

EFEKTIVITAS *Bacillus thuringiensis* Berliner dan Sipermetrin SERTA CAMPURAN KEDUANYA DALAM MENGENDALIKAN *Tirathaba* di PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Diki Setiadi^{1*}, Samsuri Tarmadja¹, Fariha Wilisiani¹

¹Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Stiper Agricultural Institute,
Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding author: dikiiset@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas aplikasi insektisida berbahan aktif *Sipermetrin* dan *B. thuringiensis* serta mengetahui efektivitas aplikasi insektisida campuran berbahan aktif *Sipermetrin* + *B. thuringiensis* dalam mengendalikan serangan *Tirathabadi* perkebunan kelapa sawit. Penelitian dilakukan di PT. Bumipalma lestari persada (BPLP), perkebunan Bumi Sentosa Estate (BSNE), Kecamatan Enok, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Penelitian dilakukan selama 2 bulan, yaitu dari bulan februari 2021 sampai dengan April 2021. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak lengkap (RAL) 1 faktor dengan enam perlakuan dan empat kali ulangan, masing-masing perlakuan insektisida tersebut yaitu, (1. *Sipermetrin* 2 ml/liter air), (2. *B. thuringiensis* 2 gr/liter air), (3. *Sipermetrin* 1 ml/liter air+*B. thuringiensis* 1 gr/liter air), (4. *Sipermetrin* 1.5 ml/liter air+*B. thuringiensis* 0,5 gr/liter air), (5. *Sipermetrin* 0.5 ml/liter air+*B. thuringiensis* 1.5 gr/liter air), (6. Kontrol/disemprot menggunakan air). Pengamatan dilakukan dengan metode skoring yang dilakukan mulai dari minggu ke 0 sampai minggu ke 8 setelah aplikasi. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan insektisida campuran berbahan aktif *Sipermetrin* 0.5 ml/liter air+*B. thuringiensis* 1.5 gr/liter air, merupakan perlakuan terbaik untuk mengendalikan serangan *Tirathaba*. Data hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis*, sama efektifnya dengan aplikasi insektisida berbahan aktif *Sipermetrin*, sehingga *B. thuringiensis* dapat digunakan sebagai alternatif lain pengendalian *Tirathaba* karena lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci: Efektivitas, *Sipermetrin*, *Bacillus thuringiensis*, *Tirathaba*, Kelapa sawit.

PENDAHULUAN

Tirathaba atau yang biasa dikenal dengan hama penggerek tandan merupakan salah satu hama yang sering menyerang perkebunan kelapa sawit, Sanitasi yang buruk seperti adanya tandanbusuk yang tidak dipanen dan kondisi lahan yang tertutup gulma

menjadi faktor utama perkembangan hama ini (Khai *et al.*, 2018). Di Indonesia serangan *Tirathaba* dapat menurunkan produksi secara langsung karena kerusakan yang ditimbulkan pada bagian generatif tanaman yaitu bunga dan buah kelapa sawit (Masijan *et al.*, 2015). Umumnya serangan *Tirathaba* terjadi pada tanaman kelapa sawit yang berumur tiga sampai lima tahun (Basri *et al.*, 1991). Serangan *Tirathaba* ditandai dengan adanya sisa gerkakan dan kotoran dipermukaan tandan, pada serangan baru dapat diidentifikasi dengan adanya frass/kotoran *Tirathaba* yang berwarna merah. Sedangkan pada serangan lama, bekas kotoran dan gerkakan akan berubah warna menjadi kehitaman (Khai *et al.*, 2018).

Hingga saat ini pengendalian terhadap serangan *Tirathaba* di perkebunan kelapa sawit masih bergantung pada aplikasi insektisida kimiawi non selektif seperti *Sipermetrin* (Lim, 2012). Sayangnya, aplikasi insektisida kimiawi yang memiliki spektrum luas seperti *Sipermetrin* juga dapat berdampak negatif terhadap serangga bermanfaat seperti serangga penyerbuk dan serangga predator alami yang ada di pokok kelapa sawit (Lubis *et al.*, 2014). Selain itu penggunaan Insektisida kimiawi yang sama secara terus menerus dapat mengakibatkan resistensi hama (Arifin & Subagiono, 2011).

