

KESAN KETOKSIKAN *Bacillus thuringiensis* subsp
kurstaki TERHADAP MORTALITI LARVA KUMBANG
BADAK (*Oryctes rhinoceros* L.) PEROSAK
KELAPA SAWIT DI SG.BATANG,
SANDAKAN

DARWANA BINTI DARLIS

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM PENGELUARAN TANAMAN
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2017



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN TESIS

JUDUL: KESAN KETOKSIKAN *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki* TERHADAP
MORTALITI LARVA KUMBANG BAHAK (*Oryctes rhinoceros* L.) PEROSAK
KELADA SAWIT DI KG. BATANG, SANDAKAN.

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN DENGAN KEPUJIAN

SAYA: DARWANA BINTI DARLIS

SESI PENGHAJIAN: 2013-2017

(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis *(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

☐

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RAHSIA RASMI 1972)

☐

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

☒

TIDAK TERHAD

(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: TB 9817, LORONG
2A/2, TAMAN SEMARAK,
91000, TAWAU, SABAH

TARIKH: 13/01/2017

Disahkan oleh:

NURULAIN BINTI ISMAIL

PUSAT KAWAN KANAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

PROF. Madya DR. SUZAN BENEDICK
@ SARAH ABDULLAH
PENYARAH DSSM
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UMSB SANDAKAN

(NAMA PENYELIA)

TARIKH: 9/1/2017

Catatan:

*Potong yang tidak berkenaan.

*Jika tesis ini SULIT dan TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

*Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara Penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

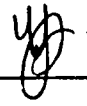


UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Saya juga mengakui bahawa disertasi ini tidak pernah atau sedang dihantar untuk perolehi ijazah dari universiti ini atau mana universiti yang lain.



DARWANA BINTI DARLIS

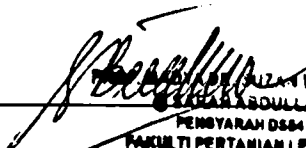
BR13110034

29 NOVEMBER 2016



DIPERAKUKAN OLEH

1. PROF. Madya DR. SUZAN BENEDICK @
SARAH ABDULLAH
PENYELIA



PROF. Madya DR. SUZAN BENEDICK
SARAH ABDULLAH
PENSYARAH DSSM
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UMS SANDAKAN

2. PROF. Madya DR. MARKUS ATONG
PENYELIA BERSAMA



PROF. Madya DR. MARKUS ATONG
PENSYARAH KANAN
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UMS KAMPUS SANDAKAN

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, pertama sekali saya bersyukur kepada Allah S.W.T kerana dengan limpah dan rahmat serta keizinan dari-Nya saya dapat menyiapkan projek tahun akhir saya dengan jayanya. Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak pengurusan Fakulti Pertanian Lestari, Universiti Malaysia Sabah dan juga kesemua tenaga pengajar khususnya kepada penyelia projek saya Prof. Madya Dr. Suzan Benedick @ Sarah Abdullah dan penolong penyelia, Prof. Madya Dr. Markus Atong kerana banyak membantu dalam menyiapkan kajian ini dari segi idea, cadangan dan tunjuk ajar yang sangat membantu saya menyempurnakan sehingga ke saat akhir. Sesungguhnya tanpa bantuan mereka, kajian ini tidak mungkin dapat saya siapakan dengan baik dalam tempoh masa yang telah ditetapkan.

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih juga saya tujukan kepada kedua ibu bapa saya Encik Darlis bin Dahang dan Puan Rohani bte Malek serta seluruh keluarga saya yang terlibat secara langsung mahupun tidak langsung dalam memberi bantuan dan sokongan moral sehingga saya berjaya menyiapkan kajian ini. Jutaan terima kasih juga saya tujukan buat rakan-rakan saya yang banyak memberi dorongan kepada saya sepanjang projek ini berlangsung. Semoga jasa baik mereka sentiasa diberkati dan dirahmati Allah.



ABSTRAK

Satu kajian telah dijalankan untuk menyiasat kesan ketoksikan insektisid *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki* (*Bt kurstaki*) antara Ladang Persendirian (Ladang 1) dan Ladang Syarikat Majulah Sdn Bhd (Ladang 2) yang terletak di Sg. Batang, Sandakan terhadap mortaliti larva kumbang badak (*Oryctes rhinoceros* L.) perosak kelapa sawit. Kajian ini telah dijalankan di Makmal Entomologi Fakulti Pertanian Lestari, Universiti Malaysia Sabah, Kampus Sandakan yang terletak di Batu 10 Sungai Batang, Sandakan, Sabah selama 2 bulan (Ogos 2016 hingga Oktober 2016). Objektif kajian ini adalah untuk menentukan '*Lethal Dose*' (LD_{50} atau LD_{90}) mengikut masa dan pertambahan dos insektisid serta faktor kerintangan (FR_{50} atau FR_{90}) bagi mortaliti larva *Oryctes rhinoceros* terhadap insektisid *Bt kurstaki*. Sebanyak 4 rawatan (ng/g) telah digunakan termasuk dos kawalan (0 ng/g, 6.5×10^5 ng/g, 13×10^5 ng/g, 26×10^5 ng/g). Setiap rawatan mempunyai 3 replikasi dan disusun menggunakan rekabentuk *Completely randomized Design* (CRD). Semua data dianalisis dengan menggunakan analisis PROBIT dengan perisian POLO PLUS. *Bt kurstaki* (mengikut dos kepekatan) disebarkan ke atas makanan larva kumbang badak dan kadar mortaliti larva kumbang badak telah direkod setiap 24 sehingga jam ke 96. Keputusan kajian mendapati bahawa terdapat perbezaan bererti pada tahap ketoksikan insektisid *Bt kurstaki* terhadap mortaliti larva *Oryctes rhinoceros* di kedua-dua kawasan kajian. Hasil kajian menunjukkan bahawa kadar peratusan mortaliti probit selama 96 jam untuk Ladang 1 (93.33%) adalah lebih tinggi berbanding Ladang 2 (40%). Hipotesis 'parallelism' menunjukkan bahawa tidak terdapat perbezaan bererti bagi kesan relatif kimia pada bahan aktif *Bt kurstaki* di Ladang 1 ($\chi^2 = 0.03$, df = 3, $p = 0.999$) dan Ladang 2 ($\chi^2 = 0.13$, df = 3, $p = 0.988$). Hipotesis 'equality' juga menunjukkan bahawa tidak terdapat perbezaan bererti bagi tindak balas populasi di Ladang 1 ($\chi^2 = 1.63$, df = 6, $p = 0.951$) dan Ladang 2 ($\chi^2 = 0.75$, df = 6, $p = 0.993$). Kedua-dua ujian ini menunjukkan nilai $p > 0.05$. Ujian kerintangan mendapati bahawa Ladang 1 berada dalam status kerintangan sederhana manakala Ladang 2 berada dalam status kerintangan tinggi. Secara kesimpulannya, ujian faktor kerintangan (FR) Ladang 1 dan Ladang 2 memberi kesan terhadap kadar mortaliti larva kumbang badak.

