

**KETOKSIKAN CYPERMETHRIN DAN MINYAK NEEM  
TERHADAP KUMBANG BADAK DEWASA**

**TUAN MOHD SHAHRIHAN BIN TUAN AZIZ**

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

**PERPUSATKAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**PROGRAM PENGELUARAN TANAMAN  
FAKULTI PERTANIAN LESTARI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2016**



## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN TESIS

JUDUL: KETOKSIKAN CYPERMETHRIN DAN MINYAK NEEM TERHADAP  
KUMBAUNG BAAK DEWASA

IAZAH: IAZAH SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN DENGAN KEPUJIAN (  
PENYELIDIKAN TANAMAN)

SAYA: TUAN MOHD SHAHRIHAN TUAN AZIZ SESI PENGAJIAN: 2012 - 2016  
(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

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan oleh:

NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: ISS, KPE ALOR  
KELADI 22000 JERTIH  
BESUT TERENGGANU



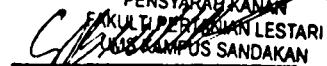
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

DR. SUZAN BENEDICK @ SARAH ABDULLAH

PENSYARAH KANAN

FAKULTI PERTANIAN LESTARI

KAMPUS SANDAKAN



(NAMA PENYELIA)

TARIKH: 11/1/2015TARIKH: 11/01/2016

## 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).



## **PENGAKUAN**

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

---

**TUAN MOHD SHAHRIHAN BIN TUAN AZIZ**

**BR12160170**

**11 JANUARI 2016**



**DIPERAKUKAN OLEH**

1. Dr. Suzan Benedick @ Sarah Abdullah  
PENYELIA

DR. SUZAN BENEDICK @ SARAH ABDULLAH  
PENSYARAH KANAN  
FAKULTI PERTANIAN LESTARI  
UMS KAMPUS SANDAKAN

---

*Tandatangan dan Cop*

## **PENGHARGAAN**

Syukur Alhamdulillah kepada Ilahi kerana dengan limpah rahmat dariNya, saya telah berjaya menyiapkan projek tahun akhir ini. Projek tahun akhir ini telah berjaya disiapkan walaupun terdapat banyak cabaran dan rintangan semasa proses penulisannya.

Oleh itu, saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada penyelia projek saya iaitu Dr. Suzan Benedick atas kepercayaan, nasihat, tunjuk ajar serta dorongan yang diberikan semasa projek tahun akhir ini.

Seterusnya saya juga ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada kedua ibubapa saya iaitu Tuan Aziz bin Tuan Abdul Kadir dan Tuan Hanidah binti Nik Him kerana telah memberikan sokongan moral seperti galakan dan kata-kata semangat serta bantuan kewangan untuk saya menyiapkan projek tahun akhir ini.

Selain itu, ucapan terima kasih juga buat rakan-rakan seperjuangan yang banyak membantu dari segi tenaga dan perkongsian maklumat untuk membuat projek tahun akhir ini terutama rakan-rakan yang membuat projek bersama saya iaitu Masdah binti Mawi, Nurul Ain binti Repin dan Nurul Syazwani Kamaruzaman.

Akhir sekali, tidak dilupakan kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam membantu saya menyiapkan dan melengkapkan projek tahun akhir saya ini. Terima kasih.

## ABSTRAK

Kajian ini telah dijalankan di Makmal Umum 5, Fakulti Pertanian Lestari, Universiti Malaysia Sabah Kampus Sandakan. Kajian telah dijalankan selama dua bulan bermula pada bulan Julai 2015 hingga bulan Ogos 2015. Objektif kajian ini adalah untuk mengkaji ketoksikan Cypermethrin dan Neem terhadap kumbang badak dewasa. Kumbang badak telah disampel daripada dua lokasi ladang kelapa sawit persendirian yang ada di sekitar Batu 10, Sandakan iaitu ladang Majulah Sendirian Berhad dan ladang kepunyaan Tuan Haji Amsain bin Jausin. Sampel kumbang telah ditangkap menggunakan perangkap feromon yang dipasang di ladang-ladang tersebut. Kajian ini melibatkan empat tahap eksperimen iaitu i) pengumpulan sampel, ii) penjagaan kumbang, iii) penyediaan stok larutan dan iv) ujian bioasai. Pengumpulan sampel kumbang dilakukan pada bulan Julai dan Ogos. Lima rawatan termasuk satu rawatan kawalan dengan lima replikasi dan lima pseudoreplikasi telah digunakan untuk kedua-dua bahan aktif ini. Sebanyak 225 ekor kumbang badak dewasa telah digunakan dalam kajian ketoksikan bahan aktif ini. Ujian 'likelihood of parallelism' (LRp) tidak menolak hipotesis null bahawa garisan regresi bagi Cypermethrin dan Neem adalah selari ( $\chi^2 = 0.08$ ,  $df = 1$ ,  $P > 0.05$ ). Manakala ujian 'likelihood of equality' (LRe) menolak hipotesis null bahawa garis kecerunan (*slope*) dan garis memintas (*intercept*) adalah sama ( $\chi^2 = 17.70$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0.05$ ). Keadaan ini menunjukkan bahawa kedua-dua bahan aktif yang digunakan memberi respon relatif kimia yang sama terhadap kumbang badak dewasa.

# **A STUDY ON TOXICITY OF CYPERMETHRIN AND NEEM OIL TOWARDS ADULT RHINOCEROS BEETLE**

## **ABSTRACT**

*The study was conducted at the Makmal Umum 5, Faculty of Sustainable Agriculture, Universiti Malaysia Sabah Sandakan campus. The study was conducted for two months beginning from July 2015 to August 2015. The objective of this study was to investigate the toxicity of Cypermethrin and Neem oil against adult rhinoceros beetles. Rhinoceros beetles were obtained from two private oil palm plantations around Mile 10, Sandakan, namely Majulah Pvt. Ltd. and Tuan Haji Amsain bin Jausin's estate. Samples of the beetles were captured using pheromone traps that were installed in those plantations. The study involved four phases of the experiments; i) collecting a sample, ii) the care of beetles, iii) preparation of stock solutions and iv) bioassay tests. Beetles were collected on July and August. Five treatments including the control treatment with five replicates and five pseudoreplicates were used for both active ingredients. A total of 225 adult rhinoceros beetle were used in the study for the toxicity test. A 'likelihood of parallelism' (LRp) test has not rejected the null hypothesis that the regression line for Cypermethrin and Neem are parallel (chi square = 0.08, df = 1,  $P > 0.05$ ). The 'likelihood of equality' (LRe) test has rejected the null hypothesis that the gradient (slope) and the intercept (intercept) is similar (chi square = 17.70, df = 2,  $p < 0.05$ ). This shows that the relative potency of the chemicals to mortality of adult rhinoceros beetle is the same.*

