

SKRIPSI

**PERBANYAKAN BAKTERI *Bacillus thuringiensis* PADA
BERBAGAI MEDIA DAN TOKSISITASNYA TERHADAP RAYAP
TANAH *Coptotermes curvignathus* Holmigren
(ISOPTERA : RHINOTERMITIDAE)**

***PROPAGATION OF Bacillus thuringiensis BACTERIA IN VARIOUS
MEDIA AND ITS TOXICITY TOWARDS
Coptotermes curvignathus Holmigren
(ISOPTERA : RHINOTERMITIDAE)***



**Rizkia Khaerunnisa
05071381520063**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

SKRIPSI

**PERBANYAKAN BAKTERI *Bacillus thuringiensis* PADA
BERBAGAI MEDIA DAN TOKSISITASNYA TERHADAP RAYAP
TANAH *Coptotermes curvignathus* Holmgren
(ISOPTERA : RHINOTERMITIDAE)**

***PROPAGATION OF Bacillus thuringiensis BACTERIA IN VARIOUS
MEDIA AND ITS TOXICITY TOWARDS
Coptotermes curvignathus Holmgren
(ISOPTERA : RHINOTERMITIDAE)***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Pertanian pada fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya**



**Rizkia Khaerunnisa
05071381520063**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

SUMMARY

RIZKIA KHAERUNNISA. Multiplication of *Bacillus thuringiensis* bacteria from Various media and its toxicity for termite of *Coptotermes curvignathus* (Isoptera : Rhinotermitidae). (Supervised by YULIA PUJIASTUTI).

Termite *Coptotermes curvignathus* generally can be found in plantation area and forest. Termite decomposes organic material into inorganic compounds. However the existence of termite in plantation area can be the reason for losing of oil palm for about 50-100%. This research aimed to examine formulation of *Bacillus thuringiensis* with multiplication liquid media of cow bio urine with additions of molase, which is the result of liquid waste of termite *C. curvignathus* (Isoptera : Rhinotermitidae). Isolates of *B. thuringiensis* spread out for *Nutrient Agar* (NA). A media is used in this research that us cow bio urine and molase. The treatment consists of 1) bio urine 2) bio urine + molase 3) *Nutrient Broth* (NB). The highest average results is of spore multiplication with liquid media obtained 72 hours after application for the treatment of *Nutrient Broth* with average $6,85 \times 10^6$ spore/ml while the lowest average results of spore density is bio urine only treatment with average $6,63 \times 10^6$ spore/ml. Average of mortality of each treatment is not significantly different between each treatment, except for control treatment. The lowest LT_{50} value is *Nutrient Broth* treatment. Symptoms of termite that attacked by *B. thuringiensis* then it begins with the changing of its body colors. It changes to be dark brown with swollen abdomen then termite body is soft when it is touched. The Highest percentage of termite mortality is *Nutrient Broth* treatment, it is followed by bio urine treatment with additions of molase and for the lowest average is control treatment. Postulat koch treatment results from insect is infected by *B. thuringiensis* bacteria that can be shown by gram positive bacteria colony with round shaped and white color. After giving spore coloration and observing with microscope can be seen as basil shaped and purple color

Keywords : Bioinsecticide, Spora Density, Mortality, *Coptotermes curvignathus*

RINGKASAN

RIZKIA KHAERUNNISA. Perbanyakkan Bakteri *Bacillus thuringiensis* Pada Berbagai Media Dan Toksisitasnya Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* (Isoptera : Rhinotermitidae). (Dibimbing oleh **Yulia Pujiastuti**).

Rayap tanah *Coptotermes curvignathus* biasanya ditemukan diareal perkebunan dan hutan-hutan besar. Rayap menguraikan bahan organik menjadi senyawa-senyawa anorganik. Namun keberadaan rayap tanah diareal kebun dapat menyebabkan kerugian tanaman kelapa sawit mencapai 50-100%. Penelitian ini dilakukan untuk menguji formulasi *Bacillus thuringiensis* pada media perbanyakkan cair bio urin sapi dengan penambahan molase yang merupakan hasil limbah cair terhadap hama rayap tanah *C. curvignathus* (Isoptera : Rhinotermitidae). Isolat *B. thuringiensis* dibugarkan pada *Nutrient Agar* (NA). Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah bio urine sapi dan molase. Perlakuan berupa 1) bio urin 2) bio urin + molase 3) *Nutrient Broth*. (NB). Rerata hasil perbanyakkan spora dengan media cair tertinggi diperoleh pada 72 jam setelah aplikasi yaitu pada perlakuan *Nutrient Broth* dengan rerata $6,85 \times 10^6$ spora/ml sedangkan rerata kerapatan spora terendah terdapat pada perlakuan bio urin saja dengan rerata $6,63 \times 10^6$ spora/ml. Rerata mortalitas setiap perlakuan berbeda tidak nyata antar perlakuan kecuali perlakuan kontrol. Nilai LT_{50} terendah terdapat pada perlakuan *Nutrient Broth*. Gejala rayap tanah yang terserang *B. thuringiensis* diawali dengan perubahan warna tubuh menjadi coklat hitam dengan abdomen bengkak diikuti dengan lunaknya tubuh rayap apabila disentuh. Persentase kematian rayap tanah tertinggi pada perlakuan *Nutrient Broth* diikuti dengan perlakuan bio urin dengan penambahan molase. Rerata paling rendah didapat pada perlakuan kontrol. Hasil Postulat koch dari serangga yang terinfeksi bakteri *B. thuringiensis* dapat ditunjukkan oleh koloni bakteri Gram positif dengan bentuk bulat dan berwarna putih. Setelah diberi pewarnaan spora dan diamati dimikroskop akan terlihat berbentuk basil dan berwarna ungu.

Kata Kunci : Bioinsektisida, *Kerapatan spora*, *Mortalitas*, *Coptotermes curvignathus*.

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANYAKAN BAKTERI *Bacillus thuringiensis* PADA
BERBAGAI MEDIA DAN TOKSISITASNYA TERHADAP
RAYAP TANAH *Coptotermes curvignathus*
(ISOPTERA : RHINOTERMITIDAE)**

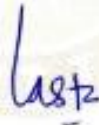
SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian
Pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh:

Rizkia Khaerunnisa
05071381520063

Indralaya, Oktober 2018
Pembimbing



Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.S.
NIP 196205181987032002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian




Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M.Sc.
NIP 196012021986031003

Skripsi dengan Judul "Perbanyakkan Bakteri *Bacillus thuringiensis* pada Berbagai Media dan Toksisitasnya Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* (Isoptera : Rhinotermitidae)". Oleh Rizkia Khaerunnisa telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 31 Oktober 2018 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.