**EFFECT OF TOXICITY *Bacillus thurigiensis* subsp *kurstaki* TOWARDS
MORTALITY OF RHINOCEROS BEETLE LARVAE (*Oryctes
rhinoceros* L.) PEST IN OIL PALM PLANTATION
IN SG. BATANG, SANDAKAN**

ABSTRACT

This study was carried out in order to know the effects of insecticides toxicity of *Bacillus thurigiensis* subsp *kurstaki* (*Bt kurstaki*) between Private Estate (Plantation 1) and Majulah Company Estate (Plantation 2) against mortality of rhinoceros beetle larvae (*Oryctes rhinoceros* L.) pest in oil palm plantation. This study was conducted in the laboratory of the Faculty of Sustainable Agriculture (Laboratory of Entomology), Universiti Malaysia Sabah, Sandakan Campus located at Batu 10 Sungai Batang , Sandakan, Sabah for 2 months (August 2016 until October 2016). The objective of this study was to determine Lethal Dose (LD₅₀ or LD₉₀) by time and dose insecticide and also resistant factor (FR₅₀ or FR₉₀) for mortality of rhinoceros beetle larvae towards *Bt kurstaki*. Furthermore, 4 treatments (ng/g) were used included control (0 ng/g, 6.5×10⁵ ng/g, 13×10⁵ ng/g, 26×10⁵ ng/g). Each treatment had 3 replicates and was prepared to use Completely Randomized Design (CRD). All data were analysed by using PROBIT analysis and POLO PLUS software. *Bt kurstaki* were sprayed onto the food of the larvae and the mortality were recorded after 24 hours, for 48, 72, and 96 hours of experiments. The result showed that there was a significant difference in mortality rhinoceros larvae between Plantation 1 and Plantation 2. Plantation 1 showed the highest percentage mortality (93.33%) in compared to Plantation 2 (40%) for duration of 96 hours. Moreover, test showed that there was no significant difference for chemical relative *Bt kurtasaki* in Plantation 1 ($\chi^2=0.03$, df=3 ,p=0.999) and Plantation 2 ($\chi^2=0.13$,df=3, p=0.988). This is similar to equality test which also showed that there was no significant difference towards response in larvae population for Plantation 1 ($\chi^2=1.63$, df=6 , p=0.951) and Plantation 2 ($\chi^2=0.75$, df=6, p=0.993). Both test showed that the probability were p>0.005. Moreover, for resistant factor (FR), Plantation 1 was in moderate resistant while Plantation 2 was in high resistant. As a conclusion, the resistant factors affected the result in mortality rate of rhinoceros beetle larvae.

KANDUNGAN

Isi Kandungan	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
DIPERAKUKAN OLEH	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	viii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SIMBOL, UNIT DAN RINGKASAN	xi
SENARAI FORMULA/PERSAMAAN	xii
BAB 1 PENGENALAN	4
1.1 Latar Belakang	4
1.2 Justifikasi	5
1.3 Objektif Kajian	5
1.4 Hipotesis	
BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	6
2.1 Kelapa sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq)	6
2.1.1 Penyakit Kelapa Sawit	7
2.1.2 Perosak Kelapa Sawit	7
2.2 Kumbang Badak, <i>Oryctes rhinoceros</i> (L.)	9
2.2.1 Biologi dan Kitaran Hidup Kumbang Badak	11
2.2.2 Kerosakan Disebabkan Larva Kumbang Badak	12
2.2.3 Daya Ketahanan Larva Kumbang Badak	13
2.2.4 Cara Mengawal Larva Kumbang Badak	15
2.3 Ketoksikan	15
2.3.1 Prosedur Ujian Ketoksikan	16
2.3.2 Perbezaan 'Lethal Dose' (LD ₅₀ atau LD ₉₀) dan 'Lethal Time' (LT ₅₀ atau LT ₉₀)	17
2.3.3 Jenis Ujian Ketoksikan Terhadap Serangga	17
2.4 <i>Bacillus thuringiensis</i> (Toksin <i>Bt</i>)	18
2.4.1 Ciri-ciri Morfologi <i>Bacillus thuringiensis</i> (<i>Bt</i>)	20
2.4.2 Kebaikan Penggunaan Toksin <i>Bt</i>	20
2.4.3 Pengaruh Suhu Terhadap Toksin <i>Bt</i>	21
2.4.4 Pengaruh pH Terhadap Toksin <i>Bt</i>	21
2.4.5 Pertumbuhan Bakteria Toksin <i>Bt</i>	22
2.4.6 Penggunaan Toksin <i>Bt</i> Terhadap Kumbang Badak	22
2.4.7 Subspesies <i>Bacillus thuringiensis</i> (Toksin <i>Bt</i>)	23
BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN	24
3.1 Lokasi Dan Tempoh Kajian	24
3.2 Tempoh Masa Kajian	24
3.3 Bahan Kajian	25
3.4 Kaedah Kajian	25
3.4.1 Kaedah Pengumpulan Sampel Larva Kumbang Badak	25
3.4.2 Penjagaan Larva Kumbang Badak	26
3.5 Penyediaan Stok Larutan	26
3.5.1 Kaedah Insektisid Komersial (%)	26



3.5.2	Pertukaran Nilai Mililiter (ml) kepada Unit Mikroliter (μ l)	27
3.5.3	Pencairan Berganda ('Doubling Dilution')	27
3.5.4	Ujian Bioasai	28
3.6	Parameter Kajian	28
3.7	Rekabentuk Eksperimen	28
3.8	Analisis Data	29
3.8.1	Pembetulan Peratusan Mortaliti ('Corrective Mortality')	29
3.8.2	Analisis Ujian ' <i>Parallelism</i> '	29
3.8.3	Analisis Ujian Kerintangan	30
 BAB 4 KEPUTUSAN		
4.1	Data Mortaliti Kumbang Badak	
4.2	Kesan Ketoksikan <i>Bt kurstaki</i> Terhadap Kadar Mortaliti Probit Larva Kumbang Badak Mengikut Masa (LD_{50} atau LD_{90})	32
4.2.1	Mortaliti Dalam Probit	32
4.2.2	Ladang Persendirian (Ladang 1)	34
4.2.3	Ladang Syarikat Majulah Sdn Bhd (Ladang 2)	35
4.2	Kesan Ketoksikan <i>Bt kurstaki</i> Terhadap Kadar Mortaliti Larva Kumbang Badak Antara Ladang 1 Dan Ladang 2	
4.3.1	Analisis Kesesuaian Data	36
4.3.2	Analisis Hipotesis (<i>Parallelism</i> dan <i>Equality</i>)	37
4.4	Ujian Kerintangan (FR_{50} atau FR_{90})	38
 BAB 5 PERBINCANGAN		
5.1	Kesan Rawatan Insektisid <i>Bt kurstaki</i> Terhadap Mortaliti Larva Kumbang Badak	40
5.2	Perbandingan Ketoksikan Insektisid <i>Bt kurstaki</i> terhadap Ladang 1 dan Ladang 2 antara 24, 48, 72 dan 96 jam	41
5.3	Perbandingan 'Lethal Dose' (LD_{50} atau LD_{90}) antara Ladang 1 dan Ladang 2	43
5.4	Nisbah Kerintangan <i>Bt kurstaki</i> Terhadap Mortaliti Larva Kumbang Badak Mengikut Masa (FR_{50} dan FR_{90})	43
 BAB 6 KESIMPULAN		
6.1	Penemuan Kajian	45
6.2	Cadangan	46
 RUJUKAN		49
LAMPIRAN		65