Salah satu alternatif pengendalian *Tirathaba* yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan insektisida hayati berbahan aktif *Bacillus thuringiensis*, insektisida tersebut merupakan patogen yang akan menghasilkan delta endotoksin yang bersifat toksik bagi pencernaan serangga, hal tersebut dinilai sangat efektif untuk mengendalikan hama dari ordo *Lepidoptera* (Untung, 1993).

B. thuringiensis dapat berkembang di lapangan apabila diaplikasikan dalam bentuk bakteri berspora. Kelemahan penggunaan spora secara langsung adalah apabila tidak mendapatkan inangnya, maka kemungkinan spora itu akan mati atau terjadi penurunan viabilitas. Kelebihan spora adalah bahwa sekali aplikasi berhasil dan masuk ke dalam tubuh larva, maka perkembangannya di dalam tubuh larva akan terus berlanjut (Pujiastuti *et al.*, 1999).

Dalam rangka mengetahui insektisida apa yang paling efektif dalam mengendalikan serangan *Tirathaba*, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas *B. Thuringiensis* dan *Sipermetrin* serta Insektisida campuran kedua bahan tersebut dalam mengendalikan serangan *Tirathaba* di perkebunan kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Bumipalma Lestari Persada, Bumi Sentosa Estate, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau, Penelitian dilakukan selama 2 bulan mulai dari 1 Februari-1 April 2021.

Alat yang digunakan adalah pipet, ember, dan *knapsack sprayer* dengan *nozzle solid cone*. Bahan yang digunakan adalah insektisida berbahan aktif *Sipermetrin* dan *B. thuringiensis* serta Insektisida campuran berbahan aktif *Sipermetrin+B. thuringiensis*.

Dalam Penelitian ini percobaan disusun menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor, yang terdiri dari 6 perlakuan dengan empat ulangan, perlakuan tersebut meliputi :

1. *Sipermetrin* 2 ml/Liter air
2. *B. thuringiensis* 2 gr/Liter air.
3. *Sipermetrin* 1 ml/Liter air + *B. thuringiensis* 1 gr/Liter air.
4. *Sipermetrin* 1.5 ml/Liter air + *B. thuringiensis* 0.5 gr/Liter air.
5. *Sipermetrin* 0.5 ml/Liter air + *B. thuringiensis* 1.5 gr/Liter air.
6. Kontrol/disemprot menggunakan air.

Variabel pengamatan dalam penelitian ini adalah intensitas serangan *Tirathaba* pada pokok kelapa sawit yang didapat dengan menggunakan metode skoring. Skoring dilakukan pada 0, 1, 2,3, 4, 5, 6, 7, 8 Minggu setelah aplikasi. Skoring terhadap tingkat kerusakan tandan bunga/buah yang ada di pokok kelapa sawit dilakukan secara visual dengan menggunakan kriteria nilai skoring sebagai berikut:

0. Tandan sehat, tidak ada serangan *Tirathaba*
1. Serangan lama, hanya terdapat frass/kotoran *Tirathaba* yang sudah lama di tandan.
2. serangan ringan, kerusakan tandan 5-30% dan/ terdapat kotoran larva *Tirathaba* baru sebanyak 1-2 titik.
3. serangan sedang, kerusakan tandan 30-60% dan/ terdapat kotoran larva *Tirathaba* baru sebanyak 3-5 titik.
4. serangan berat, kerusakan tandan 60-100% dan/ terdapat kotoran larva *Tirathaba* baru sebanyak > 5 titik.