Komisi Penguji

- | | | |
|---|------------|--|
| 1. Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.S.
NIP 196205181987032002 | Ketua | 
(.....) |
| 2. Dr. Ir. Suparman, SHK.
NIP 196001021985031019 | Sekretaris | 
(.....) |
| 3. Dr. Ir. Chandra Irsan, M.S.i.
NIP 196502191989031004 | Anggota | 
(.....) |
| 4. Prof. Dr. Ir. Nurhayati, M.Si.
NIP 196202021991032001 | Anggota | 
(.....) |
| 5. Dr. Ir. Suwandi, M.Agr.
NIP 196801111993021001 | Anggota | 
(.....) |

Koordinator Program Studi
Proteksi Tanaman


Dr. Ir. Suparman, SHK.
NIP 196001021985031019

Indralaya, Oktober 2018
Koordinator Program Studi
Agroekoteknologi


Dr. Ir. Munandar, M.Agr.
NIP 196012071985031005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Budidaya Pertanian



Dr. Ir. Firdaus Sulaiman, M.Si.
NIP 195908201986021001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizkia Khaerunnisa

Nim : 05071381520063

Judul : Perbanyakan Bakteri *Bacillus thuringiensis* Pada Berbagai Media Dan Toksisitasnya Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmigren (Isoptera : Rhinotermitidae).

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam laporan skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervise pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam laporan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Oktober 2018



Rizkia Khaerunnisa

05071381520063

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Rizkia kherunnisa, lahir di Palembang pada tanggal 25 Juni tahun 1997. Penulis merupakan anak kedua dari ayah Yusup Turiya S. Sos dan ibu Susila Erni S. Sos.

Penulis memulai pendidikan sekolah dasar pada tahun 2003 di SDN 1 Berlian Makmur, melanjutkan sekolah tingkat pertama pada tahun 2009 di SMPN 4 Sungai Lilin, kemudian melanjutkan SMA pada tahun 2012 di SMK-Pertanian Pembangunan Negeri Sembawa, diselesaikan pada tahun 2015. Saat ini penulis terdaftar sebagai mahasiswa program strata (S-1), Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian peminatan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya pada tahun 2015. Saat kuliah penulis merupakan Sekertaris komisi 3 DPM Universitas sriwijaya periode tahun 2017-2018 selain itu penulis merupakan anggota organisasi HIMAGROTEK (Himpunan Mahasiswa Agroekoteknologi) sebagai staff ahli departemen KEWIRAUSAHAAN, dan juga sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPRO).

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warrohmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan hidayah-Nya Skripsi yang berjudul “Perbanyakkan Bakteri *Bacillus thuringiensis* Pada Berbagai Media Dan Toksisitasnya Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae).” dapat diselesaikan dengan baik.

Saat ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah Swt atas ribuan nikmat yang tidak terhingga selama hidup penulis. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orangtua penulis, bunda Susila Erni dan ayah Yusup Turia beserta orang tua kedua penulis, wak Inda Rafida dan wak Ayub Khoerudin, terima kasih pula kepada saudara kandung penulis atas dukungan yang tiada hentinya untuk penulis.

Terima kasih kepada Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.Si selaku pembimbing skripsi. Terima kasih kepada bapak Dr. Ir Suparman SHK, Bapak Arsy, SP.M.Si, Mbak Armi, SP.M.Si atas arahan dan bimbingannya kepada penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi ini. Terima kasih pula kepada kepada dosen-dosen penguji. Terima kasih kepada teman-teman penulis, Monica Lestari, Nadila Dwi, Eka Romadhona, Yudi Ernando, Rudi Munandar, Deri Waldi, Rizki Anwar, Monica Alesia, Monalisa Fitrianti, Vindha Ayu, dan Basyir Amir atas dukungannya untuk penulis.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa penulisan ini masih banyak kekurangan, Oleh karena itu semua saran dan kritik yang sifatnya membangun dan mampu mendukung berjalannya penelitian nantinya sehingga dapat berjalan dengan baik. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat untuk penulis maupun pihak lain.

Wassalamu'alaikum warrohmatullahi wabarokatuh.

Indralaya, Oktober 2018

Rizkia Khaerunnisa
05071381520063

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Hipotesis	4
1.5. Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Rayap (<i>Coptotermes curvignathus</i>).....	5
2.1.1. Klasifikasi.....	6
2.1.2. Kasta Pekerja	6
2.1.3. Kasta Prajurit	7
2.1.4. Kasta Reproduksi.....	7
2.1.5. Gejala Serangan Rayap.....	7
2.1.6. Pengendalian Rayap.....	8
2.2. <i>Bacillus thuringiensis</i>	9
2.1.1. Klasifikasi <i>B. thuringiensis</i>	9
2.1.2. Mekanisme Kerja <i>B. thuringiensis</i>	9
2.3. Kultvasi Media Cair.....	11
2.4. Molase (Tetes Tebu).....	11
2.5. Bio Urin	12
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	14
3.1. Tempat dan Waktu.....	14
3.2. Alat dan Bahan	14
3.3. Metode Penelitian	14

	Halaman
3.4. Cara Kerja.....	14
3.4.1. Persiapan Serangga Uji.....	15
3.4.2. Pembuatan Media Nutrient Broth.....	15
3.4.3. Pembuatan <i>Seed Culture</i> (Pre Kultur)	16
3.4.4. Pembuatan Bioinsektisida.....	16
3.4.5. Perhitungan Spora.....	17
3.4.6. Uji Mortalitas Serangga Uji.....	18
3.4.7. Pembuktian Kematian Serangga Uji.....	19
3.4.8. Uji Gram Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i>	20
3.4.9. Pewarnaan Spora Bakteri.....	20
3.5. Parameter Pengamatan	21
3.5.1. Kerapatan Spora.....	21
3.5.2. Gejala <i>Serangga</i> Uji Setelah Aplikasi Biopestisida	22
3.5.3. Perhitungan Nilai Lethal Time ₅₀	22
3.5.4. Analisis Data.....	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1. Hasil	23
4.1.1. Kerapatan Spora <i>Bacillus thuringiensis</i>	23
4.1.2. Bentuk Spora <i>Bacillus thuringiensis</i>	25
4.1.3. Gejala <i>Coptotermes curvignathus</i> Terinfeksi	26
4.1.4. Uji Mortalitas <i>Coptotermes curvignathus</i>	26
4.1.5. Lethal Time (LT ₅₀)	27
4.1.6. Hasil Postulat Koch.....	28
4.2. Pembahasan.....	29
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1. Kesimpulan	34
5.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kandungan Nutrisi Cairan Molase.....	12
4.1 Kerapatan Spora <i>Bacillus thuringiensis</i> (24 jam) pada Media Cair.....	21
4.2 Kerapatan Spora <i>Bacillus thuringiensis</i> (48 jam) pada Media Cair.....	24
4.3 Kerapatan Spora <i>Bacillus thuringiensis</i> (72 jam) pada Media Cair.....	24
4.4 Mortalitas Rayap Tanah <i>Coptotermes curvignathus</i> pada Berbagai Perlakuan Setelah 5 Hari Pengamatan.....	27
4.5 Nilai Lethal Time (LT ₅₀) <i>Coptotermes curvignathus</i> pada Berbagai Perlakuan Setelah 5 Hari Pengamatan.....	26