SENARAI JADUAL

Jadual		Muka Surat
2.1	Cara-Cara Toksin <i>Bt</i> Bekerja Terhadap Serangga Perosak	20
3.1	Susunan rekabentuk rawatan bahan aktif insektisid <i>Bt kurstaki</i> berdasarkan 'Completely Randomized Design' (CRD)	28
4.1	Data mortaliti larva kumbang badak bagi bahan aktif racun serangga <i>Bt kurstaki</i> terhadap Ladang 1 dan Ladang 2 pada 24, 48 , 72 dan 96 jam pemerhatian.	32
4.2	Nilai LD ₅₀ dan LD ₉₀ bagi Ladang 1 dan Ladang 2 pada 24, 48, 72 dan 96 jam pemerhatian.	33
4.3	Nilai Khi Kuasa Dua , Darjah Kebebasan dan Probabiliti (Ladang 1)	34
4.4	Nilai Khi Kuasa Dua , Darjah Kebebasan dan Probabiliti (Ladang 2)	35
4.5	Nilai Khi Kuasa Dua , Darjah Kebebasan dan Probabiliti (Ladang 1 dan Ladang 2)	37
4.6	Nisbah kerintangan <i>Bt kurstaki</i> terhadap mortaliti larva kumbang badak mengikut masa (FR ₅₀ atau FR ₉₀)	38

SENARAI RAJAH

Rajah		Muka Surat
2.1	Kitaran hidup kumbang badak (a) Telur Kumbang Badak, (b) Larva Kumbang Badak, (c) Pupa, dan (d) Kumbang Badak dewasa.	11
2.2	(A) Mikrograf SEM dan (B) Mikrograf TEM kristal endotoksin kurstaki HD-1 .	23
4.1	Hubungkait antara kadar mortaliti dalam probit terhadap 'Lethal Dose' (LD_{50} atau LD_{90}) di Ladang 1.	34
4.2	Hubungkait antara kadar mortaliti dalam probit terhadap 'Lethal Dose' (LD_{50} atau LD_{90}) di Ladang 2.	35
4.3	Hubungkait antara dos kepekatan dan mortaliti dalam probit larva kumbang badak bagi Ladang 1 dan Ladang 2.	37

SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN

°C	Darjah Selsius
μl	Mikroliter
ng/g	Nanogram per gram
ml	Mililiter
mg	Miligram
g	Gram
<i>Bt kurstaki</i>	<i>Bacillus thurigiensis subsp kurstaki</i>
SPSS	Statistical Package for Social Science
CRD	Completely Randomized Design
LT ₅₀ atau LT ₉₀	Masa yang diperlukan untuk membunuh 50%/90% daripada populasi
LD ₅₀ atau LD ₉₀	Dos maut yang diperlukan untuk membunuh 50%/90% daripada populasi
MPOB	Malaysian Palm Oil Board
BTK	Batang Tandan Kosong
NK	Nisbah Kerintangan



SENARAI FORMULA/ PERSAMAAN

Formula	Muka Surat
3.1 Kuantiti Insektisid (sehektar) = $\frac{\text{Kadar Penggunaan}}{\text{Bahan Aktif (\%)}}$	26
3.2 $M_1V_1=M_2V_2$	26
3.3 $\text{Dos (ng/g)} = \frac{\mu\text{l} \times \text{jumlah 0.1 triton (surfaktan)} \times 1000}{(\text{Berat Larva} \times 1000)} \times 100$	27
3.4 Formula Abbot = $\frac{\text{Mortaliti rawatan insektisid (\%)} - \text{Mortaliti rawatan kawalan (\%)}}{100 - \text{Mortaliti rawatan kawalan (\%)}} \times 10$	29
3.5 $x_1 - x_2 = \frac{a_1 - a_2}{b} = M$	29
3.6 Nisbah Kerintangan (NK) = $\frac{\text{LD50 atau LD90 yang tertinggi}}{\text{LD50 atau LD90 yang terendah}}$	30

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Pokok kelapa sawit, *Elaeis guineensis* Jacq. tergolong dalam subfamili Cocoideae, famili Palmae sama seperti pokok kelapa. Pada peringkat awal menanam sawit biasanya terdapat pelbagai jenis perosak yang menyerang tanaman ini. Serangga perosak utama termasuklah kumbang kaboi, kumbang badak, anai-anai dan belalang, manakala perosak haiwan mamalia pula adalah tikus, landak, babi hutan, monyet dan gajah (Masijan, 2000). Serangan ini boleh berlaku di kawasan yang baru dibangunkan dan juga di kawasan tanam semula.

Pengawalan perosak ini adalah penting dan sekiranya tidak dikawal dari peringkat awal ia akan menyebabkan kerugian yang besar kerana akan melambatkan pertumbuhan kelapa sawit dan dalam masa yang sama akan mengurangkan hasil kelapa sawit. Di Malaysia, ancaman utama industri kelapa sawit adalah daripada kumbang badak (*Oryctes rhinoceros* L.) dan kumbang jalur merah (*Rhynchophorus ferrugineus*). Serangan kedua-dua serangga perosak ini semakin serius sehingga menyebabkan kematian pokok dan kerugian hasil sebanyak 25% (Masilamany, 2013). Kajian ini telah menumpukan kepada larva kumbang badak kerana larva kumbang badak merupakan fasa yang paling sensitif dan mudah untuk dihapuskan.

Kumbang badak adalah perosak utama tanaman sawit pada peringkat awal menanam (Masijan, 2000). Kebiasaannya, serangan kumbang badak ini akan berlaku dengan lebih teruk sekiranya kawasan tersebut mempunyai tempat pembiakan seperti tunggul mereput dan bahan organik yang mereput seperti habuk papan, tahi lembu dan tandan buah kosong.



Menurut Pusat Penelitian Kelapa Sawit (2009), serangan perosak kumbang badak dapat menurunkan produk tandan buah segar pada tahun pertama hingga 60% dan mengakibatkan kematian tanaman muda hingga 25%. Selain itu, terdapat beberapa faktor lain yang boleh menyebabkan serangan kumbang badak lebih aktif seperti kaedah penanaman semula tanpa pembakaran di mana batang sawit yang ditumbang dibiarkan mereput akan menarik perhatian perosak seperti kumbang badak ini untuk dijadikan tempat pembiakannya.