# ISI KANDUNGAN

	<b>MUKA SURAT</b>
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
ISI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN	xi
SENARAI FORMULA	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Pengenalan	1
1.2 Justifikasi	3
1.3 Objektif	4
1.4 Hipotesis	4
<b>BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN</b>	<b>5</b>
2.1 Perosak	5
2.1.1 Serangga Perosak	5
2.1.2 Serangga Perosak Kelapa Sawit	5
2.2 Kumbang Badak	6
2.2.1 Ciri-ciri dan Kitaran Hidup Kumbang Badak	7
2.2.2 Cara Pengendalian Kumbang Badak	9
2.3 Kelapa Sawit	9
2.3.1 Morfologi Kelapa Sawit	10
2.3.2 Sifat Botani Kelapa Sawit	11
a. Sifat Tampang	11
b. Sifat Pembiakan	12
2.3.3 Kerosakan oleh Kumbang Badak kepada Kelapa Sawit	12
2.2 Pengurusan Perosak Bersepadu (PPB)	13
2.4.1 Kawalan Biologi	13
2.4.2 Kawalan Kultur	14
2.4.3 Kawalan Kimia	15
2.5 Racun Makhluk Perosak	15
2.6 Insektisid	16
2.6.1 Kepentingan Insektisid	16
2.6.2 Klasifikasi Insektisid	17
2.7 Cypermethrin	18
2.8 Racun Neem	19
2.8.1 Fungsi Derivatif Neem	19
2.8.2 Kepentingan Racun Neem	20
2.8.3 Mod Tindakan Ekstrak Neem dalam Fungsi Serangga	20
2.9 Ketoksikan	20
2.9.1 Definisi Ketoksikan	20



2.9.2	Jenis-jenis Ketoksikan	21
2.9.3	Ukuran Ketoksikan	21
2.9.4	Ketoksikan Insektisid	22
<b>BAB 3</b>	<b>BAHAN DAN KAEDAH</b>	<b>23</b>
3.1	Lokasi Kajian	23
3.2	Tempoh Masa Kajian	23
3.3	Bahan Kajian	23
3.4	Kaedah Kajian	24
3.4.1	Pengumpulan dan Penjagaan Sampel Kumbang	24
3.4.2	Penyediaan Racun Neem	24
3.4.3	Penyediaan Stok Larutan	25
	a. Pencarian nilai bahan aktif dalam unit ppm	25
	b. Pertukaran Kepekatan Larutan unit ppm ke ng/g	25
	c. Pencairan Berganda ('Doubling Dilution')	26
3.4.3	Ujian Bioasai	26
3.5	Parameter Kajian	27
3.6	Rekabentuk Eksperimen	27
3.7	Analisis Statistik	28
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN</b>	<b>29</b>
1	Data Mortaliti Kajian	29
2	Analisis	30
1.2.1	Ujian t-ratio	30
1.2.2	Ujian Goodness of fit	30
1.2.3	Perbandingan Mortaliti dalam Probit antara Bahan Aktif Insektisid Cypermethrin dan Neem terhadap Populasi Kumbang Badak Dewasa (Ujian 'Parallelism LRp' dan Ujian 'equality LRe')	31
1.2.4	Kesan Insektisid terhadap Mortaliti Kumbang Badak Mengikut Masa antara Bahan Aktif Cypermethrin dan Neem	32
<b>BAB 5</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	<b>33</b>
5.1	Ujian Bioasai	33
5.2	Perbandingan Mortaliti dalam Probit antara Bahan Aktif Insektisid Cypermethrin dan Neem	34
5.3	Kesan Bahan Aktif Insektisid Terhadap Mortaliti Kumbang Badak Dewasa Mengikut Masa	35
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>36</b>
6.1	Hasil Kajian	36
6.2	Cadangan	37
	<b>RUJUKAN</b>	<b>38</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>44</b>

## SENARAI JADUAL

<b>Jadual</b>		<b>Muka surat</b>
2.1	Kebaikan dan kelemahan kawalan biologi	14
2.2	Kelebihan dan kelemahan kawalan kimia	15
2.3	Kategori Ketosikan untuk Bahan Aktif	22
3.1	Dos rawatan (ng/g) terhadap kumbang badak dewasa	27
3.2	Susunan eksperimen bagi rawatan dan replikasi	28
4.1	Data mortaliti kumbang badak dewasa yang diuji menggunakan bahan aktif Cypermethrin mengikut pencairan 1:50 (ng/g) pada 72 jam pemerhatian	29
4.2	Data mortaliti kumbang badak dewasa yang diuji menggunakan bahan aktif Neem mengikut pencairan 1:50 (ng/g) pada 72 jam pemerhatian	30

## SENARAI RAJAH

<b>Rajah</b>		<b>Muka surat</b>
2.1	Kumbang badak, <i>Oryctes rhinoceros</i> peringkat dewasa	7
2.2	Kitar hidup kumbang badak	8
2.3	Pelepah kelapa sawit	11
2.4	Kesan kerosakan berbentuk V oleh kumbang badak	12
2.5	Formulasi struktur insektisid Cypermethrin	18
4.1	Hubungkait antara dos kepekatan dan mortaliti dalam probit kumbang badak dewasa, bagi Cypermethrin dan Neem	31
4.2	Perbandingan kesan bahan aktif terhadap kadar mortaliti populasi kumbang badak mengikut masa	32

## SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN

±	Tambah-Tolak
°C	Darjah Selsius
%	Peratus
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
Bt	<i>Bacillus thuringiensis</i>
C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Cl <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	Cypermethrin
cm	Sentimeter
EC	Emulsi Pekat
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
g	Gram
LC <sub>50</sub>	<i>Lethal Concentration</i>
LD <sub>50</sub>	<i>Lethal Dose</i>
mg/kg	Milligram per kilogram
mg/l	Milligram per liter
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MRL	<i>Maximum Residue Limit</i>
ng/g	nanogram per gram
PIPs	Plant-Incorporated-Protectants
PPB	Pengurusan Perosak Bersepadu
ppm	Bahagian Per Sejuta
RPW	Red Palm Weevil
sp	Spesis
spp	Subspesis
SPSS	<i>Statistical Package for Social Science</i>
TKS	Tandan Kosong Sawit
UMSKS	Universiti Malaysia Sabah Kampus Sandakan
WP	Serbuk Basah