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Rayap Beserta Sponge Sarangnya yang dipelihara dilaboratorium	15
3.2 <i>Nutrient Broth</i> yang Telah dihomogenkan (a), dan Media NB didalam Autoclave yang Siap disterilisasi (b).....	15
3.3 Isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> diambil dengan Menggunakan Jarum Ose (a) Peletakan Botol Kaca Berisi NB Diatas Shaker (b)..	16
3.4 Penuangan 5 ml <i>Seed Culture</i> pada Setiap Perlakuan Bioinsektisida (a), Proses Shaker Larutan Bioinsektisida Selama 72 jam (b), dan Bioinsetisida Siap diaplikasikan (c).....	17
3.5 Penuangan 1 ml Bioinsektisida kedalam Tabung Reaksi (a) dan Proses Pengenceran Bioinsektisida dengan Menggunakan Shaker Tertutup (b).	18
3.6 Pembongkaran Sarang Rayap (a), Penimbangan 50g Tanah (b) Lokasi Peletakan Cawan Plastik Saat Aplikasi (c)	18
3.7 Rayap Terinfeksi disterilkan dengan Alkohol 70% dan Aquadest Penghancuran Tubuh Rayap dengan Mortar (b). Pengenceran Rayap Terinfeksi (c) Hasil Pengenceran Dimasukkan dalam 90 ml Air Panas (d).....	19
3.8 Sterilisasi Alat (a), Pengambilan Koloni Bakteri dengan Jarum Ose (a) dan Cairan KOH 3% dan H ₂ O ₂ yang ditetaskan dikoloni Bakteri (b)	20
4.1 Spora <i>Bacillus thuringiensis</i> Pengamatan 24 Jam (a) Pengamatan 48 Jam (b) dan Spora pada Pengamatan 72 Jam (c).....	21
4.2 Rayap Pekerja Sehat (a) dan Rayap Pekerja yang Terinfeksi <i>Bacillus thuringiensis</i> (b) Bentuk Spora <i>Bacillus thuringiensis</i>	25
4.3 Isolat Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> Hasil Postulat Koch (a) dan Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> yang Telah dimurnikan.....	26
4.4 Spora <i>Bacillus thuringiensis</i> Setelah Pewarnaan	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Bagan Penelitian	40
2.a Data Kerapatan Spora Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair (x 10 ⁶ Spora/ ml (Pengamatan 24 Jam)	40
2.b Data Kerapatan Spora Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair x 10 ⁶ Spora/ml Setelah Transformasi Log (Pengamatan 24 Jam).....	40
2.c Analisis Sidik Ragam Spora <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair (Pengamatan 24 Jam)	40
3.a Data Kerapatan Spora Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair x 10 ⁶ Spora/ml (Pengamatan 48 Jam).....	41
3.b Data Kerapatan Spora Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair x 10 ⁶ Spora/ml Setelah Transformasi Log (Pengamatan 48 Jam).....	41
3.c Analisis Sidik Ragam Spora <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair (Pengamatan 48 Jam)	41
4.a Data Kerapatan Spora Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair x 10 ⁶ Spora/ml (Pengamatan 72 Jam)	41
4b Data Kerapatan Spora Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair x 10 ⁶ Spora/ml Setelah Transformasi Log (Pengamatan 72 Jam)	42
4c Analisis Sidik Ragam Spora <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Media Cair (Pengamatan 72 Jam)	42
5a Rerata Mortalitas <i>Coptotermes curvignathus</i> (%) Per Ulangan (n=20).....	42
5b Data Mortalitas <i>Coptotermes curvignathus</i> (%) Per Ulangan Setelah Transformasi Arc√x.....	42
5c Analisis Sidik Ragam Mortalitas <i>Coptotermes curvignatus</i>	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rayap merupakan serangga kecil yang sering dijumpai dimana saja, seperti di hutan, pekarangan rumah, kebun, dan bahkan didalam rumah. Sarang rayap terdapat ditempat lembab didalam tanah dan batang kayu basah, tetapi ada juga yang hidup didalam kayu kering. Makanan utamanya adalah kayu dan bahan-bahan lain yang mengandung selulosa serta jamur (Handru dan Herwina, 2012). Rayap mendegradasi selulosa dengan menghasilkan enzim selulase serta dibantu oleh organisme simbiosis pada saluran pencernaannya.

Secara taksonomi rayap dikelompokkan kedalam ordo Isoptera (iso = sama dan ptera = sayap). Rayap memiliki tubuh yang lunak dan berwarna terang. Jumlah spesies rayap didunia ada sekitar 2.648 spesies yang digolongkan kedalam tujuh famili dan 281 genus. Famili Termitidae merupakan famili dengan jumlah anggota spesies yang tertinggi (Asmaliyah *et al.*, 2012). Rayap dari jenis *Coptotermes curvignathus* dan *Macrotermes gilvus* merupakan spesies rayap yang paling umum menyerang bagian tanaman seperti akar, batang dan pangkal pelepah, terutama pada tanaman sawit dan karet (Savitri *et al.*, 2016). Gejalanya dapat dilihat dengan terbentuknya lorong-lorong kembara berupa kanal-kanal yang terbuat dari tanah dan lapukan serat kayu, umumnya sangat mudah dijumpai pada dinding batang, berwarna coklat agak lembab. Kehilangan hasil yang disebabkan rayap dapat mencapai 50-100% pada tanaman pertanian dan tegakan pohon (Permana, 2016).

Menurut Effendi (2009) dalam mengendalikan hama banyak sekali teknik yang dapat dilakukan. Berdasarkan waktunya terdapat 2 teknik pengendalian hama yaitu pengendalian preventif dan kuratif. Berdasarkan Undang-Undang No. 12 Tahun 1992 pada Pasal 20 ayat (1) menyatakan bahwa Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) harus sesuai dengan konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Penggunaan insektisida untuk penanggulangan serangga dengan bahan kimia memang hasilnya cukup memuaskan, namun kurangnya pengetahuan petani mengenai pengendalian yang

tepat menyebabkan matinya musuh-musuh alami bukan sasaran seperti serangga penyerbuk, saprofit, pengurai tanah dan sebagainya, selain itu juga terjadi pencemaran terhadap air, tanah dan udara (Arifin, 2012).

Menurut Salaki (2011), untuk mengurangi dampak negatif pestisida mulai digalakkan pemberdayaan mikroba-mikroba yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama-hama tanaman. Berdasarkan penelitian Safitri *et al.*, (2013) Nematoda *Steinernema sp* dan jamur *Metarhizium anisoplie* (Tampubolon *et al.*, 2013) efektif mengendalikan rayap tanah.

Selain jamur dan nematoda, bakteri *Bacillus thuringiensis* diketahui efektif dalam mengendalikan hama. *B. thuringiensis* adalah bakteri gram positif yang berbentuk basil atau batang yang dapat memproduksi spora. Bakteri ini memiliki potensi dalam membentuk kristal protein yang beracun bagi serangga. Berdasarkan penelitian Pujiastuti *et al.* (2018) bakteri *B. thuringiensis* efektif mengendalikan ulat gayak, efektif pula dalam mengendalikan nyamuk (Pratiwi *et al.*, 2012), kupu-kupu gajah (Purnawati *et al.*, 2014) dan rayap (Pujiastuti *et al.*, 2018).