Penanaman semula secara tanam bawahan (penanaman semula di bawah pokok sawit tua yang kemudiannya diracun) juga menggalakkan pembiakan serangga perosak ini. Kumbang dewasa akan menyerang pucuk sawit menyebabkan lubang yang berbentuk baji atau 'V' (Purba, 2008). Bahagian pucuk yang telah diserang ini akan mereput dan akhirnya patah. Kesan daripada serangan ini menyebabkan daun muda yang keluar akan berbentuk seperti kipas pada bahagian hujungnya. Serangan yang teruk akan menyebabkan pertumbuhan pokok terbantut manakala serangan yang sangat teruk akan menyebabkan kematian.

Bagi mengelakkan serangan kumbang badak ini, beberapa kaedah pengawalan perosak telah dilaksanakan. Antaranya ialah dengan menggunakan perangkap feromon. Perangkap feromon akan dilihat lebih berkesan terhadap kumbang badak yang sudah kenyang makan dan sedang mencari tapak pembiakan. Oleh hal yang demikian, sekiranya kumbang badak tersebut baru sahaja keluar dari sarang pupa, perangkap feromon di anggap kurang berkesan kerana pada ketika itu naluri mereka lebih mendesak untuk mencari makanan. Kaedah perangkap feromon merupakan salah satu strategi kawalan jangka masa panjang yang amat baik. Ia dikategorikan sebagai komponen di dalam kaedah Pengurusan Perosak Bersepadu ('Integrated Pests Management', IPM) dan bukan kaedah yang dapat mengurangkan populasi kumbang badak secara mendadak di ladang yang tinggi populasi (Hartanto, 2001). Dalam keadaan tertentu, kaedah kawalan kultura juga dipraktikkan seperti menebang semua batang kelapa sawit dan membakar batang kelapa sawit untuk menghapuskan tempat pembiakan kumbang manakala kaedah kawalan racun kimia boleh diintegrasikan seperti meletakkan 3 hingga 4 butiran racun carbofuran di pelepah muda bagi mengurangkan serangan dan pembiakan kumbang badak.

Amalan lapangan untuk mengurangkan risiko serangan kumbang badak ini telah disyorkan untuk diguna pakai oleh industri. Kaedah baru untuk adalah penyebaran agen mikrob patogen seperti *Bacillus thuringiensis subsp kurstaki* (*Bt kurstaki*) sebenarnya sudah diperkenalkan pada 1911 tetapi tidak di komersialkan sehingga tahun 1950 (MPOB, 2010).

Kebelakangan ini terdapat satu perubahan besar yang dilakukan terhadap *Bt kurstaki* untuk menjadi insektisid terhadap kumbang badak. Hal ini kerana *Bt kurstaki* mampu menghasilkan kesan ke atas serangga melalui penghasilan protein yang bertindak balas dengan sel-sel lapisan usus serangga terutamanya kumbang badak (Salaki, 2011). Protein dalam subspesies ini mampu melumpuhkan sistem penghadaman kumbang badak terutamanya larva yang masih di peringkat tidak matang dan menyebabkan larva kumbang badak berhenti makan dalam masa beberapa jam.

Kajian ini akan menggunakan *Bt kurstaki* bagi melihat kesan ketoksikannya terhadap mortaliti larva kumbang badak. *Bt kurstaki* adalah salah satu subspesies yang paling memberi kesan terhadap serangga perosak dan subspesies ini telah diperkenalkan untuk menjadi kawalan serangga (Apoyolo, 1995). Aktiviti yang sangat khusus untuk racun serangga *Bt kurstaki* mungkin mengehadkan penggunaan mereka terhadap tanaman dalam memusnahkan serangga perosak (Deacon, 2010). Menurut kajian Deacon (2010), *Bt kurstaki* tidak akan membunuh secara terus dan kemungkinan akan membunuh kumbang badak dalam masa sehari atau dua hari selepas rawatan. *Bt kurstaki* ini akan perlahan-lahan memberi kesan kepada kumbang badak dan akhirnya menyebabkan kematian larva kumbang badak.

Kajian ketoksikan amat penting dilakukan untuk mengetahui jumlah dos sebenar yang diperlukan untuk membunuh serangga tertentu dengan lebih efektif dan berkesan. Dalam kajian ini insektisid yang digunakan ialah Dipel. Dipel dihasilkan daripada bahan aktif *Bt kurstaki* yang berkembang dalam kuantiti yang besar di dalam sebuah tangki melalui proses penapaian tertutup. *Bt kurstaki* bukan tergolong dalam bahan kimia yang membunuh lebih luas serangga, termasuk serangga yang berfaedah. Bahan aktif Dipel adalah bakteria semulajadi dan ketoksikan *Bt kurstaki* telah ditunjukkan untuk membunuh ulat seperti rama-rama gipsi yang busuk. Pada hari ini *Bt kurstaki* adalah satu-satunya mikrob yang semakin meluas penggunaannya

(Apoyolo, 1995). Setakat ini kesan ketoksikan insektisid terhadap kumbang badak amat kurang diketahui dan amatlah penting untuk dikaji khususnya di negeri Sabah yang mempunyai kawasan terbesar penanaman kelapa sawit.

1.2 Justifikasi

Kajian ini dijangka dapat membantu para petani di Sandakan, khususnya petani di Sg. Batang, Sandakan, Sabah untuk mengaplikasikan dan menggunakan dos racun perosak *Bt kurstaki* yang betul dan efektif bagi mengawal populasi serangga perosak kumbang badak. *Bt kurstaki* merupakan racun serangga yang mempunyai ciri-ciri luar biasa yang menjadikannya kawalan perosak berguna dalam sesuatu keadaan tertentu dan tidak membunuh serangga berfaedah. Selain itu, kebaikan tentang penggunaan racun perosak berasaskan mikrob iaitu *Bt kurstaki* ini dalam mengawal juga akan dapat difahami dengan lebih mendalam. Oleh itu, kajian ini dapat memberi satu strategi yang baik kepada para petani selain industri sawit secara amnya untuk mengawal populasi perosak kumbang badak yang menyerang tanaman kelapa sawit mereka tanpa penggunaan racun kimia yang berlebihan.

1.3 Objektif kajian

Objektif kajian ini ialah :

- (i) Menentukan masa maut mengikut (*lethal dose*) LD₅₀ dan LD₉₀ bagi larva *Oryctes rhinoceros* (L.) terhadap ketoksikan *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki*.
- (ii) Menentukan dos maut mengikut (*lethal dose*) LD₅₀ dan LD₉₀ bagi larva *Oryctes rhinoceros* (L.) terhadap ketoksikan *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki*.
- (iii) Untuk menentukan faktor kerintangan (FR₅₀ dan FR₉₀) bagi larva *Oryctes rhinoceros* (L.) terhadap insektisid *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis null (H_0) :

Tidak terdapat perbezaan yang bererti bagi ketoksikan *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki* antara Ladang 1 dan Ladang 2 terhadap mortaliti larva *Oryctes rhinoceros* (L.) di Sg. Batang, Sandakan mengikut masa atau mengikut pertambahan dos insektisid.