## SENARAI FORMULA

Formula		Muka surat
3.1	Bilangan mol = $\frac{\text{Jisim bahan (gram)}}{\text{Molar mass}}$	25
3.2	Molariti = $\frac{\text{Bilangan mol bahan}}{\text{Isipadu cecair (liter)}}$	25
3.3	Persamaan pencairan, $M_1V_1 = M_2V_2$	25
3.4	Pertukaran unit ppm ke unit ng/g $\text{ng/g} = \left[ \frac{\left( \frac{\text{Dos (ppm)} \times \text{Isipadu yang diterapkan } (\mu\text{L})}{1000} \right)}{\text{Berat perosak (g)}} \right] \times 1000$	25

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Pengenalan

Pokok kelapa sawit, *Elaeis guineensis* merupakan sejenis pokok palma. Pada tahun 1911 dan 1912 pokok kelapa sawit daripada varieti Deli mula ditanam sebagai tanaman perhiasan di Rantau Panjang Selangor (Irzan *et al.*, 2006). Pada tahun 1917 biji benih daripada Rantau Panjang ditanam secara komersil di Estet Tanamaraman, kemudian di Estet Elmina dalam tahun 1920. Pertambahan ladang kelapa sawit menjadikan industri minyak sawit Malaysia merupakan penyumbang keempat terbesar kepada ekonomi negara dan menyumbang sebanyak RM1,889 (8%) daripada Pendapatan Negara Kasar per kapita (Aidee Kamal *et al.*, 2014).

Terdapat empat input utama dalam aspek pengeluaran hasil tanaman yang perlu mendapat perhatian pengusaha kelapa sawit dan ia termasuklah air, baja, pengawalan makhluk perosak dan penyakit, dan varieti tanaman. Malaysia masih belum mencapai tahap maksimum penghasilan hasil kelapa sawit kerana menghadapi beberapa masalah dalam penanaman kelapa sawit terutama serangan makhluk perosak seperti kumbang badak yang telah memberi kesan terhadap pertumbuhan dan hasil kelapa sawit (Manjeri *et al.*, 2014). Pada masa ini, kadar purata hasil kelapa sawit adalah 4.1 tan metrik/hektar, tetapi pada keadaan agronomi yang baik, hasil adalah pada kadar 8 hingga 12 tan metrik/hektar (Sanders, 2015).



Menurut Jailani (2012), Daerah Sandakan merupakan salah satu daripada kawasan penanaman kelapa sawit terbesar di pantai timur Sabah dan oleh itu, kajian terhadap ketoksikan insektisid terhadap kumbang badak amat penting untuk dilaksanakan.

Kumbang badak iaitu *Oryctes rhinoceros* yang juga dikenali sebagai kumbang tanduk sering menyerang tanaman jenis palma seperti pokok kelapa, kelapa sawit, nipah, pinang, nibong dan pokok palma hiasan. Serangan biasanya berlaku di kawasan kecil dan di beberapa tempat sahaja seperti pada pucuk daun yang belum berkembang dan pada dahan pokok (Jabatan Pertanian Negeri Terengganu, 2012).

Serangan kumbang badak sering berlaku di kawasan yang mempunyai tempat pembiakannya seperti tunggul mereput dan bahan organik yang mereput seperti habuk papan, tahi lembu dan tandan buah kosong. Kumbang badak berasal dari Asia Selatan, tetapi kini telah tersebar hingga ke Afrika, Australia, Asia dan Kepulauan Pasifik (Masilamany dan Tang, 2013). Kumbang dewasa akan menyerang pucuk sawit menyebabkan lubang yang berbentuk baji. 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 (Hill, 2008). Kajian ini memfokuskan kepada ketoksikan insektisid terhadap mortaliti kumbang badak dan dua bahan aktif insektisid yang digunakan iaitu Cypermethrin dan Neem. Ia adalah kerana kajian tentang ketoksikan bagi Cypermethrin dan Neem terhadap kumbang badak tidak banyak diketahui.

Minyak semambu atau minyak Neem berasal dari pokok *Azadirachta indica*, pokok malar hijau daripada keluarga Meliaceae (Biswas *et al.*, 2002). Ia mempunyai banyak kegunaan secara tradisional sebagai racun serangga. Ekstrak daripada bahagian pada pokok Neem didapati mempunyai anti kulat, anti bakteria, anti pendarahan, anti virus, anti larva, insektisid (Tiwari *et al.*, 2014). Mohan dan Padmanaban (2013) telah menjalankan kajian ketoksikan bio terhadap kumbang badak menggunakan minyak Neem, serbuk Neem dan sisa (efluen) yang disulingkan. Neem boleh diekstrak dari kesemua bahagian pada pokok tetapi buahnya menyimpan kepekatan paling tinggi untuk

racun serangga. Campuran Neem efektif mengawal serangga perosak dari order Coleoptera (larva dan dewasa), Lepidoptera (larva), Orthoptera (nimfa dan dewasa) serta kumbang, pemakan daun dan lalat putih.

Menurut Diana (2014), Neem tidak toksik terhadap burung, ikan, lebah, hidupan liar dan satu kajian mendapati ia tidak menyebabkan kanser. Ini bermaksud ia selamat jika digunakan dengan kaedah dan jumlah yang betul.

Cypermethrin adalah racun serangga piretroid dan ia pertama kali disintesis pada tahun 1974. Cypermethrin mula dipasarkan pada tahun 1977 oleh Cyanamid Amerika. Cypermethrin adalah bahan kimia sintetik yang serupa dengan pyrethrins dalam ekstrak pyrethrum yang dihasilkan dari pokok *Chrysanthemum*. Pyrethroids, termasuk Cypermethrin telah direka untuk menjadikan ia lebih berkesan dari pyrethrins. Cypermethrin membunuh serangga yang makan atau bersentuhan dengannya dengan cepat.

Menurut Organisasi Kooperasi Ekonomi dan Pembangunan (OECD), ketoksikan akut dijelaskan sebagai kesan mudarat yang berlaku dalam masa yang singkat selepas pemberian dos tunggal atau dos berulang sesuatu bahan secara oral dalam tempoh 24 jam. Kajian ketoksikan adalah perlu kerana ia boleh mengukuhkan penggunaan racun kimia dan racun organik dalam mengawal makhluk perosak. Selain itu, ketoksikan juga boleh didefinisikan sebagai kesan yang merbahaya oleh sesuatu bahan kimia atau dadah kepada kesihatan organisma sasaran (Chan *et al.*, 1982).