Menurut Bahagiawati (2013), dalam memproduksi spora *B. thuringiensis* untuk dapat digunakan sebagai pengendali hama tanaman terdapat banyak kendala yang menyebabkan masih rendahnya produksi bioinsektisida berbahan aktif bakteri ini, terutama sulit terjangkaunya media perbanyakan yang memenuhi standar untuk dapat digunakan dalam produksi biopestisida. Menurut Sarifat (2010), efektivitas bioinsektisida yang berasal dari bakteri *B. thuringiensis* sangat dipengaruhi oleh kombinasi faktor-faktor jenis dan konsentrasi sumber karbon, jenis dan konsentrasi sumber nitrogen, rasio C/N serta suplementasi mineral yang terdapat didalam media perbanyakan. Kandungan nutrisi dari media perbanyakan sangat mempengaruhi jumlah dan jenis toksin yang dihasilkan oleh bakteri ini sehingga akan mempengaruhi patogenitasnya terhadap serangga sasaran (Putriana dan Fardedi, 2007).

Seiring berjalannya waktu dalam perbanyakan spora bakteri *B. thuringiensis* dilakukan dengan memanfaatkan limbah cair ternak yang dapat digunakan sebagai media perbanyakan selagi masih memiliki kandungan nutrisi yang cocok bagi pertumbuhan bakteri. Limbah peternakan yang paling banyak

ditemui salah satunya adalah urin sapi. Limbah akan menimbulkan masalah bagi lingkungan apabila tidak dimanfaatkan dengan maksimal seperti tercemarnya air sungai, timbulnya aroma yang tidak sedap, adanya gangguan kesehatan pada masyarakat sekitar peternakan (Teguh, 2004).

Selain pemanfaatan limbah ternak, molase dapat pula dimanfaatkan dalam perbanyakan spora bakteri. Molase adalah hasil sampingan industri gula yang diperoleh setelah sukrosanya dikristalkan dan sentrifuge dari sari gula tebu. Didalam molase terkandung karbohidrat, gula dan asam-asam organik. Kelebihan molase yaitu mudah didapat dan harganya relatif terjangkau. Kandungan sukrosa didalam molase mencapai 48-55%, kandungan sukrosa ini sangat potensial untuk fermentasi asam asetat yang merupakan sumber glukosa utama bagi bakteri (Mahrus, 2014). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh bio urin sapi dan molase terhadap perkembangan *B. thuringiensis* dalam membentuk spora dengan media perbanyakan yang berasal dari limbah-limbah pertanian serta toksisitasnya dalam membunuh rayap tanah yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi bagi produk pertanian.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh bio urin dan molase terhadap kerapatan spora *B. thuringiensis* ?
2. Bagaimana toksisitas *B. thuringiensis* pada berbagai media tumbuh terhadap hama *Coptotermes curvignathus* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mempelajari produksi spora *B. thuringiensis* pada berbagai media tumbuh.
2. Untuk mengetahui toksisitas *B. thuringiensis* dan nilai LT_{50} dalam mengendalikan *Coptotermes curvignathus*.
3. Untuk mengetahui penyebab kematian *Coptotermes curvignathus* dengan melakukan Postulat Koch.

1.4 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini yaitu :

1. Diduga pemberian molase pada media perbanyakan mempengaruhi kerapatan spora *B. thuringiensis*.
2. Diduga spora *B. thuringiensis* bersifat toksik terhadap rayap tanah *Coptotermes curvignathus*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan kepada masyarakat luas mengenai cara mengendalikan hama secara biologi dengan memanfaatkan bakteri *B. thuringiensis*
2. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan informasi bahwa bakteri *B. thuringiensis* dapat diperbanyak dengan menggunakan media cair yang berasal dari limbah cair pertanian yang tidak dimanfaatkan
3. Penelitian ini diharapkan dapat meminimalisir terbentuknya limbah cair pertanian dan meningkatkan tingkat kesadaran masyarakat akan pentingnya kelestarian lingkungan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rayap (*Coptotermes curvignathus*)

Rayap adalah serangga sosial yang hidupnya saling bergantung antar satu dengan lainnya. Rayap selalu hidup dalam satu koloni besar. Secara morfologi rayap dapat dibedakan berdasarkan bentuk dan kasta yang jelas. Rayap sangat bermanfaat untuk membantu menguraikan sisa-sisa kayu, serasah dan sejenisnya. Akibat dari aktivitas tersebut terbentuklah unsur-unsur anorganik yang bermanfaat untuk mendukung kehidupan selanjutnya. Namun keberadaan rayap dapat menimbulkan permasalahan bila serangga ini mulai menyerang berbagai material kebutuhan manusia dan tumbuhan budidaya (Astuti, 2013).

Menurut Iswanto (2005), rayap tanah dapat menyebabkan kerugian mencapai 50% pada perkebunan kelapa sawit, rayap pula menyerang tanaman jarak pagar (Sayuthi, 2012). Rayap dapat menyebabkan kerugian pada perkebunan karet bahkan sampai menyebabkan kematian pada tanaman (Herlinda *et al.*, 2010), sedangkan serangan rayap pada tanaman meranti merah di Kalimantan Timur dapat mencapai 4,37% (Ngatiman, 2014).

Berdasarkan pada ekologi nutrisinya, rayap dibedakan menjadi empat golongan yaitu rayap pemakan kayu (pohon hidup, kayu mati) sebagian mayoritasnya pada famili rayap tingkat rendah (*Mastotermitidae, Kalotermitidae*), pemakan rumput (famili *Hodotermitidae*), pemakan jamur (*Basidiomyces*) oleh beberapa spesies *Mastotermitidae*, dan pemakan tanah (mengandung mineral, karbohidrat, mikroorganisme tanah, dan senyawa polifenolat) dikonsumsi oleh famili *Termitidae*. Selain itu juga mempunyai sifat-sifat yang sangat berbeda dibanding dengan serangga lainnya. Menurut Nandika (2003) sifat rayap terdiri dari :

1. Cryptobiotik, sifat rayap yang tidak tahan terhadap cahaya.
2. Thropalaxis, perilaku rayap yang saling menjilati dan tukar menukar makanan antar sesama individu.
3. Kanibalistik, perilaku rayap untuk memakan rayap lain yang sakit atau lemas.
4. Neurophagy, perilaku rayap yang memakan bangkai individu lainnya.

2.1.1 Klasifikasi Rayap Tanah

Menurut Nandika *et al.* (2003) dalam Rohwati (2017) Rayap diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Phyllum : Arthropoda

Class : Insecta

Ordo : Isoptera

Family : Rhinotermitidae

Genus : *Coptotermes*

Spesies : *Coptotermes curvignathus*

Rayap merupakan serangga yang hidup berkelompok atau koloni. Perkembangan hidupnya mengalami metamorphosa gradual atau bertahap. Proses pertumbuhan rayap melalui tiga tahap pertumbuhan yakni tahap telur, tahap nympha dan tahap dewasa. Pembagian tugas dalam koloni rayap sangat jelas yaitu adanya kasta-kasta yang berfungsi membagi peran dalam melangsungkan kehidupan koloninya. Didalam koloni rayap terdapat kasta reproduktif, pekerja dan prajurit (Arsyad, 2017).

