strain jamur. Hal tersebut dapat juga berhubungan dengan kandungan toksin yang dihasilkan dari jamur seperti pada jamur *Beauveria bassiana* yang menghasilkan beberapa toksin seperti beauverisin, beauverolit, bassianolit, isorolit dan asam oksalat yang dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan

atau organ haemocol seperti saluran pencernaan, otot, sistem syaraf, dan sistem pernafasan pada serangga inang.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi efektivitas jamur *M. anisopliae* adalah kerapatan konidia jamur patogen yang diaplikasikan ke serangga target. Semakin tinggi kerapatan konidia semakin tinggi pula mortalitas pada serangga. Kerapatan konidia yang optimal dalam mengendalikan hama tergantung pada jenis serangga yang akan dikendalikan (Prayogo *et al.*, 2005). Hal tersebut juga sudah dibuktikan pada jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap kepik hijau (Hasnah *et al.*, 2012). Surtikanti dan Yasin (2009) menyatakan faktor lingkungan (suhu dan kelembaban), jumlah spora, viabilitas spora (daya kecambah) juga mempengaruhi keberhasilan jamur entomopatogen sebagai pengendali hama. Suhu optimum pertumbuhan jamur *M. anisopliae* yaitu 22-27 °C sedangkan suhu pada waktu infeksi berkisar antara 23-25 °C sehingga masih berada dalam kisaran suhu tersebut (Burgner *et al.*, 1998).

2.5. Tanaman Mimba dan Biji Mete sebagai Pestisida Nabati

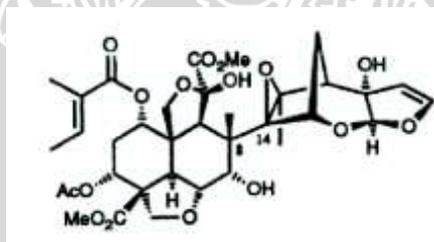
2.5.1. Mimba (*Azadirachta indica* A. Juss)

Mimba merupakan tanaman berbentuk pohon yang memiliki tinggi hingga 10-25 m, batang tegak berkayu, berdaun majemuk, letak berhadapan dengan panjang 5-7 cm dan lebar 3-4 cm (Gambar 6). Bijinya bulat, berdiameter sekitar 1 cm berwarna putih. Tanaman mimba berasal dari Asia Selatan dan Tenggara dan menyebar sampai di daerah tropik dan sub tropik Afrika, Amerika, dan Australia. Tanaman mimba tumbuh pada daerah subhumid sampai semiarid dengan curah hujan 450-750 mm/tahun dan dapat tumbuh pada ketinggian tempat 0-670 m dpl, pada daerah kering tanpa irigasi (Benge, 1986).



Gambar 6. Tanaman mimba (Asmaliyah *et al.*, 2010)

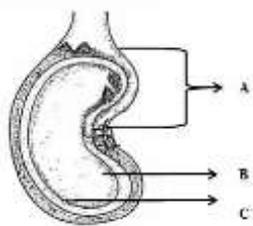
Mimba memiliki taksonomi sebagai berikut: Divisi: Magnoliophyta, Kelas: Magnoliopsida, Sub-kelas: Rosidae, Ordo: Sapindales, Famili: Meliaceae, Genus: Azadirachta. Mimba dapat berperan sebagai pestisida nabati karena mengandung beberapa komponen aktif pestisida. Dalam biji mimba terkandung azadirakhtin, salanin, azadiradion, salannol, salanolasetat, 3-deasetol salanin, 14-epoksi-azadiradion, gedunin, nimbin, dan deasetil nimbin. Komponen tersebut ada empat senyawa pestisida yaitu azadirakhtin, salanin, nimbin, dan meliantriol (Schumutterer, 1990). Rukmana dan Yuniarsih (2002) menyatakan bahwa azadirakhtin berpengaruh terhadap aktivitas serangga hama antara lain mengurangi nafsu makan serangga (*antifeedant*), mengusir serangga (*repellent*), mencegah terjadinya *molting*, dll. Azadirakhtin merupakan molekul kimia $C_{35}H_{44}O_{16}$ yang termasuk dalam kelompok triterpenoid. Struktur kimia azadirakhtin dapat dilihat pada Gambar 7 yang hampir sama dengan hormon *ecdysone* pada serangga yang mengatur proses metamorfosis yaitu perubahan bentuk serangga dari larva ke pupa kemudian menjadi imago.



Gambar 7. Struktur bangun azadirakhtin (Mordue & Nisbet, 2000)

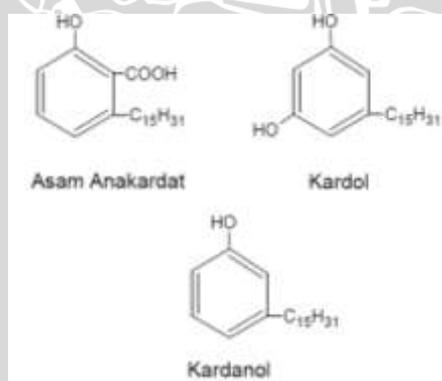
2.5.2. Biji Mete (*Anacardium occidentale* Lour)

Menurut Taylor (1996) jambu mete memiliki taksonomi sebagai berikut: Divisi: Eudicots, Kelas: Rosids, Ordo: Sapindales, Famili: Anacardiaceae, Genus: Anacardium. Pohon mete merupakan salah satu tumbuhan tropis yang tumbuh pada daerah dengan curah hujan tahunan 50-350 cm. Biji mete merupakan salah satu bagian tanaman yang dapat dimanfaatkan untuk dikonsumsi yaitu pada kernel/kacang. Bagian-bagian pada biji mete terdapat pericarp (kulit luar), kernel (kacang), dan teste (kulit ari) (Gambar 8). Bagian pericarp dapat menghasilkan 32-37% minyak yang disebut *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL).



Gambar 8. Lapisan biji jambu mete, a). pericarp (kulit luar), b) kernel (kacang), c). teste (kulit ari) (Suprpti, 2004)

CNSL dapat diperoleh dengan cara ekstraksi kulit biji mete dengan minyak panas yang dikeluarkan dengan tekanan yang tinggi. CNSL mengandung senyawa fenol yang terdiri dari asam anakardat (90%) dan kardol (10%) (Venmalar & Nagaveni, 2005). Sedangkan menurut Phani *et al* (2002) cangkang biji mete mengandung kardanol (60-65%), kardol (15-20%), bahan polimer (10%) dan sedikit metil kardol. Struktur bangun dari senyawa dominan yang terdapat dalam CNSL ditunjukkan pada Gambar 9. CNSL dapat mengendalikan larva *Aedes aegypti* dalam penelitian Oliveira *et al.* (2011). Beberapa senyawa fenol memiliki fungsi sebagai *antifeedant* (penolak makan serangga) namun bisa juga berperan sebagai penstimuli makan pada serangga lain (Yunita *et al.*, 2009).



Gambar 9. Struktur bangun CNSL (Cahyaningrum *et al.*, 2006)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama lima bulan yaitu pada bulan Maret-Agustus 2016 di Laboratorium Hama dan Penyakit Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penelitian ini antara lain : cawan Petri, jarum ose, tabung reaksi (*Pyrex*), *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC) (*Bass Aire*), autoklaf, pipet 200-1000 μ l (*Socorex*), pembakar Bunsen, tabung Erlenmeyer (*Iwaki Pyrex*), sprayer mini, haemocytometer, sekop kecil, pinset, spatula, mikroskop (*Axiostar-zeiss*), gelas beker (*Pyrex Iwaki Glass*), batang pengaduk, kantong plastik (1 dan 0,5 kg), pipa PVC (diameter 3 cm), termometer ruangan, ember, stoples plastik, timbangan analitik (*Sartorius laboratory*), pengaduk/*shaker* (*Branstead/Thermolyne*), pH meter (*Cyberscan 1000pH*), plastik wrap dan kamera.

Bahan yang digunakan yaitu Isolat *M. anisopliae* yang berasal dari lembaga berbeda yaitu dari Pasuruan (M1), Jombang (M2), Malang (M3), Bogor (M4), dan Yogyakarta (M5), larva uret *L. stigma* instar 2 dan 3, PDA (*Potatoes Dextrose Agar*) (*Difco™ BD Becton*), PDB (*Potatoes Dextrose Broth*), beras jagung, tanah steril, air steril, aluminium foil, kapas, alkohol 70%, karet, limbah kulit biji jambu mete, dan limbah kulit biji mimba berbentuk tepung.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Penyiapan Serangga Uji

Serangga uji berupa larva *L. stigma* didapatkan di lahan perkebunan tebu di daerah Purworejo Jawa Tengah. Larva tersebut dipelihara di dalam wadah berdiameter 5 cm dan tinggi 4 cm yang telah berisi tanah yang bertekstur geluh pasiran karena *L. stigma* lebih menyukai tanah dengan kandungan pasir 40-60% (Mahrub *et al.*, 1975). Setiap wadah diisi 1 ekor larva dan diberi pakan alami berupa setengah batang tebu tinggi lebih kurang 4 cm dan massa 5-10 gram. Untuk menjaga kelembaban media tanah steril disemprotkan air steril hingga tanah berubah warna menjadi gelap dan tidak terlalu basah. Pemeliharaan

dilakukan untuk memilih larva yang benar-benar sehat untuk diuji, sehingga memerlukan waktu untuk menstabilkan keadaan larva selama 6 minggu sebelum diujikan. Dalam penelitian *M. anisopliae* ini diaplikasikan ke *L. stigma* pada instar dua dan tiga yang merupakan stadia yang menyebabkan kerusakan paling tinggi diantara stadia lainnya (Harjaka *et al.*, 2011). Ciri-ciri dari *L. stigma* instar dua lebar kepala 0,5-0,7 cm, panjang tubuh 3-5 cm, dan lebar 0,5-1 cm sedangkan instar tiga memiliki lebar kepala 0,8-1 cm, panjang tubuh 5-7 cm, dan lebar 1-1,5 cm.

3.3.2 Pelaksanaan Pengujian Pestisida Hayati (*M. anisopliae*)

A. Penyiapan Jamur *M. anisopliae*

Peremajaan Jamur *M. anisopliae*

Peremajaan jamur *M. anisopliae* bertujuan untuk memperoleh isolat yang seragam umurnya dan tidak terlalu tua yaitu dengan cara memperbanyak jamur di media PDA (*Potatoes Dextrose Agar*). Inkubasi jamur *M. anisopliae* dilakukan selama 14 hari untuk mendapatkan biakan dari jamur tersebut seperti pada penelitian Harjaka (2011). Terdapat lima macam isolat *M. anisopliae* sebagai perlakuan (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan isolat *M. anisopliae*

No.	Asal Isolat
1.	Pasuruan (Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia/ P3GI Pasuruan)
2.	Jombang (Balai Besar Perbenihan Proteksi Tanaman Perkebunan/ BBP2TP Surabaya)
3.	Malang (Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat/ BALITTAS)
4.	Bogor (Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia/ PPBBI)
5.	Yogyakarta (Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada)

Perbanyak Jamur pada Media PDB

Setiap isolat jamur yang sudah diremajakan diperbanyak pada media PDB (*Potatoes Dextrose Broth*) dengan pH 5,1. Isolat dari PDA dimasukkan kedalam PDB sebanyak 150 ml menggunakan jarum ose kemudian digojok selama 3 hari. Tujuan menggunakan media PDB adalah untuk mempercepat penyebaran jamur ketika sudah dituangkan di dalam media jagung.

Pembuatan Media Jagung dan Perbanyakkan *M. anisopliae* pada Media Jagung

Hasil perbanyakkan pada media PDB digunakan untuk memperbanyak jamur *M. anisopliae* dalam media jagung. Media jagung dapat digunakan jika akan memperbanyak jamur lebih banyak dan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi jamur tersebut. Beras jagung yang sudah disiapkan, direbus hingga setengah matang dan lunak. Setelah itu media jagung dimasukkan ke dalam kantong plastik yang tahan panas yang sudah diberi pipa pada mulut kantong plastik untuk mempermudah inokulasi. Sebelum disterilisasi menggunakan autoclave pada suhu 120 °C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit, mulut pipa ditutup terlebih dahulu menggunakan kapas dan plastik. Media yang sudah disterilisasi selanjutnya didinginkan pada suhu kamar sebelum dilakukan inokulasi dengan jamur. Setiap isolat biakan murni jamur dari media PDB diinokulasikan pada media jagung steril sebanyak kurang lebih 10 ml. Setiap isolat jamur diperbanyak 2 kantong media jagung. Jamur tersebut diinkubasikan di dalam media jagung yang sudah ditutup kapas selama 14 hari sampai siap digunakan untuk uji efektivitas pada suhu 25-26 °C. Inokulasi dilakukan di LAFC kemudian disimpan di tempat penyimpanan. Setelah media jagung dipenuhi dengan konidia berwarna hijau maka siap digunakan untuk pengujian terhadap *L. stigma*.