## 1.1 Justifikasi

Kumbang badak merupakan antara ancaman terbesar industri kelapa sawit di Malaysia dan setakat ini, hanya sedikit kajian penyelidikan pernah dijalankan di Malaysia untuk mengetahui respon relatif kimia bagi insektisid Cypermethrin dan Neem terhadap mortaliti kumbang badak. Oleh itu, kajian tentang Neem dan Cypermethrin ini akan membantu para pengusaha kelapa sawit untuk dapat membandingkan insektisid yang memberi tindakbalas efektif jika menghadapi serangan perosak kumbang badak.



## 1.2 Objektif kajian

Objektif kajian adalah seperti berikut:

- 1) Untuk menentukan ketoksikan Cypermethrin dan Neem terhadap mortaliti kumbang badak dewasa.
- 2) Untuk membandingkan respon relatif kimia antara Cypermethrin dan Neem terhadap mortaliti kumbang badak dewasa.

## 1.3 Hipotesis

**H<sub>0</sub>:** Tiada perbezaan bererti bagi ketoksikan Cypermethrin dan Neem terhadap mortaliti kumbang badak dewasa

**H<sub>A</sub>:** Terdapat perbezaan bererti bagi ketoksikan Cypermethrin dan Neem terhadap mortaliti kumbang badak dewasa

## **BAB 2**

### **ULASAN KEPUSTAKAAN**

#### **2.1 Perosak**

Dalam sektor pertanian, definisi perosak adalah subjektif kerana perosak boleh terdiri daripada haiwan, serangga, atau penyakit (Hill, 2008). Namun begitu, kriteria yang sama pada pelbagai perosak ini ialah ia mempunyai kebolehan untuk mengancam kehidupan seseorang itu dari aspek hasil tanamannya dan haiwan ternakan atau binatang peliharaannya yang boleh menyebabkan kerugian.

##### **2.1.1 Serangga perosak**

Serangga adalah salah satu kelas *Insecta* dalam filum arthropod (Esah Dinin, 1993). Kumpulan invertebrata ini mempunyai ciri-ciri unik yang membolehkan ia mudah menyesuaikan diri dalam pelbagai habitat. Serangan perosak serangga selalunya akan menjejaskan tanaman dan seterusnya boleh mengurangkan hasil tanaman. Serangan yang teruk boleh menyebabkan pokok berbuah kecil, tidak berupaya mengeluarkan hasil dan boleh menyebabkan kematian tanaman.

##### **2.1.2 Serangga perosak kelapa sawit**

Untuk tanaman kelapa sawit, ancaman perosak yang sering timbul adalah serangan ulat bungkus di mana serangan ulat ini menyebabkan pengeluaran hasil buah pokok sawit



merosot (Manjeri *et al.*, 2014).

Ulat bungkus merupakan serangga perosak yang memakan daun pokok kelapa sawit. Nama "ulat bungkus" diberi kerana ulat terbabit menggunakan sebahagian daun kelapa sawit untuk membentuk lapisan seolah membaluti atau membungkus haiwan terbabit. Ulat bungkus dalam fasa larva bergerak dari satu pelepah ke pelepah yang lain dengan bantuan angin.

Kumbang Palma Merah (*Rhynchophorus ferrugineus*) atau lebih dikenali sebagai Red Palm Weevil (RPW) merupakan perosak tanaman yang serius dan berbahaya. Ia didapati menyerang tanaman kelapa serta berpotensi merebak dan mengancam industri kelapa sawit negara.

Kumbang badak iaitu *Oryctes rhinoceros* yang juga dikenali sebagai kumbang tanduk sering menyerang pokok kelapa, kelapa sawit, nipah, pinang, nibong dan pokok palma hiasan (Jabatan Pertanian Negeri Terengganu, 2012).

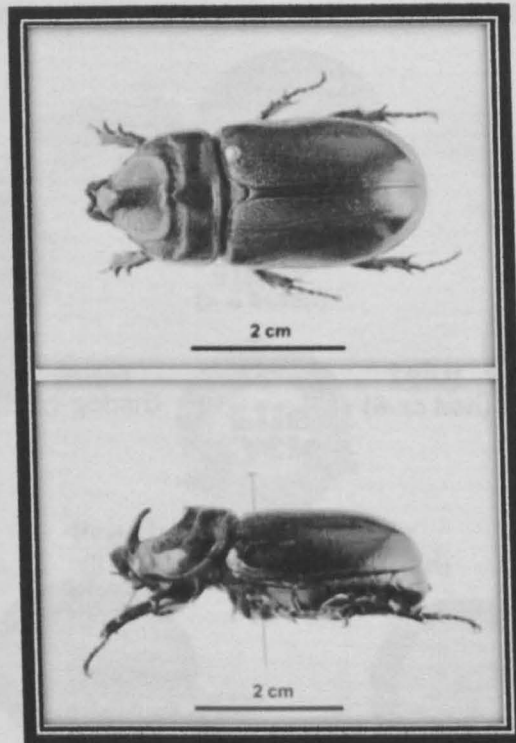
## 2.2 Kumbang badak

Kumbang badak dewasa berwarna hitam dan mempunyai stuktur sumbu di atas kepalanya. Kumbang badak dewasa boleh menyebabkan kerosakan dengan mengorek ke dalam pucuk dan memakan tisu-tisu lembut kelapa.

Apabila pelepah membesar, daun kelapa akan membentuk seakan-akan kipas. Serangan yang teruk menyebabkan air bertakung di dalam lubang yang dikorek (Hill, 2008). Pucuk akan mereput dan musnah. Ini boleh mendedahkan pucuk kepada serangannya larva Kumbang Jalur Merah.

Serangan kumbang badak akan berlaku dengan teruk sekiranya kawasan tersebut mempunyai tempat pembiakannya seperti tunggul mereput dan bahan organik yang mereput seperti habuk papan, habuk kayu, kompos, tahi lembu dan tandan buah kosong dan ia juga akan menjadi tempat pembiakan kumbang badak ini (Masilamany dan Tang, 2013).