Intensitas serangan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$IS = \frac{\sum nIXv1}{NXV} = X \quad 100\%$$

dimana:

IS: intensitas serangan

n : jumlah tandan dengan kriteria skor ke-i
v : nilai skor ke-i
N: jumlah tandan yang diamati
V: skor tertinggi dari kategori yang digunakan
Sumber : (Priwiratama *et al.*, 2018).

Selanjutnya data hasil pengamatan dianalisis menggunakan sidik ragam atau Anova (*Analysis of varians*) pada jenjang nyata 5%, dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (*Duncan's multiple range test*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

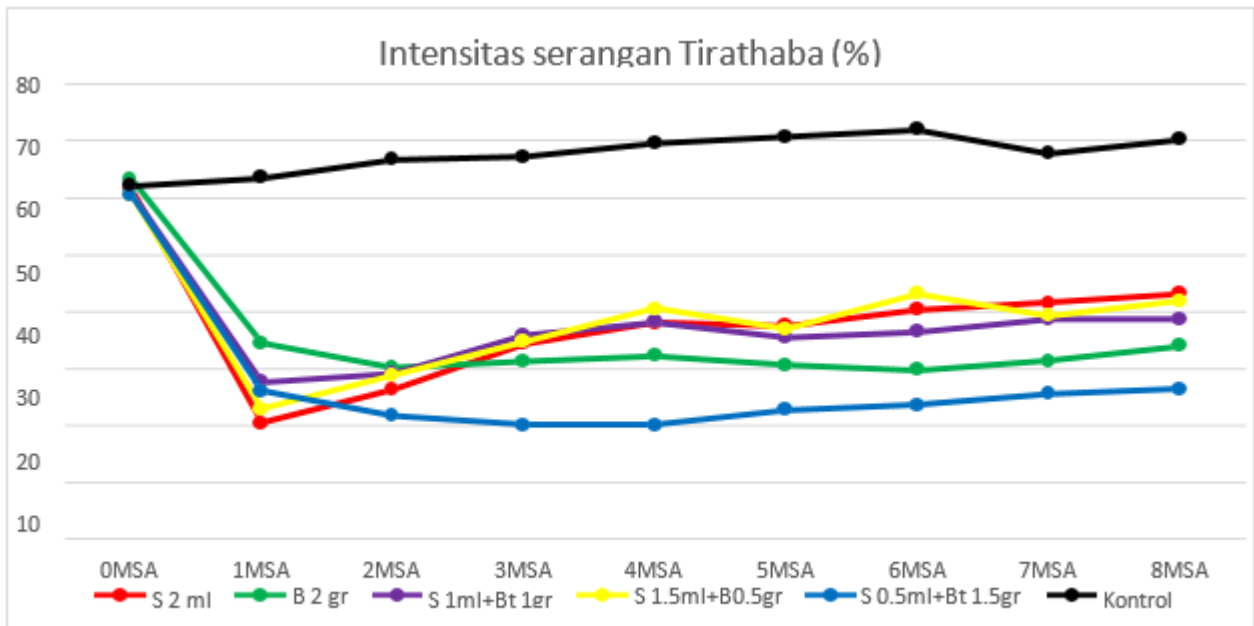
Dalam penelitian ini Insektisida yang digunakan adalah insektisida kimia kontak lambung dengan bahan aktif *Sipermetrin* dan insektisida biologis dengan bahan aktif bakteri *B. thuringiensis*. Untuk membuat larutan tersebut, disiapkan *Knapsack Sprayer*, Selanjutnya insektisida ditakar menggunakan pipet sesuai dosis yang telah ditentukan, lalu insektisida dicampurkan kedalam *Knapsack sprayer* berisi air, Setelah insektisida dan air didalam *Knapsack Sprayer* tercampur rata, larutan siap untuk diaplikasikan.