2.1.2 Kasta Pekerja

Menurut Diba (2016) didalam koloni, keberadaan rayap kasta pekerja paling mendominasi, keberadaannya dapat mencapai 80% dari seluruh total koloni. Kasta pekerja merupakan individu dewasa yang steril. Dengan antenna 14 ruas, mandibel berbentuk melengkung diujungnya, panjang tubuh 4,8 mm, panjang kepala dengan mandibel relatif kecil 2,0 mm, rayap pekerja mengeluarkan cairan susu dari mulutnya. Selain itu kasta pekerja tidak memiliki mata dan sayap. Tubuhnya berwarna pucat.

Rayap kasta pekerja umumnya tidak ikut serta dalam perkembangbiakan koloni dan pertahanan. Akan tetapi keberadaan rayap ini sangat menentukan keberlangsungan koloni. Rayap pekerja bertugas mencari makanan, membentuk dan memperbaiki sarang apabila adanya kerusakan, serta memelihara telur dan ratu (Santoso *et al.* , 2013)

2.1.3 Kasta Prajurit

Kasta prajurit memiliki kepala berwarna kuning, antena, lambrum dan pronotum kuning pucat. Antena terdiri dari 9-15 ruas, ruas kedua dan ruas keempat sama panjangnya. Rata-rata panjang kepala tanpa mandibel rayap berkisar antara 0.92-1.3 mm (Santoso *et al*, 2013). Kasta prajurit merupakan kasta terkuat didalam koloni, bertugas melindungi koloni dari musuh yang menyerang dengan cara menusuk, mengiris dan menggigit. Jika adanya serangan gigitan yang disebabkan oleh kasta prajurit pada tubuh musuhnya sangat sulit untuk dilepaskan sampai mati sekalipun. Kasta prajurit memiliki bentuk tubuh yang sangat spesifik dengan mandibel yang keras. Kasta prajurit rayap tanah *C. curvignathus* menyerang musuhnya dengan sekresi pertahanan diri yang berasal dari lubang fontanel yang terdapat pada kepala rayap

2.1.4 Kasta Reproduksi

Kasta reproduktif terdiri dari jantan dan betina. Kasta ini dibedakan menjadi kasta reproduktif primer dan kasta reproduktif suplementer atau neoten. Kasta reproduktif primer terdiri serangga dewasa yang bersayap 2 pasang (laron). Sayap terletak diatas abdomen dengan panjang melebihi ukuran tubuhnya. Kasta reproduktif primer merupakan pendiri koloni. Berwarna lebih gelap dibandingkan kasta yang lainnya Menurut Richard dan Davies (1996) dalam neoten muncul segera setelah kasta reproduktif primer mati atau terpisah karena pemisahan koloni. Neoten dapat terbentuk beberapa kali dalam jumlah yang besar sesuai dengan perkembangan koloni. Ukuran neoten dapat mencapai 5 cm bahkan lebih. Selanjutnya, neoten menggantikan fungsi kasta reproduktif primer untuk perkembangan koloni.

2.1.5 Gejala Serangan Rayap

Rayap merupakan serangga daerah tropika dan subtropika yang dapat ditemukan mulai dari pantai sampai ketinggian 3000 m di atas permukaan laut, dengan kelembaban 60-70%, dan temperatur udara antara 25°C dan 29°C.

Gejala serangan rayap pada tanaman kelapa sawit biasanya adanya gundukan tanah yang menempel di batang tanaman kelapa sawit, pada bagian dalamnya terdapat lubang yang dihuni rayap. Lubang ini mempunyai bentuk khas menyerupai karton yang merupakan campuran karton rayap dengan tanah yang diambil dari perakaran tanaman. *C. curvignathus* juga tidak suka cahaya seperti rayap lainnya. Rayap membuat lorong kembara (galleries) untuk menghindari dari cahaya. Serangan *C. curvignathus* pada tanaman ini dimulai dari akar atau batang dibawah permukaan tanah dan terus naik keatas sampai pucuk tanaman. Bila serangan telah sampai ke pucuk tanaman, bagian bawahnya membengkak serta lembek karena berisi air yang menyebabkan pucuk tanaman tersebut menjadi patah. Gejala seperti ini terjadi bila serangan rayap diikuti dengan munculnya bakteri pembusuk (Sudono *et al.*, 2017).

2.1.6 Pengendalian Rayap

Umumnya teknik pengendalian serangan rayap yang dilakukan ditingkat perkebunan maupun petani masih mengandalkan sistem penyemprotan bahan kimia berupa termitisida cair ketanaman yang terserang. Akan tetapi teknik pengendalian ini dapat menimbulkan dampak serius bagi lingkungan apabila dilakukan secara terus menerus tanpa adanya rekomendasi yang tepat dalam pelaksanaannya. Selain itu pengendalian kimia ternyata tidak efektif karena serangan rayap masih berulang. Oleh karena itulah perlu dilakukan teknik pengendalian lain selain dengan penggunaan pestisida sintetis (Mulyaningsih, 2010).

Pemanfaatan agensia hayati dan musuh alami merupakan salah satu pengendalian alternatif yang dapat diberdayakan dan dikembangkan di Indonesia, karena tidak menimbulkan dampak yang negatif terhadap organisme bukan sasaran dan lingkungan serta mudah penggunaannya dengan biaya yang lebih murah dibanding dengan insektisida sintetis. Peran musuh alami dilapangan perlu dilestarikan dan ditingkatkan aktivitasnya. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan yaitu penggunaan bioinsektisida selektif dalam hal penggunaannya maupun sifat bahannya yang spesifik terhadap sasaran (Mulyaningsih, 2010).

2.2 *Bacillus thuringiensis*

Menurut Susanti dan Blondine (2010), *Bacillus thuringiensis* adalah salah satu bakteri patogen pada serangga. Bakteri ini tergolong ke dalam kelas Schizomycetes, ordo Eubacteriae, family Bacillaceae. *B. thuringiensis* adalah bakteri yang mempunyai sel vegetatif berbentuk batang dengan ukuran panjang 3 – 5 μm dan lebar 1,0 – 1,2 μm , memiliki flagella dan membentuk spora. Bakteri ini bersifat gram positif, aerob tetapi umumnya aerob fakultatif, dan dapat tumbuh pada berbagai media dengan kisaran suhu pertumbuhan 15° C – 40 ° C.

B.thuringiensis merupakan bakteri gram-positif berbentuk batang. Jika bakteri ini tumbuh di media yang kaya nutrisi, maka bakteri ini hanya tumbuh pada fase vegetatif, namun bila suplai makanannya menurun maka akan membentuk spora dorman yang mengandung satu atau lebih jenis kristal protein. Kristal ini mengandung protein yang disebut δ -endotoksin, yang bersifat lethal jika dimakan oleh serangga yang peka (Bahagiawati, 2013).