Hipotesis alternatif (H_a) :

Terdapat perbezaan yang bererti bagi ketoksikan *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki* antara Ladang 1 dan Ladang 2 terhadap mortaliti larva *Oryctes rhinoceros* (L.) di Sg. Batang, Sandakan mengikut masa atau mengikut pertambahan dos insektisid.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq)

Pokok kelapa sawit , (*Elaeis guineensis* Jacq) tergolong dalam subfamili Coccoideae dan merupakan tumbuhan tropika . Tanaman kelapa sawit berasal dari Negara Afrika Barat dan tanaman ini dapat tumbuh subur di Indonesia, Malaysia, Thailand dan Papua Nugini. Pokok kelapa sawit mempunyai sistem akar serabut dan kebiasaanya batang pokok adalah tegak dengan ukuran garis pusatnya 35cm hingga 65cm. Batang pokok adalah tunggal dan mempunyai pelepah-pelepah di hujungnya. Pelepah ini tersusun secara lingkaran dan setiap dua puluh atau tiga puluh pelepah daun akan terhasil bergantung kepada umur pokok tersebut. Secara purata, pokok kelapa sawit yang matang mempunyai lebih kurang 40 pelepah. Pada setiap aksi pelepah daun terdapat satu tunas bunga yang akan membentuk sama ada jambak bunga jantan atau betina.

Pokok kelapa sawit adalah bersifat monosius iaitu jambak bunga jantan dan betina adalah berasingan tetapi pada pokok yang sama. Jambak bunga jantan mempunyai tangkai dengan spikelet atau jejari dengan berukuran 12cm-20cm. Sebanyak lebih kurang 200 spikelet boleh didapati bagi satu bunga jantan. Pada setiap spikelet terdapat debunga yang berwarna kuning keputihan dari pangkal ke hujung bagi tiap-tiap spikelet .Jambak bunga betina pula mengandungi beberapa buah ribu bunga keluar dari 100-250 spikelet yang berduri dan tersusun secara lingkaran. Buah akan terbentuk dan matang di antara lima setengah hingga enam bulan selepas pendebungan. Buah kelapa sawit terdiri daripada bahagian luar (eksokarpa) atau kulit nipis,bahagian tengah (mesokarpa) atau purpa dan bahagian dalam (endorkarpa) atau tempurung dan isirong (Purba, 2005). Minyak kelapa sawit boleh didapati daripada



mesokarpa dan isirong. Tempoh hayat ekonomi pokok kelapa sawit ialah 25 tahun.

2.1.1 Penyakit Kelapa Sawit

Kelapa sawit diserang oleh penyakit seawal peringkat biji benih. Biji benih sawit diserang penyakit 'Brown Germ' dimana embrio di dalam isirong menjadi rosak dan hitam akibat kulat *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. dan *Fusarium* spp. Penyakit 'Schizophyllum' yang disebabkan oleh *Shizophyllum commune* yang masuk ke dalam biji benih yang pecah atau tidak bersih dan merosakkannya (Narayanasamy, 2013).

Penyakit semasa di tapak semaian termasuklah antraknos, penyakit bitnik daun dan karah daun masing-masing disebabkan oleh *Melanconium*, *Curvularia* spp. dan *Phytium* spp. Manakala penyakit yang menyerang di ladang ialah penyakit Reput Pangkal Batang (RPB) yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense* dan penyakit reput perdu akibat *Fusarium* spp (Vollmann dan Rajcan, 2009). Felda Plantations Sdn. Bhd. Zon Sabah terdiri daripada 49 ladang. Daripada jumlah tersebut, sebanyak 20 ladang telah dikenalpasti dengan symptom serangan RPB bagi tahun 2007 dengan 14 ladang adalah di bahagian Lahad Datu dan selebihnya adalah ladang FPAB bahagian Tawau (Zuanko, 2012). Dua aspek utama yang diperhatikan untuk mengetahui kesan penyakit RPB pada tanaman sawit. Kesan pertama dimana secara langsung tanaman sawit tumbang dan mati dan ini akan menyebabkan bilangan pokok bagi seunit kawasan menjadi kurang. Turner (1999), menyatakan penyakit RPB boleh menyebabkan kematian 80% dirian pokok dalam tempoh masa 25 tahun. Manakala kesan kedua pula ialah RPB akan menyebabkan pengurangan hasil buah tandan segar (BTS) bagi seunit kawasan. Hal ini kerana pokok yang diserang penyakit RPB akan mengeluarkan bilangan tandan yang kurang dan saiz tandan yang lebih kecil dan dalam masa yang sama kawasan tanaman yang teruk diserang RPB, prestasi hasil buah tandan segar boleh berkurangan sehingga 70%.

2.1.2 Perosak Kelapa Sawit

Namun begitu, industri kelapa sawit di Malaysia kini bukan sahaja mengalami masalah yang disebabkan *Ganoderma*, namun serangan perosak seperti serangga dan haiwan mamalia juga dianggap semakin serius. Secara general, perosak kelapa sawit boleh dikelaskan kepada serangga dan haiwan vertebrata. Perosak-perosak ini telah

menyesuaikan diri dengan tanaman kelapa sawit sejak hampir satu abad yang lalu. Serangga perosak termasuklah pemakan daun, ulat bungkus, ulat beluncas, kumbang badak, ulat pemakan pucuk dan belalang. Manakala haiwan vertebrata termasuklah tikus, gajah, landak dan babi hutan (Chung *et al.*, 2000).

Serangga perosak umumnya diseimbangkan oleh faktor-faktor biotik dan abiotik seperti musuh semulajadi dan faktor persekitaran termasuklah taburan hujan, suhu dan kelembapan. Walaubagaimanapun, keseimbangan tersebut kadangkala terganggu oleh penggunaan insektisid yang tidak betul, yang mencetuskan perosak (Nair, 2010). Kajian ini akan lebih memfokuskan tentang perosak kelapa sawit; kumbang badak kerana serangga perosak kelapa sawit semakin meningkat hari demi hari dan kajian ini amat penting untuk di kaji.

2.2 Kumbang Badak, *Oryctes rhinoceros* (L.)

Kumbang badak adalah nama umum untuk *O.rhinoceros* (L.). Kumbang badak ialah kumbang dari order Koleoptera, subfamili Dynastinae dalam famili Scarabaeidae (Hara, 2014). Serangga ini merupakan salah satu spesies perosak yang menyerang di seluruh kawasan tropika di dunia. Terdapat lebih daripada 300 spesies yang dikenalpasti. Ia merupakan antara kumbang terbesar namun tidak berbahaya kepada manusia kerana ia tidak menggigit atau menyengat.

Kumbang badak dapat dikenali dengan kehadiran tanduknya seperti badak. Kumbang badak jantan dapat dibezakan dengan kumbang badak betina melalui kehadiran tanduknya yang lebih panjang. Peringkat larva kumbang ini kebiasaanya hidup dalam bahan organik yang mereput.