Rajah 2.1: Kumbang badak, *Oryctes rhinoceros* peringkat dewasa



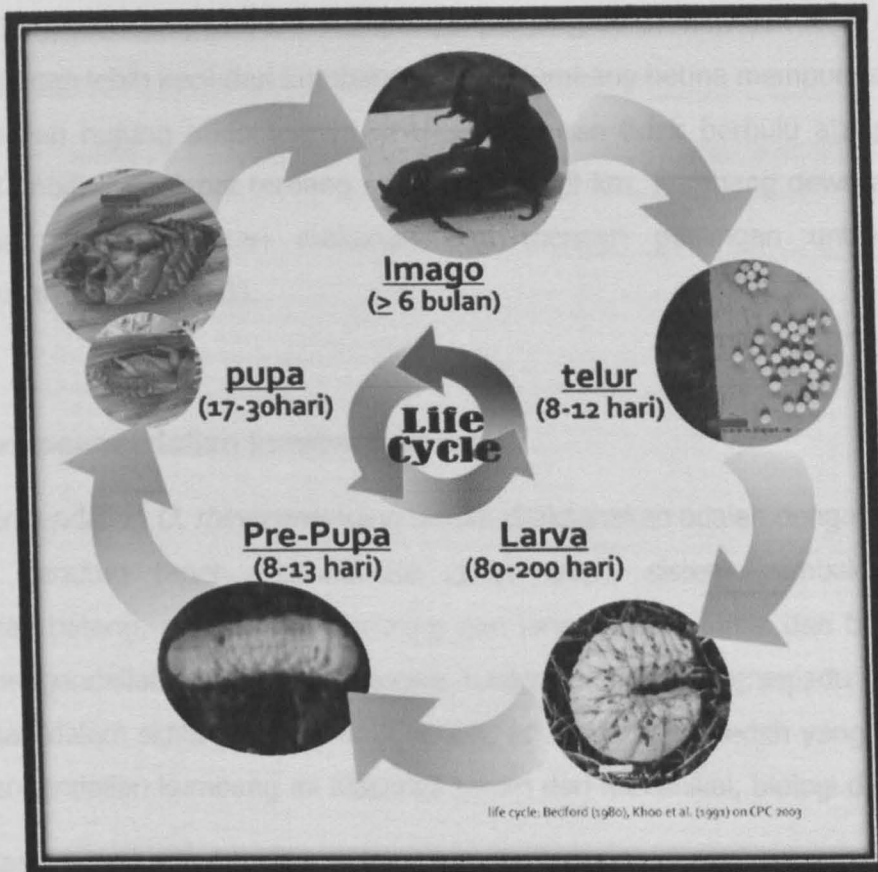
Sumber: Jabatan Pertanian Malaysia (2013)

### 2.2.1 Ciri- ciri dan kitaran hidup kumbang badak

Kumbang badak merupakan perosak utama tanaman kelapa sawit muda, terutamanya di kawasan pertanaman semula yang sebelum ini pernah diserang oleh kumbang badak. Apabila perosak ini dapat bertahan dalam kawasan tanaman maka hasil tanaman akan menurun dan akan membuatkan pengeluaran hasil awal akan tertunda (Chenon *et al.*, 1988). Kumbang badak betina dewasa bertelur di dalam batang kelapa yang reput, bahan organik ataupun sampah sarap. Larva yang dikenali sebagai grub kembang tanduk akan hidup pada bahan yang reput ini sehingga menjadi pupa. Jangka hayat kumbang ini antara 4-9 bulan, namun pada umumnya 4 hingga 7 bulan.

Jumlah telurnya 30-70 butir atau lebih, dan menetas setelah lebih kurang 12 hari. Telurnya berwarna putih, pada mulanya ia bentuknya jorong, kemudian berubah menjadi agak bulat (Pasaribu, 2010).

Rajah 2.2: Kitar hidup kumbang badak



Sumber: Khoo et. al. (1991)

Larva kumbang ini mempunyai 3 pasang kaki. Tahap larva terdiri dari tiga instar, jangka masa untuk larva instar satu adalah 12-21 hari, instar dua 12-21 hari dan instar tiga 60-165 hari. Larva terakhir mempunyai ukuran 10-12 cm, larva dewasa berbentuk huruf C, kepala dan kakinya berwarna coklat (Mohan, 2006). Lundi yang baru menetas berwarna putih, panjangnya 8 mm, lundil dewasa berwarna putih kekuning-kuningan kepalanya berwarna merah coklat. Lundil-lundil yang telah dewasa akan masuk lebih dalam ke dalam tanah yang sedikit lembab (lebih kurang 30 cm) untuk berkepompong (Pasaribu, 2010).

Pupa berada di dalam tanah, berwarna coklat kekuningan berada dalam kokon yang dibuat dari bahan-bahan organik di sekitar tempat hidupnya. Pupa jantan berukuran sekitar 3-5 cm, yang betina agak pendek. Masa prapupa 8-13 hari. Masa kepompong berlangsung antara 18-23 hari. Kumbang yang baru muncul dari pupa akan tetap tinggal di tempatnya antara 5-20 hari, kemudian terbang keluar (Prawirosukarto *et al.*, 2003).

Kumbang dewasa berwarna hitam, ukuran tubuh 35-45 mm, sedangkan menurut Mohan (2002), kumbang dewasa mempunyai panjang 30-57 mm dan lebar 14-21 mm, kumbang jantan lebih kecil dari kumbang betina. Kumbang betina mempunyai bulu tebal pada bahagian hujung abdomennya, manakala jantan tidak berbulu ataupun kurang berbulu. Kumbang ini dapat terbang sampai sejauh 9 km. Kumbang dewasa aktif pada malam hari untuk mencari makanan dan mencari pasangan untuk membiak (Prawirosukarto *et al.*, 2003).

### 2.2.2 Cara pengendalian kumbang badak

Teknik pengendalian *O. rhinoceros* yang umum dilaksanakan adalah dengan pengelolaan tanaman penutup tanah (*leguminose cover crop*), sistem pembakaran, sistem pencacahan batang, pengutipan kumbang dan larva, secara kimia dan biologi. Semua kaedah pengendalian diaplikasikan secara tunggal mahupun bersepadu menunjukkan kekurangan dalam skala yang besar (Chenon, *et al.*, 1988). Kaedah yang dilaksanakan dalam pengendalian kumbang ini biasanya terdiri dari mekanikal, biologi dan kimia.

Kaedah mekanikal terdiri dari pengutipan larva dan kumbang dari sisa tanaman, secara kimia meliputi penggunaan pestisid, dan secara biologi dengan menggunakan *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* dan *Baculovirus oryctes* (Chandrika, 2000).

Menangkap *O. rhinoceros* menggunakan fetotrap, iaitu feromon sintetik (Etil- 4 metil oktanoate ) yang digantungkan dalam baldi plastik berkapasiti 12 liter merupakan pengendalian secara mekanikal kumbang tanduk yang dilakukan pada kawasan kelapa sawit yang mempunyai kawasan luas dan dalam lingkungan yang bersesuaian (Chenon, *et al.*, 1988).