2.2.1 Klasifikasi *Bacillus thuringiensis*

Klasifikasi *B. thuringiensis* Menurut Holt *et al.*, (1994) dalam Bahagiawati (2013) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Prokariota
 Filum : Bakteria
 Class : Bacilli
 Ordo : Bacillales
 Family : Bacillaceae
 Genus : *Bacillus*
 Spesies : *Bacillus thuringiensis*.

2.1.2 Mekanisme dan Cara Kerja *Bacillus thuringiensis*

Kristal protein sering disebut dengan δ -endotoksin dan bersifat insektisidal. Kristal ini merupakan protoksin yang apabila terlarut didalam usus serangga akan berubah menjadi poli-peptida yang lebih pendek (27-149 kd).kerena adanya aktivitas proteolisis inilah dapat mengubah Bt-protoksin menjadi bersifat toksin. Toksin yang telah aktif berinteraksi dengan sel-sel

epithelium di midgut serangga. Hal inilah yang menyebabkan toksin *B. thuringiensis* tersebut mengakibatkan terbentuknya pori-pori (lubang yang sangat kecil) di sel membran di saluran pencernaan dan mengganggu keseimbangan osmotik dari sel-sel tersebut. Akibat keseimbangan osmotik terganggu, membuat sel menjadi bengkak dan pecah akhirnya menyebabkan matinya serangga (Bahagiawati, 2013)

Menurut Wahyuono (2015), pada *B. thuringiensis* terdapat gen yang dapat mengkode kristal protein yang sudah diisolasi dan masing-masing dikelompokkan atau dikarakterisasi, dari hasil pengelompokkan atau karakterisasi gen maka disebut dengan *gen cry*. Kristal endotoksin Bt telah dikelompokkan menjadi delapan kelas utama, yaitu *cry1A* sampai *cryX*. Berdasarkan homologi sekuen asam amino di N-terminalnya, berat molekulnya, dan aktivitas insektisidalnya. Delapan kelas tersebut adalah:

1. *Cry1* yang menyerang serangga lepidoptera
2. *CryII* yang menyerang lepidoptera dan diptera
3. *CryIII* yang menyerang koleoptera
4. *CryIV* yang menyerang diptera
5. *CryV* yang menyerang lepidoptera dan koleoptera
6. *CryVI* yang menyerang nematoda
7. *CryIXF* yang menyerang lepidoptera
8. *CryX* yang menyerang lepidoptera.

Menurut Huffaker dan Messenger (1989) dalam Hadi (2017) apabila biakan-biakan *B. thuringiensis* yang telah mengalami sporulasi diberikan kepada serangga, salah satu diantara akibat utamanya akan terjadi, tergantung juga kepada besarnya dosis, yaitu:

- a. Kelumpuhan pada serangga yang disebabkan oleh kristal beracun yang ditunjukkan adanya perubahan patologis dalam jaringan – jaringannya, lama kelamaan serangga akan mati sebelum pertumbuhan yang sesungguhnya atau infeksi *B. thuringiensis*.
- b. Serangga yang terserang bakteri umumnya menunjukkan tanda – tanda keracunan seperti kurangnya nafsu makan kerusakan epithelium midgut (perut bagian tengah serangga yang berakibat kematian pada serangga).

2.3 Kultivasi Bioinsektisida *Bacillus thuringiensis*

Dalam memproduksi spora *B.thuringiensis* semuanya bergantung pada jenis mikroba, ketahanan serangga sasaran, dan potensi perbanyakan serta formulasi yang digunakan. Toksisitas *B. thuringiensis* dalam mengendalikan hama akan lebih tinggi pada rasio C/N = 0,5. Keberadaan limbah peternakan yang melimpah dapat dimanfaatkan sebagai media perbanyakan selagi didalamnya terdapat nutrisi bagi pertumbuhan bakteri. Medium yang murah, mudah didapatkan, mudah digunakan dan dapat menghasilkan produk yang optimum baik secara kuantitas maupun kualitas tentu sangat diharapkan. Limbah industri pertanian dan peternakan sangat berpotensi sebagai medium fermentasi, salah satunya yaitu molase (Mahrus, 2014).

2.4 Cairan Molase

Menurut Fitria (2017) molase merupakan hasil sampingan dari proses industri gula tebu (*Saccharum officinarum L*) pada saat tahap pemisahan kristal . biasanya molase berbentuk cairan berwarna hitam seperti kecap dan sangat kental. Cairan molase atau yang biasa disebut dengan tetes tebu sangat populer digunakan dalam proses fermentasi anaerobik, sumber karbon untuk denitrifikasi, serta digunakan dalam pengaplikasian dalam budidaya perairan, digunakan pula dalam proses produksi alkohol hingga produksi pakan ternak (silase). Hal ini disebabkan karena molase merupakan sumber nutrisi yang baik bagi mikroba selama proses fermentasi molase relatif terjangkau serta kaya nutrisi.

Kadar gula yang terkandung dalam cairan molase relatif tinggi yakni dalam kisaran 50-60%, namun tidak dapat dibentuk kembali menjadi sukrosa. pH cairan molase dapat mencapai 5,5-6,5. Hal ini disebabkan adanya asam-asam organik bebas (Mardiyah *et al.*, 2012). Menurut Priandika *et al.*, (2017) kandungan C-organik cairan molase adalah 58,5% dan N-Total 0,9%.

Komponen yang terkandung dalam molase menurut Toharisman dan Santosa, 1999 dalam Fitria (2017) dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1. Kandungan Nutrisi Dalam Cairan Molase

No	Kandungan	Kisaran (%)	Rata-rata (%)
1	Air	17-25	20
2	Senyawa organik		
	Sakarosa	30-40	35
	Glukosa	4-9	7
	Fruktosa	5-12	9
	Gula reduksi lain	1-5	3
	Protein kasar	2,5-4,5	4
	Asam amino	0,3-0,5	0,4
3	Senyawa Anorganik		
	K ₂ O		4,80
	C _u O		1,20
	MgO		0,98
	N _{a2} O		0,10
	Fe ₂ O ₃		0,12
	SO ₃		1,90
	Cl		1,80
	P ₂ O ₅		0,60
	S _i O ₂ tidak larut		
4	Wax,phospolipid, dan sterol		0,40
5	Vitamin (g)		
	Biotin (H)		2
	Cholin (B ₄)		8,80
	Asam folat (B kompleks)		0,35
	Niacin (B kompleks)		23
	Riboflavin (B ₂)		40
	Asam pantothenat (B kompleks)		2,50
	Thiamine (B ₁)		0,80

2.5 Bio Urin Sapi

Usaha peternakan sapi perah selain menghasilkan produk peternakan berupa daging dan susu, juga menghasilkan kotoran yang berupa limbah padat (feses) dan limbah cair (urin). Limbah yang dibuang ke badan sungai tanpa pengelolaan menyebabkan pencemaran lingkungan seperti kotornya air sungai, menimbulkan aroma yang tidak sedap, menyebabkan penyakit kulit dan gatal-gatal. Sebaliknya bila limbah urin dikelola dengan baik akan memberikan nilai tambah.