Larutan insektisida yang sudah dibuat disemprotkan ke seluruh bagian tandan pokok sampel menggunakan *Knapsack sprayer* dengan nozel berbentuk *solid cone*, masing-masing pokoksampel akan diaplikasikan sebanyak 2 liter larutan per pokok.

Tabel 1. Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Jumlah Polong Kacang Tanah (*Arachis Hypogaeae L*)

PERLAKUAN	INTENSITAS SERANGAN <i>TIRATHABA</i> (%)									
	0MSA	1MSA	2MSA	3MSA	4MSA	5MSA	6MSA	7MSA	8MSA	Rerata
S 2 ml	61.64	20.47 d	31.27 b	34.26 b	38.07 c	37.43 b	40.25 c	41.59 b	43.08 b	38.67 b
B 2 gr	63.26	34.46 b	30.18 b	31.25 b	32.17 bc	30.63 c	29.69 d	31.41 c	33.92 cd	35.11 b
S 1+Bt 1	61.13	27.58 c	29.11 b	35.88 b	38.11 bc	35.48 bc	36.44 bc	38.76 b	38.73 bc	37.91 b
S 1.5+Bt 0.5	60.53	22.97 d	28.84 b	34.69 b	40.55 b	36.97 bc	43.06 b	39.18 b	41.86 bc	38.74 b
S 0.5+Bt 1.5	60.52	22.62 d	21.69 c	20.17 c	20.17 d	22.69 d	23.62 d	25.50 c	26.43 d	27.05 c
Kontrol	62.08	63.48 a	66.70 a	67.27 a	69.62 a	70.79 a	71.93 a	67.78 a	70.21 a	67.72 a

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan beda tidak nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan 5%.



Gambar 1. Grafik intensitas serangan *Tirathaba* (%)

Penggunaan Insektisida berbahan aktif *Sipermetrin* di perkebunan biasanya dipilih karena lebih murah dan cepat dalam menurunkan populasi serangan hama yang menyerang pokok kelapasawit (Lubis *et al.*, 2014).

Hasil pengamatan pada pokok yang diberikan perlakuan *Sipermetrin* 2 ml/liter air menunjukkan hasil yang signifikan dalam menurunkan serangan *Tirathaba* pada minggu pertama setelah aplikasi dari IS 61.64% ke angka IS 20.47%. Hal tersebut disebabkan karena insektisida kimiawi yang merupakan racun kontak akan lebih cepat dalam membunuh hama sasaran, cara kerja dari insektisida kimiawi berbahan aktif *Sipermetrin* sendiri adalah sebagai racun kontak dan racun lambung, dimana bahan aktif *Sipermetrin* berkerja dengan mengerahkan efek neurotoksik, dengan cara mengganggu transduksi sinyal dalam sistem syaraf dengan mempengaruhi transportasi ion yang melintas pada membran sel larva sehingga lebih cepat dalam membunuh larva *Tirathaba* (Lee *et al.*, 2015). Namun pada minggu ke dua sampai minggu ke delapan setelah aplikasi insektisida ini, data menunjukkan adanya aktivitas serangan baru lagi dari larva *Tirathaba*. Insektisida biologis berbahan aktif *B. thuringiensis* digunakan karena lebih ramah lingkungan dan bersifat selektif terhadap hama yang akan dikendalikan sehingga tidak mengganggu populasi terhadap hama non target seperti serangga predator alami dan serangga penyerbuk (Untung, 1993).

Hasil pengamatan pada perlakuan insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* 2 gr/liter air menunjukkan bahwa pada minggu pertama setelah aplikasi insektisida ini dapat menurunkan serangan *Tirathaba* dari 60 % ke angka 35% hal tersebut memang tidak sebaik perlakuan *Sipermetrin* di minggu pertama setelah aplikasi. Hal tersebut dikarenakan *B. thuringiensis* sendiri merupakan bakteri yang menghasilkan kristal protein yang bersifat membunuh serangga (insektisidal) sewaktu mengalami proses sporulasinya. Kristal protein