Penghitungan Kerapatan *M. anisopliae*

Hasil biakan setiap isolat jamur *M. anisopliae* pada media jagung dipanen dan dipisahkan dari media untuk dibuat suspensi. Suspensi jamur dibuat dengan cara menimbang 1 gram jagung yang telah dipenuhi dengan miselium jamur kemudian dilarutkan ke dalam air akuades 100 ml di dalam Erlenmeyer. Campuran jagung dan air diaduk dan diputar dengan menggunakan *stirer* supaya konidia jamur dapat terlepas dari jagung. Suspensi jamur tersebut diambil dan ditetaskan pada bagian kotak haemocytometer, untuk dihitung kerapatan konidia jamur *M. anisopliae* hasil biakan. Perhitungan konsentrasi konidia menggunakan rumus (Gabriel & Riyatno, 1989):

$$K = \frac{t \times d \times 10^6}{n \times 0,25}$$

Keterangan: K= konsentrasi konidia, t= jumlah total konidia dalam kotak sampel yang diamati, d= faktor pengenceran, n= jumlah kotak sampel yang

diamati, 0,25= faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil dalam Haemocytometer.

B. Pengujian Efektivitas *M. anisopliae* terhadap *L. stigma*

Pengujian isolat jamur *M. anisopliae* dilakukan dengan metode kontaminasi media dengan cara mencampur biakan jamur pada media jagung dengan tanah sebagai media peliharaan larva *L. stigma*. Hasil penelitian Harjaka *et al.*, (2011) menunjukkan bahwa metode tular media efektif dalam mengendalikan *L. stigma*. Hal tersebut dikarenakan jamur *M. anisopliae* dikenal sebagai jamur yang berhabitat di tanah (*soil fungi*) sehingga lebih mapan jika diaplikasikan dalam bentuk konidia dalam tanah dan bisa bertahan dengan struktur bertahannya. Dosis yang digunakan adalah 10^9 konidia/ gram media jagung. Larva *L. stigma* yang digunakan dalam pengujian efikasi jamur adalah larva instar 3. Cara aplikasi dengan mencampurkan tanah pada setiap wadah dengan 1 gram beras jagung yang telah terdapat jamur *M. anisopliae*. Wadah terlebih dahulu diisi dengan pakan berupa batang tebu yang terdapat cincin tumbuh dan *L. stigma* instar 3, kemudian dimasukkan tanah yang sudah dicampurkan dengan jamur sebelumnya. Setiap perlakuan terdapat 10 larva *L. stigma* instar 3 kemudian diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 180 larva yang diuji. Tempat pengujian dengan rata-rata suhu 30,2°C dan kelembaban 66,6%. Peubah yang diamati pada pengujian *M. anisopliae* terhadap *L. stigma* adalah mortalitas yang diamati setiap pekan. Perhitungan mortalitas hama *L. stigma* menggunakan rumus (Basle, 1985):

$$\text{Tingkat Mortalitas} = \frac{\text{Larva yang mati}}{\text{total larva}} \times 100\%$$

3.3.3 Pelaksanaan Pengujian Pestisida Nabati

A. Penyiapan Pestisida Nabati

Pestisida nabati yang diujikan terdiri dari limbah kulit biji jambu mete dan limbah biji mimba dengan dosis yang berbeda. Dosis yang diujikan setiap pestisida nabati yaitu 200, 250 dan 300 kg/ha. Pestisida nabati ditimbang sesuai dosis yang ditentukan sehingga didapatkan hasil berturut-turut 1,375, 1,719 dan 2,603 gram/media tanah yang telah diambil minyak CNSLnya. Pestisida nabati didapatkan dari sisa-sisa pengolahan dari kulit biji jambu mete dan biji mimba yang telah diambil ekstraknya untuk dijadikan pestisida nabati. Pakan yang

disiapkan dalam pengujian ini adalah berupa batang tebu yang terdapat cincin tumbuhnya yang telah berumur 1 minggu yang telah terdapat akar dan tunas.

B. Pengujian Efektivitas Pestisida Nabati terhadap *L. stigma*

Terdapat 7 perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu kontrol, limbah biji mimba dosis 200, 250, dan 300 kg/Ha serta limbah kulit biji jambu mete dosis 200, 250, dan 300 kg/Ha seperti tercantum pada Tabel 2. Setiap perlakuan terdapat 10 individu dengan tiga kali ulangan sehingga terdapat 210 ekor *L. stigma* yang diuji. Aplikasi dilakukan dengan cara menaburkan pestisida nabati di sekitar pakan *L. Stigma*.

Tabel 2. Perlakuan pengujian pestisida nabati terhadap *L. stigma*

No	Perlakuan	Dosis
1.	Kontrol	0
2.	Pemberian limbah kulit biji jambu mete	200 kg/ha
3.	Pemberian limbah kulit biji jambu mete	250 kg/ha
4.	Pemberian limbah kulit biji jambu mete	300 kg/ha
5	Pemberian limbah biji mimba	200 kg/ha
6.	Pemberian limbah biji mimba	250 kg/ha
7,	Pemberian limbah biji mimba	300 kg/ha

Larva *L. stigma* yang digunakan dalam pengujian efikasi jamur adalah larva instar 3. Pengamatan pada larva *L. stigma* dilakukan setiap pekan selama sebulan. Terdapat dua peubah yang diamati yaitu mortalitas dan aktivitas *antifeedant*. Pengamatan mortalitas dengan melihat *L. stigma* yang telah mati setelah aplikasi. Pengamatan aktivitas *antifeedant* dilakukan dengan melihat pakan yang berkurang atau masih utuh. Berkurang atau utuhnya pakan dapat dilihat dari banyaknya akar yang masih tersisa, mata tunas, dan berkas pengangkut (batang tebu bagian dalam). Aktivitas *antifeedant* dapat diketahui dengan rumus (Alford & Bentley, 1994):

$$\text{aktivitas antifeedant (\%)} = 1 - \frac{\text{jumlah larva yang makan pada perlakuan}}{\text{jumlah larva yang makan pada kontrol}} \times 100\%$$

3.3.4 Pelaksanaan Pengujian Kompatibilitas Jamur *M. anisopliae* dengan Limbah Kulit Biji Jambu Mete

A. Penyiapan Jamur *M. anisopliae* dan limbah kulit biji mete

Pengujian kompatibilitas terhadap *L. stigma* yaitu dengan mencampurkan pestisida hayati yaitu jamur *M. anisopliae* yang efektif dalam mengendalikan *L. stigma* pada pengujian sebelumnya dan pestisida nabati yang efektif yaitu limbah

kulit biji mete 300 kg/ha. Penyiapan Jamur *M. anisopliae* yang akan digunakan yaitu isolat yang berasal dari Pasuruan dan Yogyakarta dimulai dari uji kerapatan *M. anisopliae* yang telah diperbanyak pada media jagung sebelumnya bertujuan untuk menentukan banyak beras jagung yang akan diaplikasikan. Beras jagung yang telah berisi penuh jamur *M. anisopliae* kemudian ditimbang sesuai dengan kebutuhan yaitu 1 gram/media tanah apabila kerapatan 10^9 . Pestisida nabati yang digunakan dalam uji kompatibilitas adalah hanya limbah kulit biji mete dengan dosis 300 kg/ha. Limbah kulit biji mete ditimbang sesuai dengan kebutuhan yaitu didapatkan 2,06 gram/media tanah.

B. Pengujian kompatibilitas jamur *M. anisopliae* dengan limbah kulit biji mete

Terdapat enam perlakuan dan tiga kali ulangan dalam pengujian ini sehingga dibutuhkan 180 ekor *L. stigma*. Aplikasi dilakukan dengan cara mencampurkan tanah dengan limbah kulit biji mete dan atau jamur *M. anisopliae* yang telah ditimbang secara merata. Perlakuan yang diuji pada uji kompatibilitas terdapat pada Tabel 3. Peubah yang diamati yaitu mortalitas, aktivitas *antifeedant* dan keberadaan *L. stigma* yang ada di permukaan tanah. Larva *L. stigma* yang digunakan dalam pengujian kompatibilitas adalah larva instar 3 akhir.

Tabel 3. Perlakuan pengujian kompatibilitas terhadap *L. stigma*

No	Perlakuan
1.	Kontrol
2.	Limbah kulit biji jambu mete dosis 300 kg/ha
3.	<i>M. anisopliae</i> asal Pasuruan kerapatan 10^9
4.	<i>M. anisopliae</i> asal Yogyakarta kerapatan 10^9
5.	Limbah biji jambu mete dosis 300 kg/ha+ <i>M. anisopliae</i> asal Pasuruan
6.	Limbah biji jambu mete dosis 300 kg/ha+ <i>M. anisopliae</i> asal Yogyakarta

3.4 Analisis Data

Analisis data pengendalian setiap pengujian (pestisida hayati, nabati dan uji kompatibilitas) dilakukan dengan menggunakan SPSS 16.00. Apabila terdapat perbedaan maka dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kesalahan 5%. Data persentase mortalitas larva yang diperoleh, dianalisis dengan analisis probit menggunakan Program Hsin Chi (1997) untuk mengetahui Median *Lethal Time* 50 (LT₅₀).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik *M. anisopliae* Setiap Isolat

Hasil pengamatan mikroskopis pada setiap isolat menunjukkan bahwa konidia berbentuk bulat silinder dan hialin. Panjang konidia pada isolat *M. anisopliae* yang berasal dari Jombang adalah 5,84 μm dan isolat dari Yogyakarta 3,44 μm . Kedua isolat tersebut yang memiliki konidia lebih panjang dari isolat lainnya. Bentuk dan konidia antar isolat menunjukkan perbedaan sehingga diduga bahwa antar isolat tersebut memiliki strain yang berbeda. Pada pengamatan makroskopis menunjukkan bahwa awal pertumbuhan konidia berwarna putih kemudian setelah beberapa hari berubah warna menjadi hijau. Setiap isolat menunjukkan perbedaan warna dan ketebalan miselium. Isolat yang berasal dari Yogyakarta memiliki warna lebih muda dan lebih tebal dibandingkan dengan isolat lainnya. Sedangkan isolat yang berasal dari Pasuruan dan Bogor memiliki warna hijau zaitun (agak tua) dan miselium terlihat lebih tipis dibandingkan dengan isolat asal Yogyakarta dan Jombang.

Diameter jamur setiap isolat pada media PDA juga menunjukkan perbedaan satu dengan yang lain. *M. anisopliae* yang berasal dari Pasuruan dan Yogyakarta mengalami pertumbuhan yang lebih cepat dari pada isolat lainnya yaitu 3,5 cm dan 2,5 cm pada hari ke 7. Sedangkan diameter pada hari ke 14 mencapai 5,06 cm dan 5,5 cm. Kerapatan jamur setiap isolat juga menunjukkan perbedaan antar isolat. Jamur yang berasal dari Malang dan Yogyakarta memiliki kerapatan yang tinggi yaitu $5,085 \times 10^9$ dan $4,68 \times 10^9$, sedangkan jamur yang berasal dari Jombang memiliki kerapatan jamur yang rendah yaitu $2,18 \times 10^9$. Karakteristik pada kelima isolat yang berasal dari daerah berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.

Menurut Barnett (1927) *M. anisopliae* memiliki konidia yang bersel satu berwarna hialin, berbentuk silindris. Konidiofor tersusun tegak, berlapis, dan bercabang dipenuhi dengan konidia. Jamur *M. anisopliae* memiliki ciri koloni berwarna hijau zaitun, panjang konidiofor mencapai 75 μm , bertumpuk-tumpuk diselubungi oleh konidia berbentuk apikal berukuran 6-9,5x1,5-3,9 μm , bercabang-cabang (Gilman, 1959; Barnet, 1969).