Bio urin sapi merupakan pupuk organik cair yang berasal dari limbah cair hasil fermentasi dari kotoran sapi dengan mikroba bermanfaat. Dalam usaha peternakan limbah ditampung dalam bentuk padat dan cair. Selama ini pupuk

organik lebih banyak berasal dari limbah kotoran hewan seperti sapi, kambing, ayam dan sebagainya, namun hanya limbah padatnya saja yang lebih banyak diolah dan dikomersilkan. Hal itu dikarenakan proses penampungan dari limbah cair ternak cukup repot dan memiliki bau yang menyengat sehingga dapat serta mengundang nyamuk dan lalat untuk berkembang biak ditempat timbunan tanah dan dapat menyebabkan diare serta disentri bagi masyarakat sekitar peternakan. Padahal kandungan hara limbah cair lebih tinggi dibandingkan dengan limbah padat (Sudana dan Susanta, 2014).

Pemanfaatan urin sapi sebagai pupuk cair disebabkan karena kandungan unsur hara makro N yang cukup tinggi. Bio urin sapi merupakan alternatif pupuk organik cair hasil fermentasi untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman yang mengandung mikroorganisme (Indriani *et al.* 2013)

Menurut Priandika *et al.* (2017) kandungan C/N yang terkandung dalam bio urin sapi relatif banyak. Kandungan C-Organik mencapai 5,8 % dan kandungan N-Total sekitar 1,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. 2012. Pengendalian Hama Terpadu: Pendekatan dalam Mewujudkan Pertanian Organik Rasional. *Iptek Tanaman Pangan*. 7(2):98–99.
- Arindhani, S. 2015. *Produksi Bioetanol Menggunakan Ragi Instan Dengan dan Tanpa Pemberian Aerasi Pada Media Molases*. [Skripsi] Universitas Jember
- Arsyad, S. 2017. *Skrining Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap Untuk Mendekomposisi Tunggul Karet*. [Skripsi] Institut Pertanian Bogor.
- Asmaliyah, Imanullah, A. dan Darwaiti, W. 2012. Termite Identification and Potential Damage on Tembesu Plantation in Experiment Field of Way Hanakau , North Lampung. *Penelitian Hutan Tanaman*. 9(4):187–194.
- Bahagiawati. 1993. Penggunaan *Bacillus thuringiensis* Sebagai Biopestisida. *Buletin Agrobio*.
- Bahagiawati. 2013. Penggunaan *Bacillus thuringiensis* sebagai Bioinsektisida. *Buletin Agrobio*. 5(1):21–28.
- Diba, F. 2016. Studi Anatomi, Fisiologi dan Bioaktifitas Sekeresi Pertahanan Diri Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus Holmgren* (Isoptera : Rhinotermitidae). (11). Available at: <https://www.researchgate.net/publication/26686485>.
- Effendi, B. S. 2009. Strategi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Padi dalam Perspektif Praktek Pertanian Yang Baik (Good Agricultural Practices). *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*. 2(1):65–78.
- Fatmasari. 2015. *Uji Sensitivitas Antibiotik Klorampenikol, Siporofloksasin Dan Klindamisin Terhadap Bacillus cereus yang Diisolasi Dari Daging Sapi di Pasar Tradisional dan Pasar Modern Kota Makasar*. [Skripsi] Universitas Hassanudin.
- Fitria, A. 2017. *Pengaruh Suhu dan Lama Fermentasi Terhadap Produksi Ekspolisakarida dari Tetes Tebu Oleh Lactobacillus plantarum dan Identifikasi Senyawa Gula Penyusunnya*. [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. 12–14.

- Handru, A. dan Herwina, H. 2012. *Jenis-jenis Rayap (Isoptera) di Kawasan Hutan Bukit Tengah Pulau dan Areal Perkebunan Kelapa Sawit , Solok Selatan Termites species (Isoptera) at forest of Bukit Tengah Pulau and palm plantation , Solok Selatan.* Biologi Universitas Andalas. 1(September):69–77.
- Hadi, M. 2008. Pembuatan Kertas Anti Rayap Ramah Lingkungan dengan Memanfaatkan Ekstrak Daun Kirinyuh (*Eupatorium odoratum*). *BIOMA*. 6(2):12-18. ISSN: 1410-8801
- Hanimatul, K. dan Puji, A. 2014. Penentuan Waktu Inkubasi Optimum Terhadap Aktivitas Bakteriosin *Lactobacillus sp.* *RED*, 3(4):52–56.
- Herlinda, S, Septiana, dan Irsan.C. 2010. Populasi Serangan Rayap (*Coptotermes curvignathus*) Pada Tanaman Karet di Sumatera Selatan. *Dalam Prosiding Seminar Nasional*.528(12):13–14.
- Hermanto, S., Jusuf, E. dan Shiddiqi, M. H. 2013. Eksplorasi Protein Toksin *Bacillus thuringiensis* dari Tanah di Kabupaten Tangerang 3(1).
- Holt, J.G., N.R. Krieg., P.H.A. Sneath., J.T. Staley dan S.T. Williams.*Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9th. Edition. USA: Williams and Wilkins Baltimore.
- Indriani., F., Sutrisno, E. dan Sumiyati, S. 2013. Studi Pengaruh Penambahan Limbah Ikan Pada Proses Pembuatan Pupuk Cair Dari Urin Sapi Terhadap Kandungan Unsur Hara Makro (CNPk). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(2):1–8.
- Iswanto, A. H. 2005 *Rayap Sebagai Serangga Perusak Kayu Dan Metode Penanggulangannya*. Universitas Sumatera Utara.1–6.
- Lantang, D. dan Dirk, D. A. N. 2012. Karakterisasi Bakteri *Bacillus thuringiensis* asal Hutan Lindung Kampus Uncen Jayapura, serta Deteksi Toksisitasnya terhadap Larva *Nyamuk Anopheles*. *Jurnal Biologi Papua*. (4):19–24.
- Lestari, F. 2012. Efikasi *Bacillus thuringiensis* Terhadap Hama Ulat Daun Gaharu *Heortia vitessoides* (Efficacy of *Bacillus thuringiensis* againts Worm Leaf Pest on Tree Gaharu Producer). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*.4(9):227-232
- Mahrus, A. 2014. Pengaruh Penambahan Molase Pada Media Tanam F3 dengan Konsentrasi yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Jamur Kuping Hitam (*Auricularia polytricha*). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