Kumbang badak adalah perosak utama tanaman sawit dan kebiasaanya akan mula menyerang pada peringkat awal menanam. Menurut Masilamany dan Tang (2013), tempat pembiakan kumbang badak biasanya terdiri daripada bahan atau tanaman reput yang lembap dan kaya dengan bahan organik seperti batang pokok kelapa yang reput, kompos, habuk kayu, najis ternakan dan sisa kebun. Bagi kelapa sawit, perosak ini boleh menyebabkan kerosakan teruk terutamanya kepada kelapa sawit muda kerana ia akan memakan pucuk muda, menyebabkan kematian pokok-pokok sawit.

Kumbang badak dewasa akan memakan daun kelapa sawit dan masuk ke dalam lubang batang dan akhirnya merosakkan tumbesaran tumbuhan (Gurmit, 1987). Kumbang dewasa akan menyerang pucuk sawit menyebabkan lubang yang berbentuk biji. Bahagian pucuk yang telah diserang ini akan mereput dan akhirnya patah. Kesan daripada serangan ini menyebabkan daun muda yang keluar akan berbentuk seperti kipas pada bahagian hujungnya. Serangan yang teruk akan menyebabkan pertumbuhan pokok terbantut manakala serangan yang sangat teruk akan menyebabkan kematian pokok kelapa sawit .

Pada hari ini, masih ramai pemilik ladang kelapa sawit berusaha mencari jalan penyelesaian untuk menyelesaikan permasalahan tentang perosak kumbang badak tersebut. Kawalan menggunakan racun perosak adalah dianggap mahal kerana ia melibatkan penggunaan bahan kimia dan dalam masa yang sama racun tersebut akan memberi kesan negatif kepada serangga berfaedah lain dan manusia. Selain itu, penggunaan racun perosak ini juga dianggap tidak cekap dan mahal serta memberi kesan negatif kepada alam sekitar dan ekonomi.

2.2.1 Biologi dan Kitaran Hidup Kumbang Badak

Pada hari ini ramai penyelidik telah membuat kajian mengenai pembangunan, kitaran hidup, habitat, pengurusan dan variasi kumbang badak semenjak masalah yang disebabkan oleh serangan kumbang badak meningkat (Manjeri *et al.*, 2014). Terdapat empat peringkat utama di dalam kitaran hidup seekor kumbang. Faktor-faktor seperti suhu dan kandungan kelembapan memainkan peranan penting dalam kitar hidup kumbang ini (Tyagi dan Veer, 2011).

(a) Telur Kumbang Badak

Kitaran bermula apabila seekor kumbang jantan matang menyuburkan telur kumbang betina. Seekor kumbang betina menghasilkan sebanyak 40 hingga 50 biji telur (Hill, 2008). Telur disemadikan pada tanah, serpihan kayu atau rekahan daun. Telur kumbang badak adalah bujur telur dalam pelbagai bentuk dan kira-kira 3-4 mm dalam saiz. Ia akan mengambi masa kira-kira 8 - 12 hari sebelum ia menetas (Rajah 2.3a).

(b) Larva

Terdapat tiga peringkat instar larva untuk kumbang ini. Larva menggali dan mengorek bahagian dalam substrat untuk mengelakkan cahaya (Tyagi dan Veer, 2011). Menurut Bedford (1980), tempoh instar I adalah selama 12 hingga 21 hari namun menurut Catley (1969), tempohnya adalah selama 12 hingga 18 hari. Menurut Tyagi dan Veer (2011), tempoh instar I disebabkan oleh perubahan persekitaran tempat tinggal kumbang badak.

Pada peringkat instar II, abdomen larva akan melengkung dan gelap sehingga larva akan kelihatan agak kurus. Apabila larva membesar, ia akan kerap bersalin kulit dan menghasilkan rangka luaran yang kuat. Larva terus makan untuk 19-20 hari, mengalami peringkat tidak makan untuk sehari dan berganti kulit untuk instar ketiga pada hari ke 20 atau ke 21 dengan berat hampir 3 g, panjang 53-55 mm dan lebar 10-12 mm (Pryaranjini, 2003).

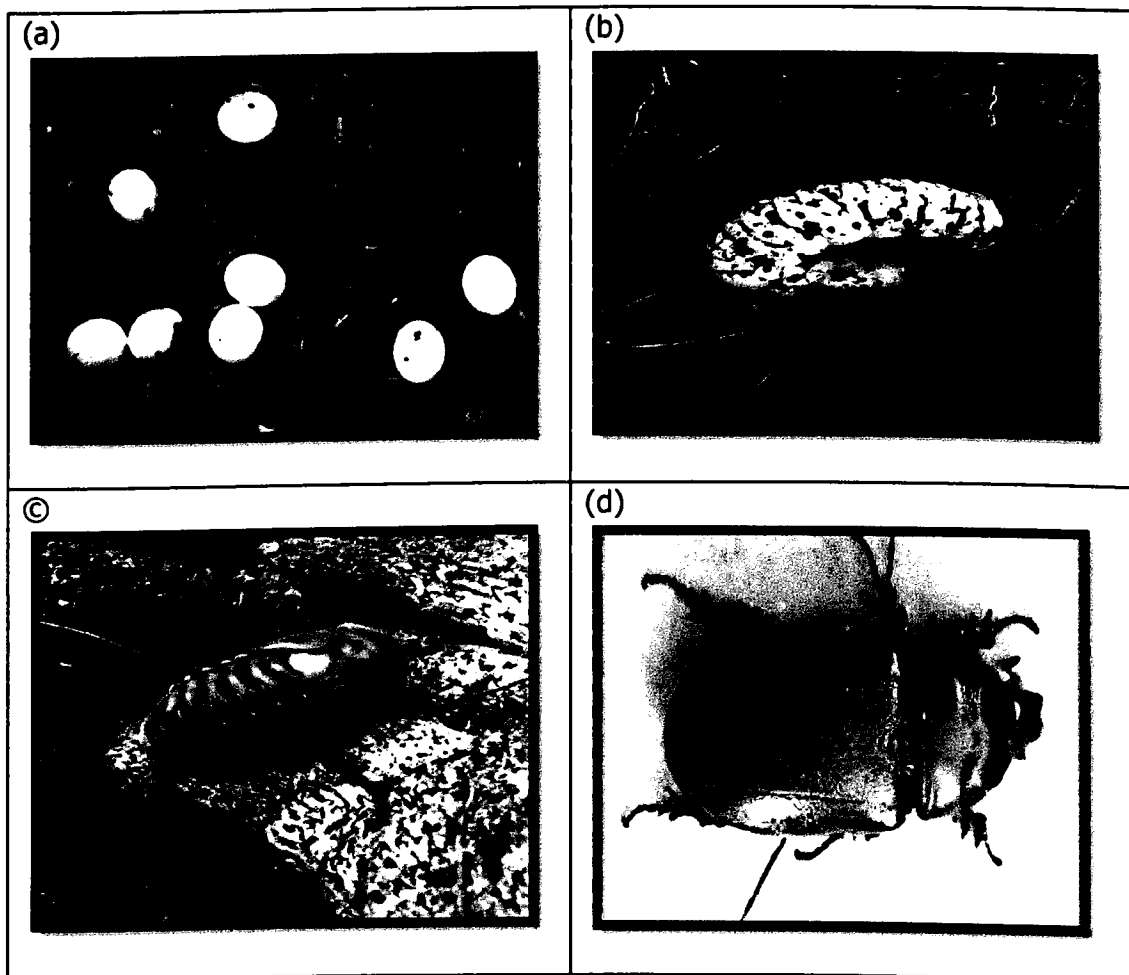
Pada hujung peringkat iaitu instar III, kumbang makan dengan aktif sehingga hari ke 90 (Tyagi dan Veer, 2011). Manakala hari ke 90 hingga ke 100, larva kumbang badak akan mengalami peringkat tidak makan selama 20-30 hari sebelum bertukar ke pra-pupa. Larva kumbang akan menghasilkan seperti benang sutera yang mana akan membentuk kepompong, dikenali sebagai pupa. Larva akan terus berkembang untuk 82 akan datang 207 hari. Larva ini tidak lama lagi akan memasuki peringkat prepupal dalam masa 8 hingga 13 hari lagi (Rajah 2.3b).