Tabel 4. Morfologi isolat *M. anisopliae*

Asal Isolat Jamur <i>M. anisopliae</i>	Ukuran konidia P _x L(μm)	Diameter 7 hari (cm)	Diameter 14 hari (cm)	Kerapatan jamur (...x10 ⁹)	Gambar Konidia <i>M. anisopliae</i>	Gambar Isolat <i>M. anisopliae</i>
Pasuruan	2,74x1,43	3,5	5,06	2,40		
Jombang	5,84x1,31	1,3	3,08	2,18		
Malang	2,93x1,64	2,25	3,30	5,08		
Bogor	2,76x1,64	1,9	2,20	2,70		
Yogyakarta	3,44x1,29	2,5	5,50	4,68		

4.2. Efektivitas *M. anisopliae* dalam Mengendalikan *L. stigma*

Berdasarkan hasil analisis statistik, menunjukkan bahwa isolat yang berasal dari Pasuruan dan Yogyakarta berbeda nyata terhadap mortalitas perlakuan isolat lainnya yaitu 10% dan 23,3% ($F_{5,12} = 40,16$, $P = 0,00$) (Tabel 5). Hal tersebut disebabkan berbedanya karakter morfologi dan pertumbuhan setiap jamur (Tabel 4). Isolat yang berasal dari Pasuruan dan Yogyakarta mengalami pertumbuhan lebih cepat daripada isolat lainnya yaitu dapat ditunjukkan dari diameter 2,06 cm dan 5,50 cm pada hari ke-14 setelah tanam di media PDA.

Tabel 5. Mortalitas *L. stigma* oleh *M. anisopliae*

Perlakuan asal isolat <i>M. anisopliae</i>	Rerata Mortalitas (%)±SD
Kontrol	0,00±0,00 a
Pasuruan	10,00±0,00 b
Jombang	0,00±0,00 a
Malang	0,00±0,00 a
Bogor	0,00±0,00 a
Yogyakarta	23,33±5,77 c

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin}\sqrt{x + 0,5}$ untuk keperluan analisis statistik. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%. SD: Standard Deviasi

Salah satu faktor yang menyebabkan perbedaan jamur dalam mempengaruhi mortalitas pada inangnya yaitu perbedaan karakter fisiologi pada jamur. Menurut Geden *et al.*, (1995) isolat yang virulen memiliki pertumbuhan yang lebih cepat, miselianya lebih padat dan konidia yang dihasilkan lebih tinggi. Sebaliknya isolat avirulen tumbuh lambat, sering terkontaminasi oleh bakteri, pertumbuhan miselia lebih tipis, dan jumlah konidia yang dihasilkan lebih rendah. Isolat yang konidianya berukuran lebih kecil memiliki virulensi yang lebih rendah dari pada yang berukuran lebih besar. Pada penelitian yang dilakukan Ramle *et al.* (1999) menunjukkan bahwa konidia *M. anisopliae* yang berukuran lebih panjang lebih virulen terhadap larva *Oryctes rhinoceros* dibandingkan dengan konidia yang berukuran lebih pendek.

Virulensi setiap isolat juga dipengaruhi karena perbedaan kemampuan dalam menghasilkan enzim dan mitotoksin dalam menginfeksi serangga. Isolat yang virulen memiliki aktivitas enzim yang lebih tinggi dibandingkan dengan isolat yang avirulen (Tanada & Kaya, 1993). Samson *et al.*, (1988) juga menyatakan bahwa toksin yang dihasilkan jamur dapat menyebabkan terjadinya lisis pada integumen serangga yang tersusun dari protein dan kitin. Kerapatan konidia jamur patogen juga mempengaruhi mortalitas serangga. Semakin tinggi kerapatan konidia, semakin tinggi juga mortalitasnya. Jenis serangga yang berbeda-beda mempengaruhi kerapatan optimal pada jamur entomopatogen (Prayogo *et al.*, 2005). Asal inang dari jamur juga berpengaruh terhadap efektifnya jamur dalam mengendalikan serangga. Feng *et al.*, (1994) menyatakan bahwa virulensi jamur entomopatogen sangat ditentukan oleh asal isolatnya. Jamur yang diinokulasikan pada inang yang sama seperti sebelumnya atau yang memiliki hubungan dekat dengan serangga inangnya akan menunjukkan virulensi yang tinggi. Pada percobaan sebelumnya yang telah

dilakukan oleh Achadian (2014) bahwa jamur yang berasal dari Pasuruan merupakan jamur entomopatogenik yang spesifik terhadap *L. stigma*. Pengujian dengan dosis 100 kg/ha dalam bentuk granuler dapat menekan populasi *L. stigma* hingga 40%. Isolat jamur yang berasal dari Yogyakarta pada penelitian sebelumnya dapat menyebabkan mortalitas *L. stigma* instar tiga 50% (LC₅₀) dengan kerapatan 1,27x10⁶ konidia/gram tanah selama 107 hari (LT₅₀) (Harjaka *et al.*, 2011).

Gejala infeksi pada *L. stigma* yang disebabkan oleh *M. anisopliae* adalah mati dalam keadaan kaku, berwarna putih, dan tidak berbau. Hal tersebut terjadi karena semua jaringan dan cairan dalam tubuh serangga habis diserap oleh jamur, sehingga serangga mati dengan tubuh mengeras seperti mumi. Hifa tumbuh keluar permukaan serangga melalui spirakel, mulut dan membran intersegmen (Kershaw *et al.*, 1999). *M. anisopliae* yang telah tumbuh berubah menjadi hijau ketika konidia sudah masak (Gambar 10). Perubahan warna dari awal ditemukannya *L. stigma* yang diselubungi jamur berwarna putih hingga berwarna hijau kurang lebih selama 3-4 hari (Gambar Lampiran 2).



Gambar 10. *L. stigma* yang terinfeksi *M. anisopliae*, A). larva sehat, B). larva yang terinfeksi jamur *M. anisopliae* asal Pasuruan 9 hsa, C). larva yang terinfeksi jamur *M. anisopliae* asal Yogyakarta 9 hsa

Jamur entomopatogen membutuhkan waktu untuk kemapanan dan tahapan infeksi terhadap inangnya sehingga hasil pengendalian tidak segera dapat dilihat (Mazodze & Zvoutete, 1999). Keadaan lingkungan juga menjadi salah satu faktor dalam pertumbuhan jamur *M. anisopliae*. Suhu ruang di tempat penyimpanan percobaan *L. stigma* yaitu 30°C, sedangkan menurut Prayogo (2005) dan Burgner (1998) suhu optimum pertumbuhan jamur adalah 22-27° C dengan batasan suhu untuk pertumbuhan jamur antara 25-35°C dan suhu pada waktu infeksi berkisar antara 23-25°C. Rerata kelembaban pada tempat

pemeliharaan serangga uji yaitu 67% sedangkan menurut Bidochka *et al.*, (2000) kelembaban optimum adalah di atas 90%. Virulensi jamur akan semakin menurun jika kelembaban udara juga menurun. Pada kelembaban udara kurang dari 86%, virulensi jamur akan terus menurun.

4.3. Efektivitas Pestisida Nabati dalam Mengendalikan *L. stigma*

4.3.1. Pengaruh Pestisida Nabati terhadap Mortalitas *L. stigma*

Hasil dari percobaan pestisida nabati limbah kulit biji mete dan limbah biji mimba dengan berbagai dosis (200, 250, 300 kg/ha) pada Tabel 6 menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh terhadap mortalitas *L. stigma* ($F_{6,14}=1,44$, $P=0,27$). Pemberian limbah kulit biji mete 300 kg/ha menyebabkan mortalitas 6,67%, sedangkan pada pemberian limbah kulit biji mete dan limbah biji mimba dengan dosis 200 kg/ha menyebabkan mortalitas 3,33%.

Tabel 6. Mortalitas *L. stigma* oleh pestisida nabati

Perlakuan	Rerata Mortalitas (%)±SD
Kontrol	0,00±0,00
Limbah kulit biji mete 200 kg/ha	3,33±5,77
Limbah kulit biji mete 250 kg/ha	0,00±0,00
Limbah kulit biji mete 300 kg/ha	6,67±5,77
Limbah biji mimba 200 kg/ha	3,33±5,77
Limbah biji mimba 250 kg/ha	0,00±0,00
Limbah biji mimba 300 kg/ha	0,00±0,00

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin}\sqrt{x+0,5}$ untuk keperluan analisis statistik.
SD: Standard Deviasi

Pada limbah kulit biji mete mengandung asam anakardat yang bersifat menolak serangga dan merupakan senyawa anti makan sehingga tidak langsung berpengaruh dalam menyebabkan mortalitas pada *L. stigma*. Metode pengaplikasian yaitu dengan menaburkan pestisida nabati di sekitar pakan menyebabkan kurang efektif dalam menyebabkan mortalitas larva *L. stigma*.

4.3.2. Pengaruh Pestisida Nabati terhadap Aktivitas *Antifeedant L. stigma*

Hasil analisis ragam pada Tabel Lampiran 4 menunjukkan bahwa pemberian pestisida nabati limbah kulit biji mete berpengaruh terhadap aktivitas *antifeedant L. stigma*. Pemberian pestisida nabati menunjukkan pengaruh signifikan pestisida nabati terhadap aktivitas makan yaitu pada 7 hsa ($F_{5,12}=5,63$, $P=0,01$), 14 hsa ($F_{5,12}=4,70$, $P=0,01$), 21 hsa ($F_{5,12}=7,32$, $P=0,00$), sedangkan pada 28 hsa tidak menunjukkan adanya pengaruh ($F_{5,12}=2,90$, $P=0,06$). Setiap

dosis yang diberikan juga memberikan pengaruh pada *L. stigma*. Penghambatan aktivitas makan *L. stigma* setiap pekannya mengalami fluktuatif. Hasil persentase aktivitas *antifeedant* pada Tabel 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis yang diaplikasikan maka persentase *L. stigma* yang tidak makan semakin meningkat. Sementara itu pemberian limbah kulit biji mimba menunjukkan tidak adanya pengaruh terhadap aktivitas *antifeedant*. Pemberian kulit biji mete dengan dosis 250 dan 300 kg/ha menunjukkan 24,76% dan 69,05% *L. stigma* tidak makan, yang terjadi hari ke 14 setelah aplikasi. Secara umum semakin besar dosis yang diberikan maka menyebabkan penurunan aktivitas makan juga semakin meningkat.

Tabel 7. Aktivitas *antifeedant* *L. stigma* oleh pestisida nabati

Perlakuan	Aktivitas <i>Antifeedant</i> (%)±SD			
	7hsa	14 hsa	21 hsa	28 hsa
Lkb Mete (200 kg/ha)	30,56±12,11 b	2,38±41,85 a	8,33±7,22 a	16,67±15,28 abc
Lkb Mete (250 kg/ha)	27,31±14,19 b	24,76±31,34 ab	41,67±19,09 b	27,62±16,56 bc
Lkb Mete (300 kg/ha)	22,22±22,22 ab	69,05±17,98 b	45,83±36,08 b	34,76±18,42 c
Lb Mimba (200 kg/ha)	-11,57±0,80 a	-17,14±11,55 a	-12,50±0,00 a	-14,29±24,74 a
Lb Mimba (250 kg/ha)	0,00±0,00 a	-19,05±16,50 a	-16,67±7,22 a	-9,52±16,50 ab
Lb Mimba (300 kg/ha)	-3,24±13,63 a	-23,81±21,82 a	-4,17±7,22 a	-7,62±32,11 ab

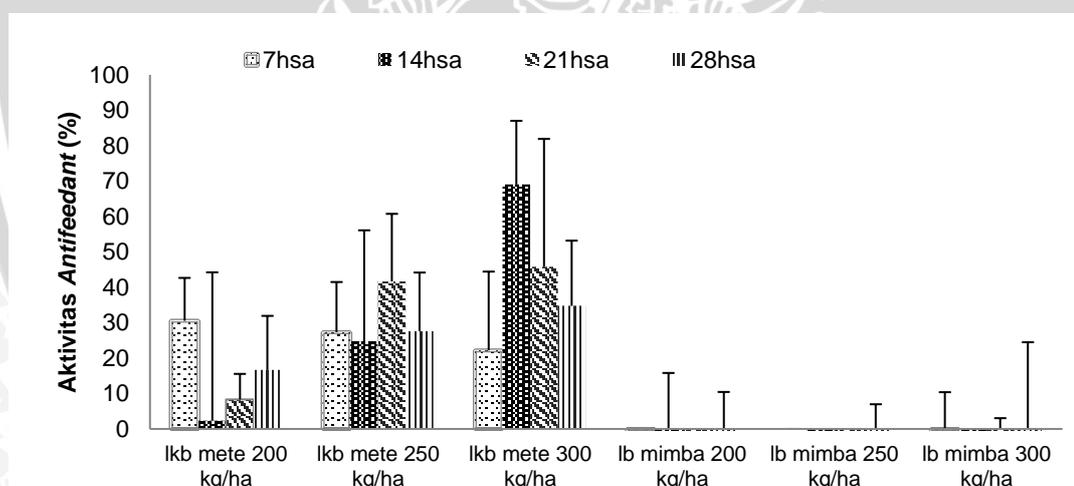
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%. HSA: Hari Setelah Aplikasi; lkb: limbah kulit biji; Lb: Limbah biji; SD: Standard Deviasi.