### 2.3 Kelapa sawit

Kelapa sawit, *Elaeis guineensis* antara komoditi yang penting dalam sektor pertanian. Sepanjang tahun terakhir pada kurun ke 20 kelapa sawit menjadi komoditi eksport utama di dunia (Maruli).

### 2.3.1 Morfologi kelapa sawit

Menurut Maily (2011), pokok yang matang mempunyai satu batang pokok yang tunggal dan tumbuh sehingga 20 meter tingginya. Daunnya merupakan daun majmuk yang anak-anak daunnya tersusun lurus pada kedua-dua belah tulang daun utama seolah-olah bulu dan mencapai 3 hingga 5 meter panjangnya. Pokok yang muda menghasilkan lebih kurang 30 daun setiap tahun, dengan pokok yang matang yang melebihi 10 tahun menghasilkan lebih kurang 20 daun.

Bunganya berbentuk rumpun yang padat. Setiap bunganya kecil sahaja, dengan tiga sepal dan tiga kelopak. Buahnya mengambil masa 5 hingga 6 bulan untuk masak dari masa pendebungaan.

Ia terdiri daripada lapisan luar yang berisi dan berminyak (perikarp), dengan biji tunggal (isirung) yang juga kaya dengan minyak. Berbanding dengan saudaranya, kelapa, kelapa sawit tidak menghasilkan tunas susur. Pemiakannya adalah melalui penyemaian biji-biji (Maily, 2011).

Kelapa sawit termasuk dalam golongan tumbuhan pohon. Tingginya dapat mencapai 24 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman. Daging buahnya padat. Daging dan kulit buahnya mengandungi minyak. Minyaknya itu digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun, dan lilin. Hampasnya dimanfaatkan untuk makanan ternakan, khususnya sebagai salah satu bahan pembuatan makanan ayam. Tempurungnya digunakan sebagai bahan bakar dan arang.

Kelapa sawit yang berkembang biak dengan biji, tumbuh di daerah tropika, pada ketinggian 0 - 500 meter di atas aras laut. Kelapa sawit menyukai tanah yang subur dan tempat terbuka, dengan kelembapan tinggi. Kelembapan tinggi itu antara lain ditentukan oleh adanya curah hujan yang tinggi, sekitar 2,000-2,500 mm setahun.

Bilangan pelepah yang dihasilkan meningkat sehingga 30 hingga 40 ketika berumur tiga hingga empat tahun dan kemudiannya menurun sehingga 18 hingga 25 pelepah. Pelepah sawit meliputi lai daun, dengan setiap satunya mengandungi lamina, racis tengah, petiol dan kelopak pelepah (Universiti Putra Malaysia, 2013).

Setiap pelepah mempunyai lebih kurang 100 pasang lai daun. Lai daun berukuran 55 sentimeter hingga 65 sentimeter dan menguncup, dengan lebarnya antara 2.5 sentimeter hingga 4 sentimeter. Ada dua jenis bentuk kedudukan lai daun dalam *Elaeis oleifera*. Pelepah sawit tersusun dalam bentuk pusaran, dengan setiap lapan pelepah membentuk satu pusaran.

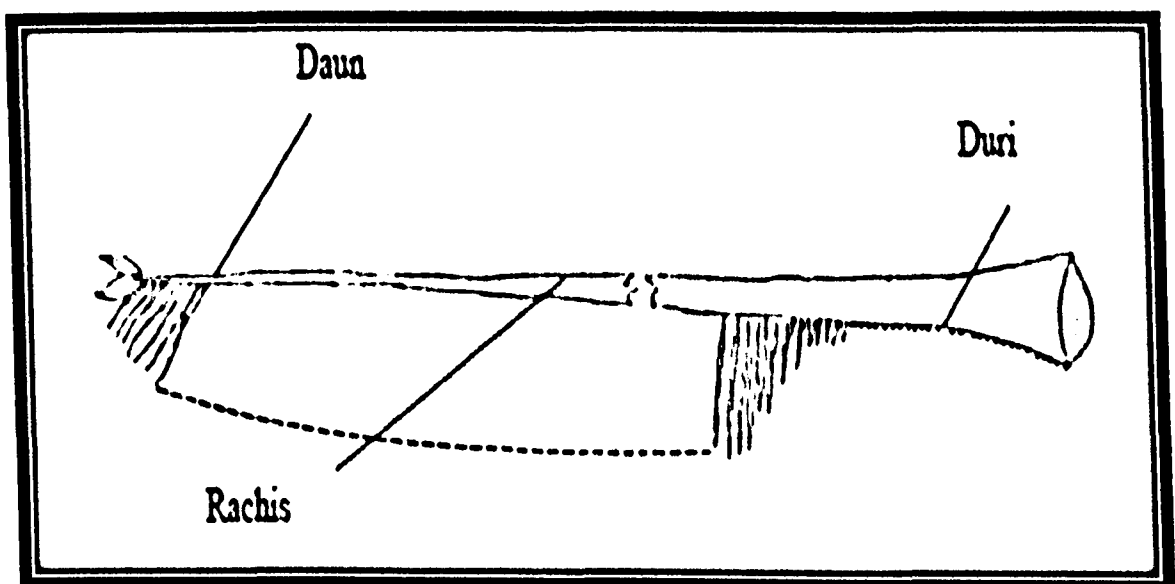
Stomata atau rongga terbuka untuk menerima cahaya dalam proses fotosintesis wujud pada permukaan lai daun. Pelepah matang mempunyai duri, dan berukuran hingga 7.5 sentimeter, dengan petiol lebih kurang satu perempat daripada panjang pelepah (Universiti Putra Malaysia, 2013).

### 2.3.2 Sifat Botani kelapa sawit

#### a. Sifat Tampang

Komponen utama pada pokok kelapa sawit adalah akar, batang dan daun. Ia adalah tumbuhan jenis monokotiledon yang mempunyai sistem akar serabut. Batang pokok tidak berdahan dan mempunyai pelepah di hujungnya yang boleh mengeluarkan 35-50 pelepah pada satu pokok setahun (2-3 pelepah sebulan - pokok matang, 3-4 pelepah sebulan). Setiap pelepah yang matang mempunyai 'rachis', lai daun dan duri (Mohd Tayeb, 2002).