- Mardiyah Robitul, N. dan Suryo, Y. 2012. Pemanfaatan Unsur Makro (NPK) Limbah Cair Tahu Untuk Pembuatan Pupuk Cair Secara Aerobik. *Jurnal Teknik Lingkungan*. (2):9.
- Mubin, N. 2013. *Keanekaragaman Spesies Rayap Dan Bakteri Simbionnya : Studi Kasus di Kampus IPB Dermaga, Bogor*. [Skripsi] Institut Pertanian Bogor.
- Mulyaningsih, L. 2010. Aplikasi Agensia Hayati Atau Insektisida dalam Pengendalian Hama *Plutella xylostella* dan *Cocidolomia binotalis* Untuk Peningkatan Produksi Kubis. *Media Soerjo*. 7(2):91–113.
- Nandika, D. 2003. Dampak Ekonomis Serangan Rayap dalam Teknologi Pengendalian Rayap Ramah Lingkungan. *Makalah Penelitian dan Workshop, Pusat Studi Ilmu Hayati, IPB dan Rentokil Pest Control, Bogor*. 19-21 Juli 2001.
- Ngatiman. 2014. Serangan Rayap *Coptotermes Sp* pada tanaman Meranti Merah Di Beberapa Lokasi Penanaman di Kalimantan. *Penelitian Dipterokarpa*. 8(1):59–64.
- Nururrozi, A., Indarjulianto, S. dan Purnamaningsih, H. 2017. Molasses : Dampak Negatif Pada Ruminansia. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 27(2):25–34. Available online at <http://jiip.ub.ac.id/>
- Permana, A. 2016. Penggunaan Oli dan Insektisida Untuk Mnengendalikan Rayap di Perkebunan Kelapa Sawit. *Agrosains dan Teknologi*. 1(2): 66.
- Pratiwi, dan Kusuma. 2012. Uji Toksisitas *Bacillus thuringiensis* Asal Kota Nganjuk Terhadap Larva *Aedes aegypti* : *Jurnal Biotropika*.1(4):171–176.
- Priandika, Arga. Istirokhatun, T. P. 2017. Pengaruh Urin Sapi dan Molase Terhadap Kandungan C Organik dan Nitrogen Total dalam Pengolahan Limbah Padat Isi Remen RPH dengan Pengomposan Aerobik. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1):1-9.
- Pujiastuti, Y.Masyitah S Dirgahayu.S , Suparman. 2018. The Use Of Golden Snail Meal To Enrich *Bacillus thuringiensis* Cuture Media And Its Effect On The Bacterial Toxicity Against *Spodoptera litura*. *J. HPT Tropika* 18(1):23–30.ISSN 1411-7525 DOI : 10.23960/j.hptt.118xx-xx
- Pujiastuti, Y. 2018. Toxicity of *Bacillus thuringiensis*- based Bio- insecticide on *Coptotermes curvingnathus* (Isoptera : Rhinotermidae) in Laboratory. 5(1):41–45. doi: 10.18178/joaat.5.1.41-45.

- Purnawati, R. Sunarti, T. dan Syamsu K. 2014. Characterization of Novel *Bacillus thuringiensis* Isolated from *Attacus atlas* and Its Growth Kinetics in the Cultivation Media of Tofu Whey for Bioinsecticide Production. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 4(16):33–39. ISSN 2224-3208 (Paper) ISSN 2225-093X (Online).
- Putriana, M. dan Fardedi. 2007. Pemanfaatan Air Kelapa dan Air Rendaman Kedelai Sebagai Media Perbanyak Bakteri *Bacillus thuringiensis* Berliner. *jurnal-jurnal ilmu pertanian indonesia*. 9(1):64–70.
- Rohwati. 2017. Efikasi Bioinsektisida Berbasis *Bacillus thuringiensis* Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren) (Isoptera : Rhinotermitidae) pada Tanaman Karet. [Skripsi] Universitas Sriwijaya.
- Salaki, C. 2011 Eksplorasi Bakteri Entomopatogenik Pengendali Hama *Plutella xylostella* dan *Spodoptera sp* pada Tanaman Kubis Bunga dan Brokoli. *Eugenia*. 17(3):209–219.
- Santoso, R., Yolanda, R. dan Purnama, A. 2013. Jenis-Jenis Rayap (Insekta: Isoptera) yang terdapat di Kecamatan Bangun Purba Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. [Skripsi]. Universitas Pasir Pengaraian.
- Sarifat, S. 2010. Produksi Bioinsektisida Dari *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* Menggunakan Limbah Industri Tahu Sebagai Substrat. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Sayuthi, M. 2012. Identifikasi Spesies Rayap Perusak Tanaman Jarak Pagar (*Jatopha Curcas.L*), *Ilmiah Pendidikan Biologi*. 4(2):118–121.
- Sismitaloka, Sanggrami, K., Sunarti, Candra, Ti. dan Rahayuningsih, M. 2016. Produksi Bioinsektisida Oleh *Bacillus thuringiensis* pada Kultivasi Media Padat Menggunakan Limbah Agroindustri. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*.13(12):1–10.
- Sudana, I. M. dan Susanta, A. 2014. Pemanfaatan Bio Urine Sapi Sebagai Bioestisida dan Pupuk Organik Dalam Usaha Budidaya Tanaman Sawi Hijau.[Skripsi].Universitas Udayana : 1–32.
- Sudono, S. Mardji, D. dan Boer. 2007. Efektivitas Penggunaan *Bacillus thuringiensis* berl. dan *Beauveria bassiana* bass. Terhadap kematian Beberapa Jenis Binatang Perusak Tanaman. *Jurnal Kehutanan Unmul*. 3 (1)
- Susanti, L. dan Blondine. 2010. Efikasi *Bacillus thuringiensis* H-14 yang dibiakan dalam Media Kelapa Pada Penyimpanan Suhu Kamar dan Refrigerator (Suhu 40C) Terhadap Vektor DBD dan Malaria. *Vektoria*. 1(2):109–122.

- Tarumingkeng, R.C. 1971. Biologi dan Pengenalan Rayap Perusak Kayu Indonesia. *Laporan Lembaga Penelitian Hutan* No. 138.
- Teguh, P. 2004. *Efektivitas Campuran Feses Sapi Dan Kapur Terhadap Serangan Rayap Tanah*. [Skripsi]. Universitas Lambang Mengkurat.
- Tampubolon, D. 2013. Uji Patogenesitas *Bacillus thuringiensis* dan *Metarhizium anisoplie* Terhadap Mortalitas *Spodoptera litura* di Laboratorium. . *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1(3):783–793.ISSN No. 2337- 6597.
- Uhi, H.T., Jachja, J., Mutia, R. dan Nandika, D. 2001. Pengaruh Suplementasi Rayap *Glyptotermes montanus* Kemner sebagai Sumber Protein Terhadap Penampilan Ayam Rokky-301. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 6(3):185-190.
- Wahyuono, D. 2015. Kajian Formulasi *Bacillus thuringiensis* Dengan Carrier Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit untuk Pengendalian Ulat Api (*Setora nitens*). *Planta Tropika Journal of Agro Science*. 3(1):24–30. doi: 10.18196/pt.2015.036.24-30.
- Wartono dan Prianto, T. P. 2009. Pertumbuhan Bakteri *Photorhabdus luminescens* pada Berbagai Media dan Produksi Eksotoksin sebagai Racun Serangga. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 6(2):60–69. doi: 10.1007/s10811-007-9205-4.