Pemberian pestisida nabati limbah kulit biji mete 250 dan 300 kg/ha sangat berpengaruh pada aktivitas *antifeedant* *L. stigma*, sedangkan hasil analisis pada kontrol dan pemberian limbah biji mimba menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Diduga pada dosis yang rendah limbah biji mimba berperan sebagai penstimuli makan terhadap *L. stigma*. Senyawa bioaktif *antifeedant* bersifat tidak membunuh, mengusir, atau menjerat serangga hama, tetapi bersifat menghambat makan (antimakan) saja. Senyawa *antifeedant* dapat menghambat secara sementara maupun permanen, tergantung potensi zat tersebut (Reddy *et al.*, 2009). Komponen utama penyusun CNSL terdiri atas senyawa asam anakardat, kardanol, dan kardol yang merupakan senyawa fenol alami (Corporation, 2005).

Hasil penelitian Muzayyinah (2010) mengemukakan bahwa limbah kulit biji jambu mete (*A. occidentale*) mengandung asam anakardat yang bersifat menolak serangga (*repellent*) dan senyawa *antifeedant*. Pada penelitian Syam

(2006) ekstrak buah maja yang mengandung polifenol dapat menekan serangan penggerek buah kakao *Onophomorpha cramerella* dengan intensitas serangan hanya sebesar 2,85%. Perubahan perilaku *L. stigma* setelah pemberian pestisida nabati diduga disebabkan karena pemberian pestisida nabati yang memiliki zat yang tidak disukai oleh *L. stigma*. Pada beberapa senyawa fenol memiliki fungsi sebagai *antifeedant* (penolak makan) serangga namun dapat juga berperan sebagai penstimuli makan pada serangga lain (Yunita *et al.*, 2009).

Hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 10) setiap pengamatan pada perlakuan menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antar hari pengamatan. Pemberian limbah kulit biji mete dengan berbagai dosis menunjukkan bahwa *L. stigma* yang tidak makan lebih banyak dibandingkan dengan pemberian limbah biji mimba dan kontrol (Gambar 11). Pada 28 hsa secara umum jumlah *L. stigma* yang tidak makan semakin sedikit hal tersebut dikarenakan senyawa asam anakardat sebagai zat *antifeedant* memiliki jangka waktu tertentu dalam mempengaruhi aktivitas makan *L. stigma*.



Gambar 11. Pestisida nabati terhadap aktivitas *antifeedant* *L.stigma*

4.4. Hasil Uji Kompatibilitas Jamur *M. anisopliae* dan Pestisida Nabati

4.4.1. Pengaruh Jamur *M. anisopliae* dan Pestisida Nabati terhadap Mortalitas *L. stigma*

Hasil analisis sidik ragam pada uji kompatibilitas pada Tabel Lampiran 5 menunjukkan adanya pengaruh terhadap mortalitas *L. stigma* pada 7 hsa ($F_{5,12}=12,93$, $P=0,00$), 14 hsa ($F_{5,12}=18,95$, $P=0,00$), 21 hsa ($F_{5,12}=24,58$, $P=0,00$), dan 28 hsa ($F_{5,12}=38,06$, $P=0,00$). Pemberian pestisida nabati (limbah kulit biji

mete 300 kg/ha) yang dicampurkan dengan media tanah menyebabkan mortalitas hingga sebesar 96,67% (Tabel 8). Sementara itu pemberian jamur *M. anisopliae* dari Pasuruan dan Yogyakarta menyebabkan mortalitas berturut-turut 13,33% dan 26,67%. Pengendalian dengan cara pencampuran jamur *M. anisopliae* dengan limbah kulit mete menunjukkan pengaruh mortalitas yang tidak signifikan yaitu 10% pada hari ke 28 setelah aplikasi. Pencampuran limbah kulit biji mete dengan jamur asal Pasuruan mengakibatkan mortalitas 3,33% larva terinfeksi jamur dan 6,67% mati dalam keadaan busuk. Sementara itu campuran limbah kulit biji mete dengan jamur asal Yogyakarta menunjukkan mortalitas 10% akibat dari terinfeksi jamur. Diduga jamur asal Pasuruan lebih mudah terdegradasi oleh senyawa fenol pada limbah kulit biji mete daripada jamur asal Yogyakarta. Hal tersebut dikarenakan senyawa fenol yang terkandung dalam limbah kulit biji mete dapat bertindak sebagai racun yang menghambat pertumbuhan ataupun membunuh jamur patogen serangga (Bandopadhyay, 2002).

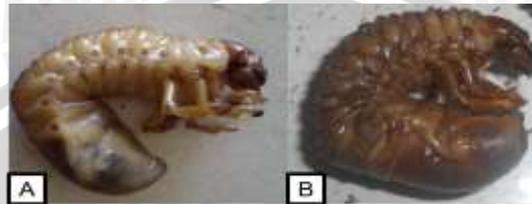
Tabel 8. Persentase mortalitas uji kompatibilitas

Perlakuan	Mortalitas <i>L. stigma</i> (%)±SD			
	7 hsa	14 hsa	21 hsa	28 hsa
Kontrol	0,00±0,00 a	0,00±0,00 a	0,00±0,00 a	0,00±0,00 a
Lkb Mete (300 kg/ha)	76,67±23,09 b	90,00±10,00 c	96,67±5,77 c	96,67±5,77 c
Isolat Jamur asal Pasuruan (M1)	3,33±5,77 a	6,67±5,77 ab	10,00±10,00 ab	13,33±15,28 ab
Isolat Jamur asal Yogyakarta (M5)	10,00±10,00 a	16,67±11,55 b	20,00±10,00 b	26,67±15,28 b
Lkb Mete 300 kg/ha+M1	3,33±5,77 a	10,00±10,00 ab	10,00±10,00 ab	10,00±0,00 ab
Lkb Mete 300 kg/ha+M5	3,33±5,77 a	6,67±5,77 ab	6,67±5,77 ab	10,00±0,00 ab

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin}(\sqrt{x + 0,5})$ untuk keperluan analisis statistik. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%; hsa: hari setelah aplikasi; lkb: limbah kulit biji; SD: Standard Deviasi.

Pada penelitian yang telah dilakukan Muzayyinah (2010) melaporkan bahwa ekstrak kulit biji mete dengan pelarut air dapat mematikan larva kumbang *Anthonomus rubi* yang menyerang stroberi. Atmajaya dan Wahyono (2006) juga mengemukakan bahwa penyemprotan ekstrak kulit biji jambu mete pada bibit jambu mete dengan konsentrasi 20% menyebabkan kematian hama *Helopeltis antonii* hingga 97%. Larva *L. stigma* mengalami kematian akibat pemberian limbah kulit biji mete dengan ciri-ciri yang ditemukan adalah berubah warna menjadi kecoklatan dan berubah menjadi hitam, lembek, dan berbau seperti yang

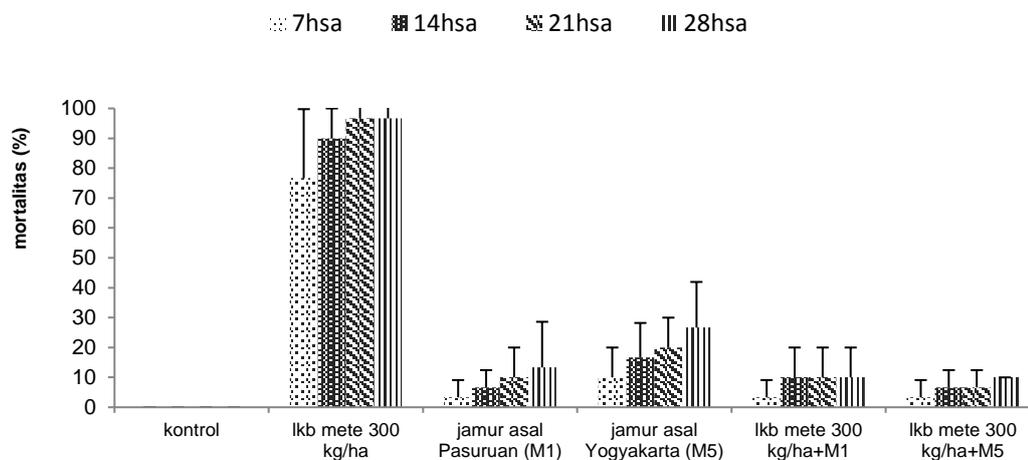
terlihat pada Gambar 12B. Menurut Hung dan Boucias (1996) perubahan warna hitam atau melanisasi tersebut akibat dari aktivitas enzim phenoloksidae. Enzim tersebut berperan dalam proses penyembuhan luka, sklerotisasi kutikula, dan berperan dalam proses melanisasi terhadap benda asing yang masuk ke dalam tubuh.



Gambar 12. Kenampakan *L. stigma*. A). larva sehat, B). larva setelah terkena limbah kulit biji mete

Menurut Lisdianita (2010) ekstrak daun jarak pagar (*Jathropa curcas*) yang mengandung polifenol dapat mengakibatkan mortalitas ulat *Helicoverpa armigera* sebesar 20% di Nusa Tenggara Barat dan 33,33% di Sulawesi Selatan. Hasil analisis senyawa fenol menunjukkan limbah kulit biji mete mengandung sebesar $1,276 \pm 0,02$ ppm senyawa fenol (Gambar Lampiran 1) yang dapat menyebabkan mortalitas tinggi 96,67% pada dosis 300 kg/ha pada hari ke-21 setelah aplikasi. Qadeer dan Rehan (1998) mengemukakan bahwa fenol merupakan senyawa yang bersifat toksik dan korosif terhadap kulit (iritasi) pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kematian pada organisme.

Hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 11) perlakuan setiap pengamatan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan pada setiap pengamatan (7, 14, 21 dan 28 hsa) semua perlakuan. Pemberian campuran limbah kulit biji mete 300 kg/ha dengan jamur asal Pasuruan menunjukkan mortalitas yang konstan setelah 14 hsa, sementara itu pemberian jamur asal Pasuruan dan Yogyakarta tetap ada peningkatan pada setiap pekannya (Gambar 13).



Gambar 13. Efektivitas kompatibilitas terhadap mortalitas *L. stigma*

Kombinasi antara limbah kulit biji mete dan jamur tidak efektif dalam mengendalikan *L. stigma* karena terdapat mekanisme senyawa fenol sebagai antifungi yang berinteraksi dengan dinding sel jamur, pada kadar yang rendah akan mendenaturasi protein dan pada kadar yang tinggi akan menyebabkan koagulasi protein sehingga sel akan mati (Siswandono & Soekardjo, 1995). Menurut Kannan *et al.*, (2009) dan Prithviraj *et al.*, (1997) asam anakardat pada kulit biji jambu mete dapat berperan sebagai antifungi atau fungisida secara in vitro. Duke (1985) dan Vickery & Vickery (1981) mengemukakan bahwa senyawa fenolat dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan menghambat sintesis asam amino dan fenilalanin amonialisasi, sehingga mengganggu respirasi sel.

Davidson dan Branen (1981) mengatakan bahwa senyawa antimikroba fenol meliputi reaksi dengan membran sel yang menyebabkan meningkatnya permeabilitas membran sel dan mengakibatkan hilangnya isi sel, inaktivasi enzim-enzim esensial dan kerusakan atau inaktivasi fungsional materi genetik dan bekerja sebagai penghidrolisis lipid, sehingga merusak membran sel. Hasil penelitian Ishida *et al.*, (2006) menunjukkan bahwa salah satu senyawa fenol (tanin) dapat menghambat pertumbuhan jamur *C. albicans* dengan mempengaruhi integritas dinding sel jamur karena berikatan dengan makromolekul seperti protein dan polisakarida, menurunkan kemampuan melekat sel eukariot dengan permukaan, menghambat pembentukan *germ tube*, dan menstimulasi fagositosis (Ishida, 2006).