(c) Pupa

Pupa bersaiz dewasa. Kepompongnya melindungi pupa ketika ia menjalani perubahan dari satu bentuk ke bentuk yang lain (metamorfosis) menuju ke alam dewasa. Peringkat pupa adalah tinggal bersama di dalam pupa ketika ia meningkat matang. Pupa jantan dan betina dikenalpasti melalui susunan sternit abdomen terakhir (Mini dan Prabhu, 1988). Ia akan mula tumbuh sayap, tubuh dan lain-lain ciri luaran, dan membentuk sistem pembiakan matang. Selepas beberapa bulan (bergantung kepada spesis) kumbang dewasa akan muncul (Rajah 2.3c).

(d) Dewasa

Kumbang dewasa hidup hanya beberapa bulan. Mereka tertumpu terhadap pembiakan untuk menyambung kitaran hidup generasi seterusnya. badak dewasa kumbang akan tersimpan di dalam sel pupa untuk 17-22 hari lagi kemudian muncul dan terbang kelapa mahkota untuk memberi makan, kebanyakannya pada waktu malam. Ini adalah peringkat di mana kumbang ini amat merosakkan kepada kelapa sawit dan kelapa. Dari situ, kumbang dewasa akan terus hidup untuk 4-9 bulan dan mengawan dengan kumbang lain dalam pembiakan, biasanya dalam timbunan kompos atau bahan organik (Rajah 2.3d).



Rajah 2.1 Kitaran hidup kumbang badak (a) Telur Kumbang Badak, (b) Larva Kumbang Badak, (c) Pupa , dan (d) Kumbang Badak dewasa.

Sumber @IFPRI (2014)

RUJUKAN

- Abbott, W. S. 1925. Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*. **18**: 265-267
- Andi, N. H. 2014. Kajian Ketoksikan Cyphermetryn Dan Chlorantraniliprole Terhadap *Plutella xylostella* Pada Tanaman Kobis di Kg. Mesilau, Kundasang, Sabah. Disertasi Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah
- Asmaliyah. 2001. Prospek Pemanfaatan Insektisida Mikroba *Bacillus thuringiensis* Sebagai Alternatif Dalam Pengendalian Hama. *Buletin Teknologi Reboisasi*. Palembang
- Bernhard, K. dan Utz, R. 1993. Production of *Bacillus thuringiensis* Insecticide for Experimental and Commercial Uses
- Basedow, T. H., Rzehak, H., dan Voss, K. 1985. Studies on The Effect of Deltamethrin on The Numbers of Epigeal Predatory Arthropods. *Pesticide Science* **16**: 325-332
- Bedford, G. O. 2013b. Long-term Reduction in Damage by Rhinoceros Beetle *Oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) to Coconut Palms at *Oryctes* Nudivirus Release Sites on Viti Levu, Fiji. *African Journal of Agricultural Research* **8(49)**:6422-6425
- Buku Panduan Tanaman Kelapa Sawit. 2013. Taman Pertanian Universiti. Universiti Putra Malaysia. 1-12
- C. Itoua-Apoyolo, L. D. 1995. Isolation of Multiple of *Bacillus thurigiensis* from a Population of the European Sunflower Moth, *Homoeosoma nebulella* in Applied and Environmental Microbiology. *American Society for Microbiology*. 4343-4347
- Catley, A. 1969. The coconut rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). *PANS*. **15**:18-30
- Chandrika, M., Nair, C. P. R. dan Rajan, P. 2000. Scope Of Botanical Pesticides In The Management of *Oryctes rhinoceros* L. and *Rhynchoporus ferrugineus* Affecting coconut palm. *Entomocongress*. Trivandrum
- Chung, A. Y. C., Eggleton, P., Speight, M. R., Hammond, P. M. dan Chey, V. K. 2000. The Beetle Composition in Exotic Plantations (Oil Palm & Acacia), Comparing With Natural Forests in Sabah, Malaysia
- Dailey, G., Dasgupta, P., Bolin, B., Crosson, P., Guerney, J., Ehrlich, P., Folke, C., Jansson, A. M., Kautsky, N., Kinzig, A., Levin, S., Maler, K. G., Pinstrip-Anderson, P., Siniscalco, D., dan Walker, B. 1998. Food Production, Population Growth and The Environment. *Science* **281**: 1291-1292
- Deacon, Jim. The Microbial World. 2010. *Bacillus thurigiensis* <http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/bt.htm>. Di akses pada 14 Nov 2016
- Desneux, N., Fauvergue, X., Dechaume-Moncharmont, F. X., Kerhoas, L., Ballanger, Y. dan Kaiser, L. 2005. *Diaeretiella rapae* limits *Myzus persicae* populations after applications of deltamethrin in oilseed rape. *J. Econ. Entomol.* **98**: 9-17
- Fauziah, I., Mohd Norazam dan Mohd Rasdi Z. 2012. Toxicity of Selected Insecticides (Spinosad, Indoxacarb, and Abametin) Against the Diamondback Moth (*Plutella Xylostella* L.) on Cabbage. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development* **2** :17-26
- Finney, D. J. 1964. Probit Analysis: A Statistical Treatment of The Sigmoid Response Curve. Cambridge, England: Cambridge University Press
- Gressit, J. L. 1953. The coconut rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*) with particular reference to the Palau Islands. *Bishop Museum Bulletin*