Rajah 2.3: Pelepah kelapa sawit



Sumber: Mohd Tayeb (2002)



## RUJUKAN

- Abhanan. 2014. Racun Makhluk Perosak. OSHE Universiti Teknologi Malaysia. Diakses dari <http://www.utm.my/oshe/2014/10/23/photo-racun-makhluk-perosakdalam-seksyen-2-tafsiran-akta-racun-makhluk-perosak-1974-racun-makhluk-perosak-ertinyaa-apa-apa-bahan-yang-mengandungi-sesuatu-perawis-aktif-active-i/>
- Adams, A. J., Hall, F. R. dan Hoy, C. W. 1990. Evaluating Resistance to Permethrin in *Plutella Xylostella* (L.). (Lepidoptera: Plutellidae) Population using Uniformly Sized Droplets. *Journal Economy Entomology* **83**: 1211-1215.
- Aidee Kamal, K., Siti Nazrah, Z., Umi Aisah, A. dan Firdausi, R. 2014. Pertanian Organik: Kajian Kasus terhadap Tanaman Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014*. Palembang **40**: 1-10.
- Biswas, K., Chattopadhyay, I. dan Banerjee, R.K. 2002. *Biological activities and medicinal properties of neem (Azadirachta indica)*. *Current Science* **82**: 1336-1345.
- Bradley, F. M. dan Ellis, B. W. (2008). *Rodale's Ultimate Encyclopedia of Organic Gardening: The Indispensable Resource for Every Gardener*. Rodale.
- Bradley, F. M., Ellis, B. W. dan Martin, D. L. *The Organic Gardener's Handbook of Natural Pest and Disease Control: A Complete Guide to Maintaining a Healthy Garden and Yard the Earth-Friendly Way*. Rodale.
- Brogdon, W. G. dan Adeline, C. 2014. Guideline for Evaluating Insecticide Resistance in Vectors Using the CDC Bottle Bioassay.
- Chan, P., O'Hara, G. dan Hayes, A. 1982. *Principles and methods for acute and subchronic toxicity*. *Principles and Methods of Toxicology*: 1-51.
- Chandrika, M., Nair, C.P.R. dan Rajan, P. 2000. Scope of botanical pesticides in the management of *Oryctes rhinoceros* L. and *Rhynchoporus ferrugineus* Oliv. Affecting coconut palm. *Entomocongress*, Trivandrum.

- Chenon, D.R., Mariau, D., Monsarrat, P., Fediere, G. dan Sipayung, A. 1988. *Research into entomopathogenic agents of viral origin in leaf-eating lepidoptera of the oil palm and coconut*. *Oleagineux* **43**: 107–17.
- Chong, D. T., Tajuddin, I. dan Abd. Samat, M. S. 1991. Stocking rate effect on sheep and forage productivity under rubber in Malaysia. *ACIAR Proceedings of a workshop Forages for Plantation Crops, Sanur Beach, Bali, Indonesia 27-29 June 1990 (Ed. Shelton, H.M. and Stür W. W.)* **32**: 102-106.
- Cunningham, A.A., Daszak, P. dan Rodriguez, J. P. 2003. Pathogen pollution: Defining A Parasitological Threat to Biodiversity Conservation. *Journal of Parasitology* **89**: 78- 83.
- Delaphane, K.S 1996. Pesticide Usage in the United States: History, Benefits, Risks and Trends. *Journal of Southern Extension and Research activity*. 1-6.
- Dent, D. 1995. *Integrated Pest Management*. Springer Science & Business Media **1**:1-2.
- Diana, B. K. 2004. *A Garden for Life: The Natural Approach to Designing, Planting, and Maintaining a North Temperate Garden*. University of Michigan Press.
- Du, Y.H., Jia, R.Y., Yin, Z.Q., Pu, Z.H., Chen, J., Yang, F., Zhang, Y.Q. dan Lu, Y. 2008. *Acaricidal activity of extracts of neem (Azadirachta indica) oil against the larvae of the rabbit mite Sarcoptes scabiei var, cuniculi in vitro*. *Veterin Parasitol* **157**: 144–148
- Dua, V.K., Pandey, A.C., Raghavendra, K., Gupta, A., Sharma, T. dan Dash, A.P. 2009. Larvicidal activity of neem oil (*Azadirachta indica*) formulation against mosquitoes. *Malaria Jurnal*, **8**: 124
- Emden, H.F., Peakall dan David B. 1996. *Beyond Silent Spring*. Springer.
- Esah Dinin. (1993). *Sains entomologi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Fauziah, I., Mohd Norazam, M. T. dan Mohd Rasdi, Z. 2012. Toxicity of Selected Insecticides (Spinosad, Indoxacarb, and Abamectin) Against Diamonback Moth (*Plutella xylostella*) on Cabbage. *Asian Journal of Agricultural and Rural Development Economic and Financial Review* **2(1)**: 16-17.

- Gilden, R.C, Huffling, K dan Sattler, B. 2010. Pesticides and health risks. *Journal Obstet Gynecol Neonatal Nurs* **39(1)**: 103–10.
- Gressit, J.L. 1953. The coconut rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*) with particular reference to the Palau Islands. *Bishop Museum Bulletin*.
- Gultom, R. F. H. 2011. Uji Efektifitas *M. anisopliae* Terhadap Larva *O. rhinoceros* Metch (Coleoptera;Scarabaeidae) Di Laboratorium. *USU Institutional Repositor* **2**: 5-13.
- Pasaribu, A. J. 2010. Uji Efektifitas Beberapa Insektisida Kimia dan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* (Metch Sorikin) Terhadap Larva *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) pada Mulsa Tandan Kosong. *USU Institutional Repositor* **2**: 5-16.
- Hill, D. S. 2008. Pests of Crops in Warmer Climates and Their Control. *Springer Science and Business Media* **9**: 270-271.
- Hill, E. F. 1993. Acute and subacute toxicology in evaluation of pesticide hazard to avian wildlife. *Up and Down Procedure Peer Panel Report*. 1-23.
- International Code of Conduct. 2005. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. *Food and Agriculture Organization of United Nations Article*.
- Irzan, I., Azitadoly, M. A. dan Nur Fakhzan, M. 2006. Implikasi Penanaman Semula Kelapa Sawit Terhadap Peneroka Felda di Jengka Pahang. *Laporan Akhir Institut Penyelidikan, Pembangunan dan Pengkomersilan Universiti Teknologi Mara* **2**: 10-17.
- Islam, M.M., Shams, M.I., Ilias, G.N.M. dan Hannan, M.O. 2009. Protective antifungal effect of neem (*Azadirachta indica*) extracts on mango (*Mangifera indica*) and rain tree (*Albizia saman*) wood. *Biodeter Biodegr*, **63**:241–243.
- Jabatan Pertanian Negeri Terengganu. 2012. Perosak Tanaman Kelapa: Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.). *Pamplet Infotani*.
- Jailani, H. 2012. Sabah Bakal Jadi Pengeluar Kelapa Sawit Ketiga Terbesar Di Dunia. *Berita Sabah: Berita Wilayah*. Diakses dari