Pestisida nabati limbah kulit biji mete 300 kg/ha dapat mengendalikan 50% populasi larva *L. stigma* selama 3 hari. Sementara itu pemberian jamur *M. anisopliae* berasal dari Pasuruan dan Yogyakarta membutuhkan waktu berturut-turut 236 dan 117 hari untuk mengendalikan 50% larva *L. stigma*. Sedangkan LT_{50} dari uji kompatibilitas antara jamur asal Pasuruan dan Yogyakarta dengan limbah kulit biji mete 300 kg/ha lebih lama dari pada pestisida tunggal yaitu selama 787 dan 1014 hari yang menunjukkan bahwa kedua senyawa tersebut tidak efektif dalam mengendalikan larva *L. stigma* instar 3 (Tabel 9). Faktor yang menyebabkan LT_{50} pada jamur lebih lama dari pada pestisida nabati, dikarenakan jamur membutuhkan waktu dan keadaan lingkungan yang mendukung untuk inokulasi hingga destruksi di dalam tubuh inang untuk dapat mematikan larva. Seperti yang dikemukakan oleh Mazodze dan Zvoutete (1999) bahwa jamur entomopatogen membutuhkan waktu untuk kemapanan dan tahapan infeksi terhadap inangnya sehingga hasil pengendalian tidak segera dapat dilihat.

Tabel 9. Lethal Time 50 (LT_{50}) mortalitas uji kompatibilitas

Perlakuan	Persamaan Regresi	LT_{50} (Hari)
Lkb Mete (300 kg/ha)	$y=4,03+2,01x$	3
Isolat Jamur asal Pasuruan (M1)	$y=2,13+1,21x$	236
Isolat Jamur asal Yogyakarta (M5)	$y=2,82+1,06x$	117
Lkb Mete 300 kg/ha+M1	$y=2,61+0,83x$	788
Lkb Mete 300 kg/ha+M5	$y=2,47+0,84x$	1014

4.4.2. Pengaruh Jamur *M. anisopliae* dan Pestisida Nabati terhadap Aktivitas Antifeedant *L. stigma*

Hasil analisis sidik ragam pada Tabel Lampiran 6 menunjukkan bahwa pemberian jamur dan limbah kulit biji mete dapat mempengaruhi terhadap aktivitas antifeedant pada *L. stigma* 7 hsa ($F_{4,10}=4,44$, $P=0,03$), 14 hsa ($F_{4,10}=21,04$, $P=0,00$), 21 hsa ($F_{4,10}=14,47$, $P=0,00$), dan 28 hsa ($F_{4,10}=6,31$, $P=0,00$). Aktivitas antifeedant dapat diketahui melalui kondisi pakan *L. stigma*. *L. stigma* mengalami penurunan aktivitas makan rata-rata mulai terjadi pada 14 hsa (Tabel 10). Pada perlakuan pemberian limbah kulit biji mete menunjukkan bahwa pakan dalam keadaan utuh sebesar 100%, sedangkan pada perlakuan pencampuran limbah kulit biji mete dengan jamur *M. anisopliae* menunjukkan aktivitas antifeedant 18,52% pada hari ke-21 setelah aplikasi.

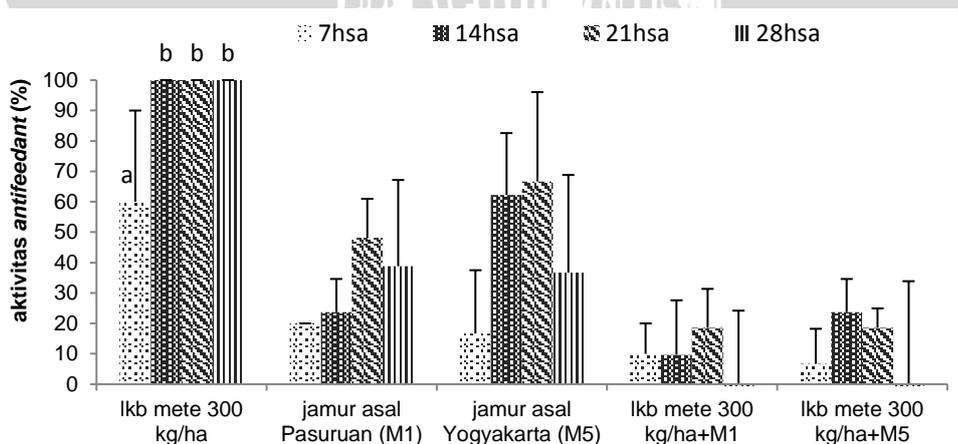
Tabel 10. Persentase aktivitas *antifeedant* *L. stigma* pada uji kompatibilitas

Perlakuan	Aktivitas <i>Antifeedant</i> (%)±SD			
	7 hsa	14 has	21 hsa	28 hsa
Lkb Mete (300 kg/ha)	60,00±30,00 b	100,00±0,00 c	100,00±0,00 c	100,00±0,00 b
Jamur asal Pasuruan (M1)	20,00±0,00 a	23,70±10,91 a	48,15±12,83 ab	38,81±28,36 a
Jamur asal Yogyakarta (M5)	16,67±20,82 a	62,22±20,37 b	66,67±29,40 b	36,67±32,15 a
Lkb Mete 300 kg/ha+M1	10,00±10,00 a	9,63±17,96 a	18,52±12,83 a	-15,24±39,42 a
Lkb Mete 300 kg/ha+M5	6,67±11,55 a	23,70±10,91 a	18,52±6,42 a	-5,60±39,47 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%; hsa: Hari Setelah Aplikasi; lkb: limbah kulit biji; SD: Standar Deviasi

Muzayyinah (2010) mengemukakan bahwa limbah kulit biji jambu mete (*A. occidentale*) mengandung asam anakardat yang bersifat menolak (*repellent*) dan *antifeedant* bagi serangga. Sementara itu tanda-tanda larva yang telah terinfeksi jamur *M. anisopliae* salah satunya adalah larva menjadi gelisah, gerakan semakin melambat/lemas, kurang aktif, aktivitas makan menurun dan kehilangan kemampuan koordinasi (Prayogo, 2005).

Hasil analisis ragam perlakuan pada setiap pengamatan (Tabel Lampiran 11) menunjukkan aktivitas *antifeedant* perlakuan pemberian limbah kulit biji mete 300 kg/ha pada setiap pengamatan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada 14 hsa ($F_{3,8} = 11,85, P = 0,00$). Sementara pada perlakuan lainnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada setiap pengamatan. Secara umum jumlah *L. stigma* yang tidak makan semakin meningkat hingga 21 hsa kemudian mengalami penurunan pada 28 hsa (Gambar 14).



Keterangan: Huruf yang sama pada setiap perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5% antara hari setelah aplikasi.

Gambar 14. Aktivitas *antifeedant* *L. stigma* pada uji kompatibilitas

4.4.3. Pengaruh Jamur *M. anisopliae* dan Pestisida Nabati terhadap Keberadaan *L. stigma*

Hasil pengamatan keberadaan larva *L. stigma* yang berada di permukaan tanah ditunjukkan pada Tabel 11 sedangkan untuk hasil analisis sidik ragam terdapat pada Tabel Lampiran 7. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pada hari ke 7 yaitu ($F_{5,12}= 1,72$, $P= 0,21$), 14 hsa ($F_{5,12}= 0,66$, $P= 0,66$) dan 21 hsa ($F_{5,12}= 1,51$, $P= 0,26$) tidak berpengaruh terhadap keberadaan *L. stigma*. Sementara itu pada hari ke-28 setelah aplikasi menunjukkan adanya pengaruh terhadap keberadaan *L. stigma* di permukaan tanah ($F_{5,12}=3,42$, $P=0,04$). Tabel 11 menunjukkan bahwa hanya perlakuan pemberian jamur dari Yogyakarta menunjukkan dominansi keberadaan *L. stigma* di atas yaitu 30,36%. Sementara itu pada perlakuan campuran limbah kulit biji mete dan jamur dari Pasuruan menunjukkan 33,33% *L. stigma* berada di permukaan tanah pada 28 hsa. Pemberian limbah kulit biji mete saja tidak mempengaruhi keberadaan *L. stigma* yang hanya 6,67% berada di permukaan tanah pada 28 hsa.

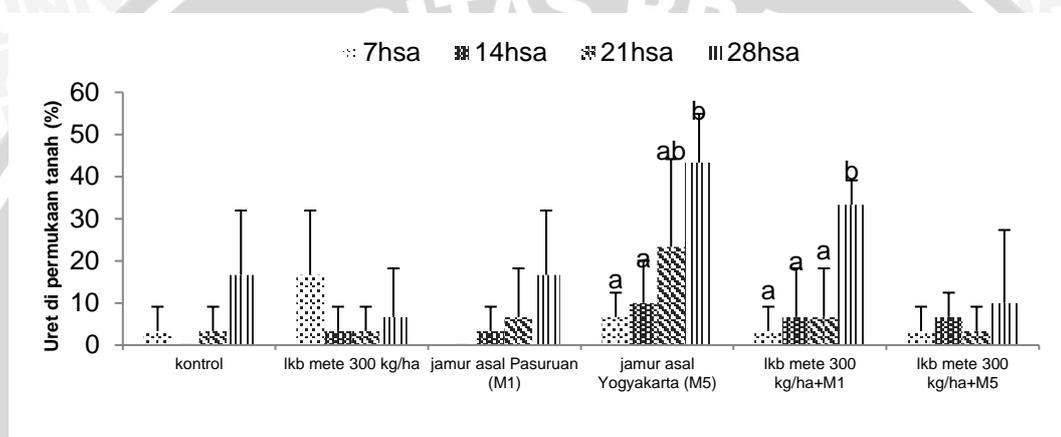
Priyanti (2009) mengemukakan bahwa serangga yang mati karena jamur entomopatogen akan naik ke permukaan atas tanah. Gejala tersebut dikenal dengan istilah *summit disease*. Hal tersebut dilakukan untuk menyelamatkan populasi lain yang masih sehat. Hasil pengamatan yang telah dilakukan di lapangan, serangga yang telah terinfeksi seringkali bergerak ke tempat yang lebih tinggi menjauhi permukaan tanah.

Tabel 11. Keberadaan *L. stigma* di permukaan tanah pada uji kompatibilitas

Perlakuan	% <i>L. stigma</i> yang berada di bawah (dalam tanah)				
	7HSA	14HSA	21HSA	28HSA	
Kontrol	3,33±5,77	0,00±0,00	3,33±5,77	16,67±15,28	ab
Lkb Mete (300 kg/ha)	16,67±15,28	3,33±5,77	3,33±5,77	6,67±11,55	a
Jamur asal Pasuruan (M1)	0,00±0,00	3,33±5,77	6,67±11,55	16,67±15,28	ab
Jamur asal Yogyakarta (M5)	6,67±5,77	10,00±10,00	23,33±20,82	43,33±11,55	c
Lkb Mete 300 kg/ha+M1	3,33±5,77	6,67±11,55	6,67±11,55	33,33±5,77	bc
Lkb Mete 300 kg/ha+M5	3,33±5,77	6,67±5,77	3,33±5,77	10,00±17,32	ab

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin}\sqrt{x+0,5}$ untuk keperluan analisis statistik. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%; HSA: Hari Setelah Aplikasi; lkb: Limbah Kulit Biji

Hasil analisis ragam pada perlakuan pemberian jamur asal Yogyakarta signifikan di setiap pengamatan ($F_{3,8} = 4,75$, $P = 0,03$). Perlakuan campuran limbah kulit biji mete 300 kg/ha dan jamur asal Pasuruan juga menunjukkan perbedaan pada 28 hari setelah aplikasi ($F_{3,8} = 7,03$, $P = 0,01$), sementara itu perlakuan yang lain pada setiap pengamatan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Gambar 15). Pada perlakuan pemberian jamur *M. anisopliae* asal Yogyakarta menunjukkan larva yang berada di permukaan tanah lebih banyak dibandingkan perlakuan lainnya. Secara umum jumlah larva yang berada di permukaan tanah bertambah pada setiap pengamatan.