yang bersifat insektisidal inisering disebut dengan δ -endotoksin. Kristal ini sebenarnya hanya merupakan pro-toksin yang jikalarut dalam usus serangga akan berubah menjadi poli-peptida yang lebih pendek (27-149 kd) sertamempunyai sifat insektisidal. Pada umumnya kristal Bt di alam bersifat protoksin, karena ada-nya aktivitas proteolisis dalam sistem pencernaan serangga dapat mengubah Bt-protoksin menjadi polipeptida yang lebih pendek dan bersifat toksin. Toksin yang telah aktif berinteraksi dengan sel-sel epithelium di midgut serangga. Bukti-bukti telah menunjukkan bahwa toksin Bt ini menyebabkan terbentuknya pori-pori (lubang yang sangat kecil) di sel membran di saluran pencernaan dan mengganggu keseimbangan osmotik dari sel-sel tersebut. Karena keseimbangan os-motik terganggu, sel menjadi bengkak dan pecah dan menyebabkan matinya serangga ataupun larva dari serangga (Hofte and Whiteley, 1989). Singkatnya untuk dapat membunuh hama, bakteri ini harus masuk ke dalam sistem pencernaan hama target dan berkembang terlebih dahulu, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk membunuh hama target.

Namun rerata dari pengamatan dari minggu pertama sampai minggu kedelapan setelah aplikasi penggunaan *B. thuringiensis* ternyata sama efektifnya dalam menurunkan serangan *Tirathaba* dengan rerata dari angka 60% ke angka 35% hal tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan *Sipermetrin* secara keseluruhan. Selain itu penggunaan insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* berhasil mencegah munculnya serangan baru hingga minggu keenam setelah aplikasi. Hal ini disebabkan karena Bakteri *B. thuringiensis* merupakan insektisida yang selektif/hanya menyerang hama target sehingga tidak mengganggu populasi serangga predator alami dari *Tirathaba* sehingga dapat mencegah perkembangan *Tirathaba* lebih lama dibandingkandengan perlakuan insektisida kimiawi.

Penggunaan insektisida campuran (S 1ml/liter air+Bt 1gr/liter air) dimaksudkan untuk mendapatkan keunggulan dari masing-masing insektisida dimana *Sipermetrin* lebih cepat dalam menurunkan Intensitas serangan dan *B. thuringiensis* lebih ramah lingkungan dan tidak mempengaruhi populasi dari predator alami *Tirathaba*.

Pencampuran insektisida *B. thuringiensis* dan *Sipermetrin* dapat dilakukan karena *B. thuringiensis* diaplikasikan dalam bentuk spora yaitu saat kondisi dimana bakteri ini dalam keadaan dorman dan hanya akan bersifat toksin ketika masuk ke dalam perut serangga terutama serangga dari ordo *lepidoptera*. Maka dari itu *Sipermetrin* tidak akan mempengaruhi daya hidup dari *B. thuringiensis* saat diaplikasikan bersamaan.

Hasil pengamatan pada perlakuan perlakuan Insektisida campuran (S 1ml/liter air+Bt 1gr/liter air) menunjukan bahwa pada minggu pertama, penurunan intensitas serangan berbeda nyata dengan aplikasi insektisida *Sipermetrin* tunggal, insektisida campuran ini dapat menurunkanintensitas serangan *Tirathaba* ke angka 27% namun tidak sebaik *Sipermetrin* tunggal, hal ini kemungkinan disebabkan karena dosis *Sipermetrin* sebanyak 1 ml/liter air masih kurang untuk menjangkau larva *Tirathaba* yang ada di dalam spikelet tandan, sehingga

penurunan intensitasnya tidak sebaik aplikasi *Sipermetrin* tunggal. Selain itu penggunaan *B. thuringiensis* sebanyak 1 gr/liter air kemungkinan juga masih kurang efektif masuk ke dalam spikelet tandan sehingga penurunan intensitas serangan tidak begitu signifikan. Hal ini bertentangan dengan pernyataan Lim (2012), yang menyatakan bahwa aplikasi *B. thuringiensis* sebanyak 1 gr/liter air sudah mampu menurunkan serangan *Tirathaba* ke angka 15%, hal ini kemungkinan terjadi karena pada penelitian tersebut dilakukan penyemprotan *B. thuringiensis* dilakukan dengan interval 2 minggu sekali selama kurang lebih 3 bulan, sedangkan dalam penelitian ini hanya dilakukan 1 kali aplikasi.