- Guangchun, C., Qiong, L., Z., Fang, G., Gemei, L., Kongming, W., Kris, A. G. W., dan Yuyuan, G. 2010. Toxicity Of Chlorantraniliprole To Cry1Ac-Susceptible And Resistant Strains of *Helicoverpa armigera*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **98**: 99-103
- Gurmit, S. 1987. Naphtalene Balls For The Protection Of Coconut And Oil Palm Against *Oryctes rhinoceros* L. *Planter*. **63(2)**: 286-292
- Hamidah, H. 2010. Ujian Kerintangan Silang. Perubahan Tahap Kerintangan Dalam Nyamuk *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* Dan *Aedes Albopictus* Terhadap Insektisid Malathion, Permethrin Dan Temephos, 31-93.
- Hara, A. 2014. Coconut Rhinoceros Beetle , *Oryctes rhinoceros* . A major Threat to Hawaii's Coconut and Palm Trees. 19-30
- Hartanto, T. 2001. Pengendalian Terpadu Kumbang Badak (*Oryctes Rhinoceros*) Di Pekebunan Kelapa Sawit. Indonesia: *Komplek Puridemang Raya*.
- Heong, K. L., Tan, K. H., Garcia, L. T., Fabellar, dan Lu, Z. 2011. Research Methods in Toxicology and Insecticides Resistance monitoring of Rice planthoppers. Manila, Philipines: International Rice Research Institute
- Hidayat. N., Masdiana C. P, Sri, S. 2006 Industrial Microbiology. Andi Offset, Yogyakarta, Indonesia
- Hill, D. S. 2008. Pests of Crops in Warmer Climates and Their Control. *Springer Science & Business Media* **9**: 270-271
- IRAC. 2014. IRAC MoA Classification Scheme, Version 7.3. <http://www.irac-online.org/teams/mode-of-action/>. Accessed V-24-2014
- Jiang, T., Wu, S., Yang, T., Zhu, C. dan Gao, C. 2015. Monitoring field populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae) for resistance to eight insecticides in China. *Florida Entomologist*. **98(1)**
- Ketaren, S. 1990. Kinetika Reaksi Biokimia. Departemen Pendidikan dan. Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi PAU Bioteknologi. IPB, Bogor
- Kuo-Ching Feng, B. L. L. S. M. 2001. Morphology of a spectrum of parasporal endotoxin crystals from cultures of *Bacillus thuringiensis* ssp. kurstaki isolate A3-4. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* **17**: 119-123.
- Lay, B. W. 1994. Analisis Mikroba di Laboratorium. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- Madigan, M. T., Martiko, John M., Dunlap, P. V. Clark and David P. Brock: Biology of Microorganisms. 12th ed. 2009. San Francisco: *Pearson Benjamin Cummings*
- Maheshwari, D. K. 2008. Potential Microorganisms For Sustainable Agriculture: A Techno-Commercial Perspective. I. K. International Pvt Ltd: 228-229.
- Maruli, P. Perusahaan Ladang dan Kilang Kelapa Sawit: Panduan Penyelenggaraan Kebun Kelapa Sawit dan Kilang. *Synergy Media* **1**: 1-4.
- Masijan, Z. 2000. Perosak Sawit Dan Kawalan Berkesan. Malaysia Palm Oil Board (MPOB), 7-9
- Masilamany, D. dan Tang, S. B. 2013. Pengurusan Bersepadu Kumbang Badak Dan Kumbang Jalur Merah, Perosak Utama Tanaman Kelapa. *Buletin Teknologi MARDI*: 51-59
- Manjeri, G., Muhamad, R. dan Tan, S. G. 2014. Article of *Oryctes rhinoceros* Beetles, an Oil Palm Pest in Malaysia
- Mini, A. dan Prabhu. V. K. K. 1988. Sexual Dimorphism in The Larva And Pupa of Coconut Rhinoceros Beetles, *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Current Science* **57**: 686-687.
- MPOB, 2010. Bioteknologi Perindustrian. Malaysia: Hakcipta (C) Malaysia Palm Oil Board
- Nair, M. R. G. K. 1986. Insects and mites of crops of India. *Indian Council of Agricultural*
- Nair, K. P. P. 2010. The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World. *Elsevier*. 231-233

- Narayanasamy, P. 2013. Biological Management of Diseases of Crops: Characteristics of Biological Control Agents. Springer Science & Business Media **5(1)**
- Norman, K., Basri M. W., dan Ramle M. 2005. Environmental Factors Affecting The Population Density of *Oryctes rhinoceros* in a Zero-Burn Oil Palm Replant. J Oil Palm Res. **17**:53-63
- Ottoboni, M. A. 1991. The Dose Makes The Poison. Van Nostrand Reinhold, New York, 200-244
- Patricia, R. O., Gervasio, H. B., Sandra, E. D., Marcos, A. P., dan Maria, I.C.M. 2011
- Pryaranjini, G. K. 2003. Localization of Brain Neurosecretory Cells and Neuropeptides of I and II Instar of *Oryctes Rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). Dissertation in Partial Fulfillment of The Requirement The Degree of Master of Science In General and Applied Zoology, University Kerala, Kerala: 57
- Purba, Y, D. K. K. 2005. Hama-hama pada Kelapa Sawit, Buku 1 Serangga Hama pada Kelapa Sawit. PPKS, Medan
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2009. Penyakit Busuk Pangkal Batang (*Ganoderma boninense*) dan Pengendaliannya. Diakses pada 8 Mei 2016: <http://www.pustaka-deptan.go.id/agritek/psawit06.pdf>
- Sahasranaman, K. N. 1969. Large-scale demonstration cum experiment on the chemical control of *Oryctes rhinoceros* L. Madras Agric. J **56**: 198-201
- Salaki, C. L. 2011. Eksplorasi Bakteri Entomopatogenik Pengendali Hama *Plutella xylostella* dan *Spodoptera Sp.* Pada Tanaman Kubis Bunga dan Brokoli. Indonesia: Fakultas Pertanian Unsrat Manado
- Simon, J. Y. 2008. The Toxicology and Biochemistry of Insecticides. Boca Raton: CRC Press
- Siti, N. R. 2014. Kajian Ketoksikan Abamectin Terhadap *Plutella xylostella* Perusak Tanaman Kobis antara Kg. Mesilau dan Kg. Montakik, Kundasang, Sabah. Disertasi Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah
- Tortora, Gerard J., Funke, Berdell, R., Case, Christine L. 2010. Microbiology. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings
- Turner, S., Kathleen M. P. Vivian P. W. Miao and Jeffrey D. P. 1999. Investigating Deep Phylogenetic Relationship Among Cyanobacteria and Plastids by Small Subunit rRNA Sequence Analysis, *Journal of Eukaryote Microbiol* **46(4)**: 327-338
- Tyagi, B. K. dan Veer, V. 2011. Entomology: Ecology and Biodiversity. Scientific Publishers, India **14**: 227-247
- Latreille. 1806. Toxicity effect of the *Acaricide fipronil* in semi-engorged females of the tick *Rhipicephalus sanguineus*. Preliminary determination of the minimum lethal concentration and LC50. *Experimental Parasitology* **127**: 418-422
- Wallace, K. J. 2007. Classification of Ecosystem Services: Problems And Solutions. Biological Conservation **139**: 235-246
- Winteringham, F. 1969. Mechanisms of selective insecticidal action. *Annual Review of Entomology* **14**:409-442.
- Vollmann, J. dan Rajcan, I. 2009. Oil Crops. Springer Science & Business Media. **11**: 342-343