Gambar 15. Keberadaan *L. stigma* di permukaan tanah pada uji kompatibilitas

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi pestisida hayati yang berasal dari 5 lokasi yang berbeda menunjukkan pengaruh mortalitas yang berbeda. Isolat jamur yang berasal dari Pasuruan dan Yogyakarta menyebabkan mortalitas berturut-turut 10% dan 23,3% sedangkan isolat jamur yang berasal dari Malang, Bogor dan Jombang tidak mempengaruhi mortalitas *L. stigma*.
2. Aplikasi pestisida nabati limbah kulit biji mete dengan menaburkan di sekitar pakan tidak mempengaruhi mortalitas *L. stigma* tetapi berpengaruh terhadap perilaku *L. stigma* yaitu aktivitas *antifeedant* yang dilihat dari keutuhan pakan. Pemberian limbah kulit biji mete menyebabkan 69,05% *L. stigma* tidak melakukan aktivitas makan pada pekan ke-2, sedangkan limbah biji mimba tidak mempengaruhi terhadap aktivitas *antifeedant* *L. stigma*.
3. Hasil uji kompatibilitas pemberian jamur *M. anisopliae* dan limbah kulit biji mete 300 kg/ha mempengaruhi mortalitas sebesar 10%, aktivitas *antifeedant* (banyak *L. stigma* yang tidak makan) 18,52% pada 21 hsa. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian limbah kulit biji mete dan jamur secara bersamaan menyebabkan tidak efektif dalam pengendalian (tidak kompatibel).

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Pengujian pengendalian *L. stigma* dengan pemberian pestisida hayati dan nabati dapat diamati hingga pergantian instar untuk mengetahui pengaruh terhadap pertumbuhan *L. stigma*.
2. Pada pengujian *antifeedant* sebelum diaplikasikan larva *L. stigma* tidak diberi makan hingga seminggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Achadian, E.M., 2014. Pengendalian Terpadu Hama Terpadu Uret di Wilayah PTPN X. Laporan Kerjasama. Pasuruan: tidak dipublikasikan Kerjasama P3GI dengan PTPN X.
- Achadian, E.M. Kristini, A., Magarey, R., Sallam, N., P, Samson., R, Goebel F., K, Lonie. 2011. Hama dan Penyakit Tebu. Westminster Printing.
- Alfarisi, R.M., 2014. Pengaruh Tekstur dan Kelembabab Tanah terhadap Populasi Larva *Lepidiota stigma* pada Pertanaman Tebu di Kabupaten Sleman. Skripsi. Yogyakarta: Perpustakaan Pusat UGM Universitas Gadjah Mada
- Alford, A.R., & M.D., Bentley. 1994. Citrus Limoids as Potential Antifeedant for the Spuce Bodworm (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ Entomol, 79:35-38
- Alimin. 2013. Pengendalian Uret Tebu di Kabupaten Bondowoso. Diunduh dari <http://ditjenbun.pertanian.go.id/perlindungan/berita-210-pengendalian-uret-tebu-di-kabupaten-bondowoso.html>. Pada tanggal 13 Januari 2016.
- Alimin, Martono, E. & Witjaksono. 2014. Penentuan ALE dan AE Larva *Lepidiota stigma* pada Tanaman Tebu. Jurnal Teknosains, 3(2):81-166.
- Asmaliyah., Etik E.W., Utami, S., Mulyadi, K., Yudhistira. & Sari, F.W., 2010. Pengenalan Tumbuhan Penghasil Pestisida Nabati dan Pemanfaatannya Secara Tradisional. Palembang: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Asogwa, E.U., Mokwunye, I.U., Yahaya, L.E., & A. Ajao. 2007. Evaluation of Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) as a Potential Natural Insecticide Against Termites (Soldiers and Workers Castes). Medwell Journals, 2(9):939-942.
- Atmajaya, W.R. & Wahyono, T.E. 2006. Pengaruh Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) terhadap Mortalitas *Heleopeltis antonii* pada Bibit Jambu Mete. Buletin Littro, 17 Februari. 66-71.
- Bandopadhyay, A.K. 2002. A Current Approach To the Management of Root Disease in Bast Fibre Plants with Conservation of Natural and Microbial Agents. Journal Mycopath, 40:57-62.
- Barnet, H.L. 1969. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 2nd ed. Minneapolis: Burgess Publishing Company.
- Basle. 1985. Field Trial Manual. Switzerland: Ciba Geigy.
- Bedjo, Arifin, M., Rahayu, M. & Sumartini. 2000. Pemanfaatan Nuclear Polyhedrosis Virus, *Bacillus thuringiensis* dan *Metarhizium anisopliae* sebagai Biopestisida untuk Pengendalian Hama Kedelai. Laporan Hasil Penelitian The Participatory Development of Agriculture Technology Project (PAATP). Balitkabi.
- Benge, M.D. 1986. Neem the Cornucopia Tree an Agroforestation Technical Series 5. Agency for International Development Washington.
- Bidochka, M.J., Kamp, A.M. & Decroos, J.N.A. 2000. Insect Pathogenic Fungi: from Genes to Populations. Fungal Pathol, 42:171-193.

- Bischoff, J.F., Rehner, S.A. & Humber, R.A. 2009. A Multilocus Phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* Lineage. *Mycologia*, 101:512-530.
- Brousseau, C., Charpentier, G. & Belloncik, S. 1996. Susseptibility of Spruce Budworm, *Choristoneura fumiferana* Clemens, to Destruxins, Cyclodepsipeptidic Mycotoxin of *Metarhizium anisopliae*. *Journal Invertebrata Pathology*, 68:180-182.
- Burgner, D., Eagles, G., Burgess, M., Procopis, P., Rogers, M., Muir, D., Pritchard, R., Hocking, A. & Priest, M. 1998. Disseminated Invasive Infection Due to *Metarrhizium anisopliae* in an Immunocompromised Child . *Journal of Clinical Microbiology*, 1146-1150.
- Cahyaningrum, A., Titik, S. & Adrian N. 2006. Ekstraksi Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) dari Kulit Biji Mete. *Jurnal Ekuilibrium*, 5(1):40-45
- Corporation, C. 2005. Test Plan for Cashew Nut Shell Liquid. Diunduh dari <http://www.cordolite.com>. Pada tanggal 1 Agustus 2016.
- Darwiati, W. 2006. Pemanfaatan Pestisida Nabati untuk Mengendalikan Hama Uret Secara Invitro. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 3(1):257-264.
- Davidson, P.M. & Branen, A.L., 1981. Antimicrobial Activity of Non-Halogenated Phenolic Compound. *Journal of Food Prot*, 623-632.
- Ditjenbun. 2011. Kegiatan 2013 untuk Terwujudnya Swasembada Gula tahun 2014. Jakarta: Musrenbangtan.
- Ditjenbun. 2014. Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015 Tebu Sugar Cane. Jakarta: Direktorat Jendral Perkebunan.
- Duke, S.O. 1985. Biosynthesis of Phenolic Compounds, Chemical Higher Plant, the Chemistry of Allelopathy. Washington: American Chemicals Society.
- Estioko, R.V. & Banas, T. 1998. Biological Control Agents Against White Grubs of Sugarcane. In *Regional Research and Development Symposium*. Los Banos (Philippines).
- Feng, M.G., Poprawski, T.J. & Khachatourians, G.G. 1994. Formulation and Application of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* for Insect Control. *Joernal Biocontrol Science and Technology*, 4:3-34.
- Ferron, P., 1985. *Fundamental of Plant Pathology*. New York: John Willey and Sons. p.54.
- Gabriel, B.P. & Riyatno. 1989. *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. Taksonomi, Patologi, Produksi, dan Aplikasinya. Jakarta: Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan Departemen Pertanian.
- Geden, C J., A, Rutz D. & C., Steinkraus, D. 1995. Virulence of different isolats and formulations of *Beauveria bassiana* for house flies and the parasitoid *Muscidifurax raptor*. *Bio Control*, 5:615-621.
- Gilman, J.C. 1959. *A Manual of Soil Fungi*. 2nd ed. Arnes, Iowa, USA: The Iowa State University Press.
- Hanafi, C. 2012. Pengendalian Hama Uret Tebu (*Lepidiota stigma* F) secara Terpadu. Diunduh dari <http://tani45.blogspot.com>. Pada tanggal 13 Januari 2016.

- Harjaka, T., Martono, E., Witjaksono & Sunarminto, B.H. 2011. Potensi Jamur *Metarhizium anisopliae* untuk Pengendalian Uret Perusak Akar Tebu. In Semnas Pesnab IV. Jakarta.
- Harjaka, T., Wibowo, A., Wagiman, F.X. & Hidayat, M.W. 2011. Patogenesitas *Metarhizium anisopliae* terhadap Larva *Lepidiota stigma*. In Prosiding Semnas Pesnab IV. Jakarta.
- Hasnah, Sussana & Husin, S. 2012. Keefektifan Cendawan *Beauveria bassiana* Vuill terhadap Mortalitas Kepik Hijau *Nezara viridula* L. pada Stadia Nimfa dan Imago. J. Floratek, 7:13-24.
- Hung, S.Y. & Boucias, D.G. 1996. Phenoloksidase Activity in Hemolymph of Naive and *Beauveria bassiana* Infected *Spodoptera exigua* Larvae. Florida: Academic Press.
- Intari, S. & Natawiria, D. 1973. Hama Uret pada Persemaian dan Tegakan Muda. Laporan LPH No. 167. Bogor.
- Ishida, K. 2006. Influence of tannins from *Stryphnodendron adstringens* on growth and virulence factors of *C. albicans*. Journal of Antimicrobi Chemotherapy, 58:942-949.
- Jumar, 2000. Entomologi Pertanian. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pest of Crops in Indonesia. Jakarta: PT. Ichtar Baru-Van Hoeve.
- Kannan, V.R. & Sumathi, C.S. 2009. Elementary Chemical Profiling and Antifungal Properties of Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Nuts. Botany Research International, 2(4):253-257.
- Kapriyanto, Haryadi, N.T. & Hasjim, S. 2014. Patogenesitas Isolat Cendawan *Metarhizium anisopliae* Entomopatogen terhadap Larva Uret Famili Scarabaieda. Berkala Ilmiah Pertanian, 1-8.
- Kershaw, M.J., Moorhouse, E.R., Bateman, R., Reynolds, S.E., Charnley, A.K. 1999. The Role of Destruxin in the Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for Three Species of Insect. Journal of Invertebrate Pathology, 74:213-223.
- Kubo, I., Nihei, K. & Tsujimoto, K. 2003. Antibacterial Action of Anacardic Acid against Metichilin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). J Agric Food Chem, 51:7624-7628.
- Kunia, K. 2013. Natura BioResearch. Diunduh dari <https://belanatura.wordpress.com/tag/biopestisida>. Pada tanggal 27 Januari 2016.
- Kurnia, D. 1998. Efektivitas *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dan *Metarhizium anisopliae* (Metcnikoff) Sorokin Serta Kombinasi Keduanya terhadap Larva *Spodoptera litura* F (Lepidoptera: Noctuidae). Padang: Universitas Andalas.
- Lestari, H.D., Toekidjo & Harjaka, T. 2014. Tanggapan Tujuh Klon Tebu (*Saccharus officinarum* L.) terhadap Serangan Uret *Lepidiota stigma* F. Vegetalika, 3(1):79-90.

- Lestari, U.P., Triwahyuni & Honorita, B. 2013. Petunjuk Teknis Pembuatan Pestisida Nabati. Bengkulu: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP).
- Lisdianita. 2010. Pengaruh Insektisida Minyak Biji Jarak Pagar (*Jathropa curces* L.) terhadap Mortalitas Larva *Helicoverpa armigera* Hubner. Skripsi. Malang: Tidak dipublikasikan Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Mahrub, E.S., Rasdiman & Prawirodisastro, M. 1975. Biologi *Lepidiotia stigma* di Laboratorium. Yogyakarta: Fakultas Pertanian UGM.
- Manisegaran, S., Lakshmi, S.M. & Srimohanapriya, V. 2011. Field Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin against *Holotrichia serrata* (Blanch) in sugarcane. *Journal of Biopesticides*, 4 (2):190-93.
- Marheni, Hasanuddin, Pinde & Suziani, W. 2013. Uji Patogenesis Jamur *Metarhizium anisopliae* dan Jamur *Cordyceps militaris* terhadap Larva Penggerek Pucuk Kelapa Sawit (*Oryctes rhinoceros*) (Coleoptera: Scarabaeidae) di Laboratorium. Artikel Ilmiah. Medan: Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Mazodze, R. & Zvoutete, P. 1999. Efficacy of *Metarhizium anisopliae* against *Heteronychus licas* (Scarabaeidae: Dynastinae) in Sugarcane in Zymbabwe. *Crop Protection*, 18:571-575.
- McGill, N.G., Bade, G.S., Vitelli, R. & Allsopp., P.G. 2003. Imidacloprid can Reduce the Impact of the White Grub on Australian Sugarcane. *Crop Protection*, 22:1169-1176.
- Minarti, R., Melanie & Budi, I. 2008. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap *Crocidolomia pavonana* Fab. dalam Kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensia Hayati. Bandung: Lembaga Penelitian Universitas Padjajaran.
- Mordue, A.J.L. & Nisbet, A.J. 2000. Azadirachtin from the Neem Tree *Azadirachta indica*: its Action Against Insects. *An Soc Entomol*, 29, pp.615-632.
- Mulyono. 2008. Kajian Patogenisitas Candawan *Metarhizium anisopliae* terhadap Hama *Oryctes rhinoceros* L. Tanaman Kelapa pada Berbagai Teknik Aplikasi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Muzayyinah. 2010. Potensi Ekstrak Limbah Kulit Biji Mete (*Anacardium occidentale*) pada Berbagai Pelarut terhadap Daya Tahan Hama Ulat Tanah Penyerang Tanaman Stroberi di Tawangmangu. In Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi. Solo, 2010. FKIP-UNS.
- Nugraha, R.A. 2016. Info Swasembada. Diunduh dari <https://swasembada.net>. Pada tanggal 12 Oktober 2016.
- Oliveira, M.S.C., De Morais, S.M., Magalhaes, D.V., Batista, W.P., Vieira, G.P., & Craveiro, A.A. 2011. Antioxidant, Larvicidal, and Antiacetylcholinesterase Activities of Cashew Nut Shell Liquid Constituents. *Acta Tropica*, 117:165-170.