[http://www.bernama.com/bernama/state\\_news/bm/news.php?cat=sbm&id=667834](http://www.bernama.com/bernama/state_news/bm/news.php?cat=sbm&id=667834)

- Kao, C. H. dan Cheng, E. Y. 2001. Insecticide Resistance in *Plutella xylostella* L XI. Resistance to Newly Introduced Insecticides in Taiwan. *Journal of Agricultural Resolution China* **50(4)**: 80-89.
- Khoo, K. C., Ooi, P. A. C. dan Ho, C. T. 1991. *Crop pests and their management in Malaysia*. Tropical Press Sdn. Bhd 4: 1-242.
- Loring, W.T. 2007. *An Introduction to Manifolds*. Springer Science and Business Media: 9-10.
- Maidy, M. A. 2011. Penentuan Kualitas Minyak Yang Diperoleh Dari Hasil Ekstraksi Palm Kernel Expeller Dengan Pelarut N-Heksan Di PT. Palmcoco Laboratories. *USU Institutional Repository* **2**: 6-35.
- Manjeri, G., Muhamad, R. dan Tan, S. G. 2014. *Article of Oryctes rhinoceros Beetles, an Oil Palm Pest in Malaysia*. *Academia Journal*. Retrieved from [http://www.academia.edu/7389834/Oryctes\\_rhinoceros\\_Beetles.\\_an\\_oil\\_palm\\_pest\\_in\\_Malaysia](http://www.academia.edu/7389834/Oryctes_rhinoceros_Beetles._an_oil_palm_pest_in_Malaysia)
- Marer, P. J. 1988. *The Safe and Effective Use of Pesticides: Pesticide Application Compendium 1*. Paperback.
- Maruli, P. (n.d). *Perusahaan Ladang dan Kilang Kelapa Sawit: Panduan Penyelenggaraan Kebun Kelapa Sawit dan Kilang*. Synergy Media **1**: 1-4.
- Masilamany, D dan Tang, S.B. 2013. Pengurusan bersepadu kumbang badak dan kumbang jalur merah – perosak utama tanaman kelapa. *Buletin Teknologi MARDI*: 51-59.
- Mohan, K. dan Padmanaban, A. M. 2013. Biotoxicity Assay of Neem (*Azadirachta indica*) Products and Distillery Effluent on the Third Instar Larvae of Coconut Rhinoceros Beetle *Oryctes rhinoceros*. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* **4(4)**: 102 – 110.
- Mohd Tayeb, D. 2005. *Technologies for Planting Oil Palm on Peat*. Malaysian Palm Oil Board.

- National Research Council. 2000. *The Future Role of Pesticide in US Agriculture*. Washington, D.C: National Academic Press.
- Nechols, J.R. 1995. *Biological Control in the Western United States: Accomplishments and Benefits of Regional Research Project W-84, 1964-1989*. UCANR Publications: 172.
- Nollet, L.M.L dan Rathore, H.S. 2009. *Handbook of Pesticides: Methods of Pesticide Residues Analysis*. CRC Press: 429.
- Novotnik, B., Zuliani, T., Scancar, J. dan Milacic, R. 2015. Content of trace elements and chromium speciation in Neem powder and tea infusions. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*.
- Parida, M.M., Upadhyay, C. dan Pandya, G. 2002. Inhibitory potential of neem (*Azadirachta indica* Juss) leaves on dengue virus type-2 replication. *Journal Ethnopharmacol*, **79**: 273–278
- Prawirosukarto, W., Wika, A.S., dan Abdillah, A. 2003. Efek Resistensi Hama-Hama Perkebunan Akibat Kelimpahan Pestisida. *Laporan Universiti Muhammadiyah Malang*.
- Sanders, T. 2015. *Functional Dietary Lipids: Food Formulation, Consumer Issues and Innovation for Health*. Woodhead Publishing **1**: 13-25.
- Singh, K. dan Sharma, U. L. 1986. Studies on antifeedant and repellent qualities of neem (*Azadirachta indica*) against aphid (*Brevicorne brassicae*) on cauliflower and cabbage. *Res. Dev. Report* **3**: 33-35.
- Siti Norhadimah Rahban. 2014. *Kajian Ketoksikan Abamectin Terhadap Plutella xylostella Perosak Tanaman Kobis antara Kg. Mesilau dan Kg. Montakik, Kundasang, Sabah*. Disertasi Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah.
- Soemirat, J. 2003. Toksikologi Lingkungan. *Gadjah Mada University Press*.
- Srivastava, K.P. dan Parmar. B. S. 1985. Evaluation of neem oil emulsifiable concentrates against sorghum aphids. *Neem Newsletter*. **2(1)**: 7.

- Sugumari Elavarasu, P., Abinaya, S. Elanchezhiyan, Thangakumaran, K., Vennila, K. B. dan Naziya. 2012. Evaluation of anti-plaque microbial activity of *Azadirachta indica* (neem oil) in vitro: A pilot study. *Journal Pharm Bioallied Sci.* **4**: 394–S396.
- Thakurta, P., Bhowmik, P., Mukherjee, S., Hajra, T.K., Patra, A. dan Bag, P.K. 2007. Antibacterial, antisecretory and antihemorrhagic activity of *Azadirachta indica* used to treat cholera and diarrhea in India. *Journal Ethnopharmacol*, **111**:607–612.
- Tiwari, R., Verma, A.K., Chakraborty, S., Dhama, K. dan Singh, S.V. 2014. Neem (*Azadirachta indica*) and its Potential for Safeguarding Health of Animals and Humans: A Review. *Journal of Biological Sciences* **14**: 110-123.
- Universiti Putra Malaysia. 2013. *Buku Panduan Tanaman Kelapa Sawit*. 1-12.
- Wallace, C. H. 2007. *Principles and Methods of Toxicology*. 5<sup>th</sup> Edition. America: CRC Press.
- Whitten,T., Henderson, G. dan Muslimin, M. 2013. *Ecology of Sulawesi*. Tuttle Publishing: 567.
- William S. R. dan Esah Dinin. 1993. *Sains entomologi*. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Wudianto, R. 2001. *Petunjuk Penggunaan Pestisida*. PT. Penebar Swadaya-Jakarta **4**: 144.
- Yu, S. J. 2008. *The Toxicology and Biochemistry of Insecticides*. America. CRC Press.