Pada minggu kedua, hasil pengamatan pada pokok sampel yang diaplikasikan insektisida campuran (S1 ml/liter air+Bt 1 gr/liter air) menunjukkan bahwa mulai muncul lagi serangan baru di beberapa pokok yang diaplikasikan insektisida ini. Menurut Lim (2012), Hal ini disebabkan karena penyemprotan *Sipermetrin* dengan konsentrasi sebanyak 1 ml/liter air dapat mempengaruhi populasi serangga cocopet yang merupakan musuh alami dari *Tirathaba*. Cocopet sendiri merupakan serangga predator alami *Tirathaba* yang dapat memangsa semua stadia dari perkembangan *Tirathaba* (Alouw, 2004).

Data yang ada pada tabel 1 juga menunjukkan Pengaplikasian insektisida campuran (S 1.5ml/liter air+B 0.5 gr/liter air) pada minggu pertama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan *Sipermetrin* tunggal dengan dosis 2 ml/liter air. Hal ini disebabkan karena penggunaan insektisida *Sipermetrin* dengan dosis 1.5 ml/liter air sudah dapat memberikan penetrasi yang baik sampai ke dalam spikelet tandan, namun pada minggu kedua sampai minggu kedelapan muncul lagi serangan baru di pokok sampel, hal ini kemungkinan juga disebabkan penggunaan *Sipermetrin* sebanyak 1.5 ml/liter air dapat mempengaruhi secara signifikan populasi dari predator alami, sehingga *Tirathaba* dapat berkembang lagi di minggu kedua sampai minggu kedelapan setelah aplikasi.

Penggunaan insektisida campuran (S 0.5 ml/liter air+Bt 1.5gr/liter air), dimana insektisida *Sipermetrin* sebanyak 0.5 ml/liter air, ditujukan untuk melemahkan larva *Tirathaba* dan penggunaan insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* sebanyak 1.5 gr/liter air ditujukan untuk membunuh larva yang sudah melemah atau larva yang masih aktif di bagian dalam spikelet tandan. hal tersebut dilakukan agar insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* dapat bekerja dengan lebih cepat dan lebih maksimal.

Hasil Pengamatan pada pokok sampel yang diberi perlakuan insektisida campuran (S 0.5ml/liter air+Bt 1.5gr/liter air) menunjukkan bahwa pada minggu pertama setelah aplikasi insektisida ini dapat menurunkan intensitas serangan ke angka 22.97% tidak berbeda nyata dengan perlakuan *Sipermetrin* tunggal. Hasil tersebut disebabkan karena pengaplikasian *Sipermetrin* sebanyak 0,5 ml/liter hanya akan mengenai tubuh larva *Tirathaba* dengan jumlah yang sedikit, dalam kondisi subdosis *Sipermetrin* tidak cukup untuk mematikan larva *Tirathaba*, meskipun tidak cukup untuk mematikan larva *tirathaba*, hal tersebut dapat mengakibatkan

larva *Tirathaba* berada dalam kondisi yang lemah, pada saat kondisi lemah tersebut daya tahan larva terhadap patogen berupa *B. thuringiensis* juga akan berkurang, sehingga hal tersebut dapat mempercepat kinerja *B. thuringiensis* untuk kemudian menginfeksi dan membunuh larva *Tirathaba* yang ada di pokok kelapa sawit.