- Phani, K.P. Paramashivappa, R., Vithayathil, P.J., Rao, P.V., Subba. & Rao, S. 2002. Journal Agric Food Chem, 50:4705.
- Prayogo, Y., 2005. Potensi Kendala dan Upaya Mempertahankan Keefektifan Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan. Buletin Palawija, 53-65.
- Prayogo, Y., Tengkan, W. & Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* pada Kedelai. J. Litbang Pertanian, 24(1):19-23.
- Prithiviraj, B., Singh, U.P., Manickam, M. & Ray, A.B. 1997. Antifungal Activity of Anacardic Acid, A Naturally Occurring Derivative of Salicylic Acid. Canadian Journal of Botany, 1(75):207-211.
- Priyanti, S. 2009. Kajian Patogenitas Cendawan *Metarhizium anisopliae* pada Media Koalin untuk Pengendalian Hama *Oryctes rhinoceros*. In Prosiding Simposium I Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Pusat Penelitian. Bogor.
- Qadeer, R. & Rehan, A.H.1998. A study of the adsorption of phenol by activated carbon from aqueous solution. Turk J Chem, 26:357-361.
- Ramle, M., Basri, M.W., Mukesh, S. & Ramlah, A.A.S., 1999. Impact of *Metarhizium anisopliae* Applied by Wet and Dry Inoculum on Oil Palm Rhinoceros Beetles, *Oryctes rhinoceros*. Joernal Oil Palm Research, 11:25-40.
- Reddy, B.K., Balaji, M., Reddy, P U., Salaja, G., Vaidyanath, K., Narasimha. & G. 2009. Antifeedant and Antimicrobial Activity of *Tylophora indica*. African Journal of Biochemistry Research, 3(12):393-397.
- Roberstson, L.N. & Walker, P.W. 1996. Effect of Green-Cane Harvesting and Trash Blanketing on Numbers of Greyback Canegrub. In Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.
- Rosmini & Lasmini, R.A. 2010. Diversity of local entomopathogenic fungi as tungro virus vector and its pathogenicity against green leafhopper (*Nephotetix virescens* Distant.) in Donggala Regency). J. Agroland, 17 (3):205-212.
- Rukmana, R. & Yuniarsih. 2002. Nimba Tanaman Penghasil Pestisida Nabati. Yogyakarta: Kanesus.
- Rustama, Miranti, M., Melanie & Irawan, B. 2008. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap *Crocidolomia pavonana* Fab. dalam kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensia Hayati. In Laporan Akhir Penelitian Peneliti Muda (Litmud) UNPAD. Bandung: Fakultas MIPA UNPAD.
- Samoedi, D. 1993. Hama-hama Penting Pertanaman Tebu di Indonesia. Pasuruan: Pusat Penelitian.
- Samson, R.A., Evans, H.C. & Latge, J.P. 1988. Atlas of Entomopathogenic Fungi. Berlin, Germany: Springer-verlang.
- Sastrosiswojo, S. 2002. Kajian Sosial Ekonomi dan Budaya Penggunaan Biopestisida di Indonesia. In Lokakarya Keanekaragaman Hayati untuk Perlindungan Tanaman. Yogyakarta.

- Schrank, A. & Vainstein, M.H. 2010. *Metarhizium anisopliae* Enzym and Toxins. *Toxicon*, 56:1267-1274.
- Schumutterer, H. 1990. Properties and Potential of Natural Pesticides from Neem Tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Entomop*, 35:271-291.
- Setyaningsih, R.B. 2010. Hama Pemakan Akar Tebu *Lepidiota stigma*. Jakarta: Direktorat Perlindungan Perkebunan.
- Siswandono & Soekardjo, B. 1995. Kimia Medisinal. Surabaya: Airlangga Press.
- Sitepu, D., Kharie, S., J.S.Waroka & Matulo, H.F.J. 1988. Methods for the production and use of *Metarrhizium anisopliae* againts *Oryctes rhinoceros*. Integrated Coconut Pest Control Project. Manado: Annual Report Coconut Research Institute.
- Steinhaus, E.A. 1949. Principle of Insect Phatology. New York: Mc Graw.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch, & K.S. Hagen. 1959. The Integrated Control Concept. *Hilgardia*. 29(2):81-101
- Sudarmo, S., 2005. Pestisida Nabati, Pembuatan dan Pemanfaatannya. Jakarta: Kanisius.
- Sudarsono, H. & Pramono, S. 1998. Penggerek batang *Prionoxystes* sp. (Lepidoptera: Cossidae) pada pertanaman *Cmelina arborea* L.: Sebaran Ruang dan pengendaliannya 14 dengan *Metarhizium anisopliae*. Buletin Hama daan Penyakit Tumbuhan, 113-118.
- Suhartawan. 1995. Upaya pengendalian hama uret *Lepidiota stigma* secara mekanis di PG Madukismo. *Majalah Penelitian Gula Indonesia*, 45-53.
- Sunardi, T., Nadrawati & Ginting, S.B. 2013. Eksplorasi Entomopatogen dan Patogenisitasnya pada *Aphis craccivora* KOCH. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Suprpti, M.L. 2004. Selai dan Jambu Mete. Yogyakarta: Kanisius.
- Surtikanti & Yasin, M. 2009. Keefektifan Entomopatogenik *Beauveria bassiana* Vuill. dari Berbagai Media Tumbuh terhadap *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) di Laboratorium. In Prosiding Seminar Nasional Serelia., 2009. Balai Penelitian Tanaman Serelia.
- Syam, S. 2006. Pemanfaatan Ekstrak Buah Maja (Bignoniaceae: Crescentiacujep) dengan EMA terhadap Penggerek Buah Kakao *Conophomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae). Buletin Penelitian.
- Tanada, Y. & Kaya, H.K. 1993. Insect Pathology. California: Academic Press.
- Untung, 2006. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Venmalar, D. & Nagaveni, H.C. 2005. Evaluation of Copperised cashew nut shell liquid and neem oil as wood preservatives. Paper prepared for 36th Annual Meetingof the International Research Group on wood protection. India: Bangalore.
- Vickery, L.M. & Vickery, B. 1981. Secondary Plant Metabolism. London: The Macmillan Press Ltd.

- Widiyanti, M., N.L.P. & Muyadihardja, S. 2004. Uji Toksisitas Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. Media Litbang kesehatan, 14(3).
- Wikardi, E.A. 1980. Penggunaan *Baculovirus oryctes* dan *Metarhizium anisopliae* dalam Pengendalian Biologi *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera; Scarabaeidae). Laporan Intern Balittri.
- Wilson, G. 1969. White Grubs as Pests of Sugar Cane. In : Pests of Sugar Cane. Williams. New York: Elsevier Publishing Company.
- Wiriartmodjo, B. 1970. Hama Tebu. Pasuruan: BP3G.
- Wiriartmodjo, B. 1979. Beberapa Masalah yang Dihadapi dalam Pemberantasan Uret pada Tanaman Tebu. Buletin BP3G, 1-13.
- Yunita, J., Suprpti, N. & Hidayat, J. 2009. Ekstrak Daun Teklan (*Eupatorium riparium*) terhadap Mortalitas dan Perkembangan *Aedes aegypti*. Hioma, 11(1):11-17.
- Zahro'in, E., & Yulianto, Y. 2013. Tingkat Serangan Uret Tebu *Lepidiota stigma* F. di Propinsi Jawa Timur pada Agustus 2013. Diunduh dari <http://ditjenbun.pertanian.go.id/>. Pada tanggal 16 September 2016.
- Zahro'in, E. 2015. Si Uret Capai Madura. Artikel. Surabaya: Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Surabaya.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN



Tabel Lampiran 1. Hasil uji normalitas (Kolmogorov-Smirnov) pada setiap pengujian dan pengamatan

Pengujian	Peubah	Hari Setelah Aplikasi (HSA)	Uji Normalitas	
			KS	P
Pengendalian Hayati	Mortalitas	-	1,67	0,01
	Mortalitas	-	2,25	0,00
Pengendalian Nabati	Aktivitas <i>antifeedant</i>	7HSA	0,87	0,43
		14HSA	0,80	0,55
		21HSA	0,82	0,51
		28HSA	0,92	0,37
	Mortalitas	7HSA	1,53	0,02
		14HSA	1,54	0,02
		21HSA	1,37	0,05
		28HSA	1,23	0,10
Kompatibilitas	Aktivitas <i>antifeedant</i>	7HSA	1,07	0,20
		14HSA	0,96	0,31
		21HSA	0,74	0,65
		28HSA	0,45	0,99
	Keberadaan uret di permukaan	7HSA	1,50	0,02
		14HSA	1,58	0,01
		21HSA	1,49	0,02
		28HSA	0,93	0,35

Keterangan: Nilai P < 0,05 menunjukkan bahwa data tidak normal.

Tabel Lampiran 2. Analisis ragam pengaruh *M. anisopliae* terhadap mortalitas *L. stigma*

SK	JK	DB	KT	F hit	P.	F tab 5%
Perlakuan	0,15	5	0,30	40,16	0,00	3,11
Galat	0,01	12	0,001			
Total	0,16	17				

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin}\sqrt{x + 0,5}$; Nilai P < 0,05 menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata

Tabel Lampiran 3. Analisis ragam pengaruh pestisida nabati terhadap mortalitas *L. stigma*

SK	JK	DB	KT	F hit	P.	F tab 5%
Perlakuan	0,13	6	0,002	1,44 ^{tn}	0,27	2,85
Galat	0,20	14	0,001			
Total	0,33	20				

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin}\sqrt{x + 0,5}$; Nilai P < 0,05 menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata



Tabel Lampiran 4. Analisis ragam pengaruh pestisida nabati terhadap aktivitas *antifeedant L. stigma*

	SK	JK	DB	KT	F hit	P	Ftab 5%
7HSA	Perlakuan	4822.77	5.00	964.55	5.63	0.01	3,11
	Galat	2056.01	12.00	171.33			
	Total	6878.78	17.00				
14HSA	Perlakuan	19174.89	5.00	3834.98	4.70	0.01	3,11
	Galat	9782.30	12.00	815.19			
	Total	28957.18	17.00				
21HSA	Perlakuan	11119.79	5.00	2223.96	7.32	0.00	3,11
	Galat	3645.83	12.00	303.82			
	Total	14765.63	17.00				
28HSA	Perlakuan	6672.16	5.00	1334.43	2.90	0.06	3,11
	Galat	5525.39	12.00	460.45			
	Total	12197.56	17.00				

Keterangan: Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata

Tabel Lampiran 5. Analisis ragam uji kompatibilitas terhadap mortalitas *L. stigma*

	SK	JK	DB	KT	F hit	P	Ftab 5%
7HSA	Perlakuan	2,50	5	0,50	12,93*	0,00	3,11
	Galat	0,46	12	0,04			
	Total	2,96	17				
14HSA	Perlakuan	3,22	5	0,65	18,95*	0,00	3,11
	Galat	0,41	12	0,03			
	Total	3,63	17				
21HSA	Perlakuan	4,07	5	0,81	24,58*	0,00	3,11
	Galat	0,40	12	0,03			
	Total	4,47	17				
28HSA	Perlakuan	19027,78	5	3805,56	38,06*	0,00	3,11
	Galat	1200,00	12	100,00			
	Total	20227,78	17				

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin} \sqrt{x + 0,5}$; Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata

Tabel Lampiran 6. Analisis ragam uji kompatibilitas terhadap aktivitas *antifeedant L. stigma*

	SK	JK	DB	KT	F hit	P.	Ftab 5%
7HSA	Perlakuan	5560,00	4	1390,00	4,44*	0,03	3,48
	Galat	3133,33	10	313,33			
	Total	8693,33	14				
14HSA	Perlakuan	16419,42	4	4104,86	21,04*	0,00	3,48
	Galat	1950,62	10	195,06			
	Total	18370,04	14				
21HSA	Perlakuan	14288,07	4	3572,02	14,47*	0,00	3,48
	Galat	2469,14	10	246,91			
	Total	16757,20	14				
28HSA	Perlakuan	24993,74	4	6248,44	6,31*	0,01	3,48
	Galat	9899,06	10	989,91			
	Total	34892,81	14				

Keterangan: Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata

Tabel Lampiran 7. Analisis ragam uji kompatibilitas terhadap keberadaan *L. stigma* yang di permukaan tanah

	SK	JK	DB	KT	F hit	P.	Ftab 5%
7HSA	Perlakuan	0,06	5	0,01	1,72 ^{tn}	0,21	3,11
	Galat	0,08	12	0,01			
	Total	0,14	17				
14HSA	Perlakuan	0,02	5	0,01	0,66 ^{tn}	0,66	3,11
	Galat	0,07	12	0,01			
	Total	0,09	17				
21HSA	Perlakuan	0,12	5	0,02	0,51 ^{tn}	0,29	3,11
	Galat	0,19	12	0,02			
	Total	0,31	17				
28HSA	Perlakuan	3044,44	5	608,89	3,42*	0,04	3,11
	Galat	2133,33	12	177,78			
	Total	5177,78	17				

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin}\sqrt{x + 0,5}$; Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata

Tabel Lampiran 8. Hasil uji normalitas (Kolmogorov-Smirnov) hari setelah aplikasi uji pestisida nabati

	Perlakuan	Aktivitas <i>Antifeedant</i>	
		KS	P
Pengujian Pestisida Nabati	Lkb mete 200 kg/ha	0,46	0,99
	Lkb mete 250 kg/ha	0,45	0,99
	Lkb mete 300 kg/ha	0,55	0,93
	Lb mimba 200 kg/ha	0,97	0,30
	Lb mimba 250 kg/ha	1,07	0,20
	Lb mimba 300 kg/ha	0,67	0,76

Keterangan: Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa data tidak normal.

Tabel Lampiran 9. Hasil uji normalitas (Kolmogorov-Smirnov) hari setelah aplikasi uji kompatibilitas

	Perlakuan	mortalitas		Aktivitas <i>antifeedant</i>		Uret di permukaan	
		KS	P	KS	P	KS	P
Pengujian Kompatibilitas	Kontrol	0	0	-	-	1,34	0,05
	Lkb mete 300 kg/ha	1,16	0,14	1,47	0,03	1,19	0,12
	Jamur asal Pasuruan (M1)	0,91	0,38	0,82	0,52	1,38	0,04
	Jamur asal Yogyakarta (M5)	0,89	0,40	0,62	0,84	0,75	0,62
	Lkb mete kg/ha +M1	0,89	0,40	0,83	0,50	1,04	0,23
	Lkb mete kg/ha+M5	1,45	0,03	0,60	0,87	1,13	0,16

Keterangan: Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa data tidak normal.

Tabel Lampiran 10. Analisis ragam hari setelah aplikasi uji pestisida nabati

Pesnab	Perlakuan	SK	JK	DB	KT	F hit	P	Ftab 5%
Aktivitas <i>Antifeedant</i>	lkb mete	HSA	1341,98	3	447,33	0,82	0,52	4,07
	200 kg/ha	Galat	4367,41	8	545,93			
	Total		5709,39	11				
	lkb mete	HSA	527,86	3	175,95	0,39	0,77	4,07



250 kg/ha	Galat	3644,61	8	455,58			
	Total	4172,46	11				
lkb mete 300 kg/ha	HSA	3558,31	3	1186,10	1,93	0,20	4,07
	Galat	4916,48	8	614,56			
	Total	8474,79	11				
lb mimba 200 kg/ha	HSA	54,12	3	18,04	0,04	0,99	4,07
	Galat	3397,48	8	424,69			
	Total	3451,60	11				
lb mimba 250 kg/ha	HSA	658,97	3	219,66	1,47	0,29	4,07
	Galat	1192,49	8	149,06			
	Total	1851,47	11				
lb mimba 300 kg/ha	HSA	828,73	3	276,24	0,63	0,61	4,07
	Galat	3489,33	8	436,17			
	Total	4318,06	11				

Keterangan: Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata

Tabel Lampiran 11. Analisis ragam hari setelah aplikasi uji kompatibilitas

	SK	JK	DB	KT	F hit	P	Ftab 5%
Mortalitas							
kontrol	HSA	0,00	3	0,00	0,00 ^{tn}	0,00	4,07
	Galat	0,00	8	0,00			
	Total	0,00	11				
lkb mete 300 kg/ha	HSA	800,00	3	266,67	1,52 ^{tn}	0,28	4,07
	Galat	1400,00	8	175,00			
	Total	2200,00	11				
Jamur asal Pasuruan (M1)	HSA	166,67	3	55,56	0,56 ^{tn}	0,66	4,07
	Galat	800,00	8	100,00			
	Total	966,67	11				
Jamur asal Yogyakarta (M5)	HSA	433,33	3	144,44	1,02 ^{tn}	0,43	4,07
	Galat	1133,33	8	141,67			
	Total	1566,67	11				
lkb mete 300 kg/ha+M1	HSA	100,00	3	33,33	0,40 ^{tn}	0,76	4,07
	Galat	666,67	8	83,33			
	Total	766,67	11				
lkb mete 300 kg/ha+M5	HSA	0,01	3	0,00	0,89 ^{tn}	0,49	4,07
	Galat	0,02	8	0,00			
	Total	0,03	11				
Aktivitas antifeedant							
lkb mete 300 kg/ha	HSA	1,00	3	0,33	11,85*	0,00	4,07
	Galat	0,22	8	0,03			
	Total	1,22	11				
Jamur asal Pasuruan (M1)	HSA	1554,78	3	518,26	1,91 ^{tn}	0,21	4,07
	Galat	2175,93	8	271,99			
	Total	3730,71	11				
Jamur asal Yogyakarta (M5)	HSA	4911,22	3	1637,07	2,38 ^{tn}	0,14	4,07
	Galat	5491,49	8	686,44			
	Total	10402,71	11				
lkb mete 300 kg/ha+M1	HSA	1909,63	3	636,54	1,19 ^{tn}	0,37	4,07
	Galat	4282,11	8	535,26			
	Total	6191,74	11				
lkb mete 300 kg/ha+M5	HSA	1535,93	3	511,98	1,11 ^{tn}	0,40	4,07
	Galat	3703,33	8	462,92			
	Total	5239,26	11				
Keberadaan larva di permukaan tanah							
kontrol	HSA	491,67	3	163,89	2,19 ^{tn}	0,17	4,07
	Galat	600,00	8	75,00			

	Total	1091,67	11				
lkb mete 300 kg/ha	HSA	358,33	3	119,44	1,10 ^{tn}	0,40	4,07
	Galat	866,67	8	108,33			
	Total	1225,00	11				
Jamur asal Pasuruan (M1)	HSA	0,05	3	0,02	1,58 ^{tn}	0,27	4,07
	Galat	0,09	8	0,01			
	Total	0,14	11				
Jamur asal Yogyakarta (M5)	HSA	2491,67	3	830,56	4,75*	0,03	4,07
	Galat	1400,00	8	175,00			
	Total	3891,67	11				
lkb mete 300 kg/ha+M1	HSA	1758,33	3	586,11	7,03*	0,01	4,07
	Galat	666,67	8	83,33			
	Total	2425,00	11				
lkb mete 300 kg/ha+M5	HSA	91,67	3	30,56	0,31 ^{tn}	0,82	4,07
	Galat	800,00	8	100,00			
	Total	891,67	11				

Keterangan: Data telah ditransformasi dengan $\text{Arcsin}\sqrt{x + 0,5}$; Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : TN.10 / RT.5 / T.1 / R.0 / TL. 150803 / 2016

- Data Konsumen
 - Nama : Istiqomatunnisa
 - Instansi : Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
 - Alamat : Jl. Sumbersari Gg. IV No. 260 D Malang
 - Telepon : 085731391476
 - Status : Mahasiswa-S1
 - Keperluan Analisis : Uji Kualitas
- Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
- Identifikasi Sampel
 - Nama Sampel : Kulit Biji Jambu Mete
 - Wujud : Padat
 - Warna : Hitam
 - Bau : Berbau
- Prosedur Analisis : Dilakukan Oleh UPT Layanan Analisa Dan Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang
- Penyampaian Laporan Hasil Analisis : Diambil Langsung
- Tanggal Terima Sampel : 25 Mei 2016
- Data Hasil Analisis : ..

No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	TN	Fenol	1,76 ± 0,02	%	Asam Sulfanilat	Spektrofotometri

Catatan:

- Hasil analisis ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis secara duplo,
- Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Mengetahui
Ketua Jurusan Kimia,

Dr. Edi Priyo Utomo, MS.
NIP. 19571227 198603 1 003

Malang, 13 Juni 2016

Ketua UPT Analisa Dan Pengukuran,



Dra. Sri Wardhani, MSi
NIP. 19680226/199203 2 001

Gambar lampiran 1. Hasil analisis fenol pada limbah kulit biji mete



Gambar lampiran 2. Proses perkembangan *M. anisopliae* pada *L. stigma*, A). *L. stigma* terinfeksi *M. anisopliae* 8 hsa, B). 9 hsa, C). 30 hsa



Gambar Lampiran 3. Pestisida nabati limbah biji mimba (kiri) dan limbah kulit biji jambu mete (kanan)



Gambar lampiran 4. Pakan utuh (kiri) dan pakan yang telah dimakan *L. stigma* bagian batang, tunas dan akar (kanan)



Gambar Lampiran 5. Keberadaan *L. stigma* di permukaan tanah

Tabel Lampiran 12. Suhu dan kelembaban ruang percobaan

No	Suhu °C	Kelembaban %
1.	30	70
2.	31	68
3.	31	56
4.	30	66
5.	29	73
Rerata	30,2	66,6

Tabel Lampiran 13. Perhitungan dosis pestisida nabati

Jumlah juring/Ha

$$= \frac{1 \text{ ha}}{\text{luas juring}} \times \text{faktor kesalahan}$$

$$= \frac{10.000 \text{ m}^2}{1 \text{ m} \times 25 \text{ m}} \times 0,96 = 384 \text{ juring}$$

Luas aplikasi pada lahan/Ha

$$= \text{banyak juring} \times \text{panjang juring} \times \text{luas aplikasi (larikan)}$$

$$= 384 \times 25 \text{ m} \times 0,05 \text{ m}$$

$$= 480 \text{ m}^2 / \text{Ha}$$

Dosis yang diaplikasikan

$$= \frac{\text{dosis perlakuan}}{\text{luas aplikasi}} \times \text{luas permukaan aplikasi}$$

Perlakuan pestisida nabati pada wadah dengan luas permukaan 0,0033 m²

Perlakuan pestisida nabati 200 kg/ha

$$= \frac{200 \text{ kg}}{480 \text{ m}^2} \times 0,0033 \text{ m}^2$$

$$= 0,001375 \text{ kg}$$

$$= 1,375 \text{ gram/wadah}$$

Perlakuan pestisida nabati 250 kg/ha

$$= \frac{250 \text{ kg}}{480 \text{ m}^2} \times 0,0033 \text{ m}^2$$

$$= 0,001719 \text{ kg}$$

$$= 1,719 \text{ gram/wadah}$$

Perlakuan pestisida nabati 300 kg/ha

$$= \frac{300 \text{ kg}}{480 \text{ m}^2} \times 0,0033 \text{ m}^2$$

$$= 0,0020625 \text{ kg}$$

$$= 2,0625 \text{ gram/wadah}$$