Data juga menunjukkan bahwa perlakuan Insektisida *B. thuringiensis* yang dicampur dengan seperempat dosis *Sipermetrin* merupakan perlakuan yang paling efektif menurunkan intensitas serangan *Tirathaba*, dibandingkan dengan perlakuan lainnya dari minggu pertama setelah aplikasi sampai minggu ke delapan setelah aplikasi, selain itu pengaplikasian insektisida campuran ini dapat mengurangi penggunaan insektisida berbahan aktif Sipermetrin sampai ke angka 75%. Hal tersebut diperkuat dengan hasil penelitian yang dilakukan Tarmadja & Leonard (2018), yang menjelaskan bahwa Pencampuran salah satu jenis insektisida kimia dapat memberikan efek yang menguatkan efikasi insektisida hayati berbahan aktif *B. thuringiensis*. Dimana Insektisida kimiawiberkerja mengganggu sistem syaraf larva, sedangkan *B. thuringiensis* menghasilkan kristal protein. Toksin Kristal merupakan faktor utama yang bertanggung jawab dalam menyebabkan kematian larva. Protein kristal yang termakan oleh larva akan larut dalam lingkungan basa pada saluran pencernaan larva serangga. Prototoksi yang telah larut selanjutnya dipotong oleh enzim proteinase yang dihasilkan saluran pencernaan larva serangga menjadi toksin yang aktif. Toksin yang telah teraktivasi selanjutnya menempel pada protein reseptor yang berasosiasi dengan membran yang berada pada permukaan sel epitel usus, yang akan menyebabkan saluran pencernaan mengalami paralisis, sehingga membuat nafsu makan larva berkurang dan tubuh larva semakin menyusut dengan demikian proses kematian setelah ulat terinfeksi akan semakin cepat.

Pada pokok sampel yang diberikan perlakuan ini juga menunjukkan bahwa tidak ada lagi serangan baru dari larva *Tirathaba* hingga minggu ke 5 setelah aplikasi. Hal ini disebabkan karena penggunaan *Sipermetrin* yang sedikit yaitu 0.5 ml/liter air tidak mempengaruhi secara signifikan populasi serangga predator dari *Tirathaba*, selain itu penggunaan *B. thuringiensis* yang lebih banyak menghasilkan kristal Protein yang mempunyai spesifisitas tinggi, sehingga dampaknya terhadap serangga non target rendah, sehingga masih terdapat populasi dari serangga predator alami seperti cocopet untuk mencegah munculnya serangan baru dari hama *Tirathaba*.

KESIMPULAN

1. Aplikasi insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* sama efektifnya dengan aplikasi insektisida berbahan aktif *Sipermetrin*, sehingga *B. thuringiensis* dapat digunakan sebagai alternatif lain pengendalian *Tirathaba* karena lebih ramah lingkungan.

2. Pengaplikasian produk campuran berbahan aktif (*Sipermetrin* 0.5 ml/Liter air+*B. thuringiensis*
3. 1.5 gr/Liter air), yang disemprotkan dengan volume 2 liter/pokok, merupakan perlakuan terbaik untuk mengendalikan hama *Tirathaba*, dari minggu pertama hingga minggu kedelapan setelah aplikasi.

REFERENSI

- Alouw, J. C. (2004). Tanggapan fungsional predator *Euborellia annulata* (Fabricius) terhadap ngengat bunga kelapa. Prosiding Simposium IV hasil penelitian tanaman perkebunan, 28-30.
- Apriliani, LA. 2015. *Keanekaragaman hama dan parasitoid pada perkebunan kelapa sawit di Jambi*. (Skripsi) Institut Pertanian Bogor.
- Arifin, M., & Subagyo, K. (2011). Ulat Bulu, Serangga Hama yang Mudah Dikendalikan. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor Jalan Tentara Pelajar, 10.
- Bahagiawati. 2002. *Penggunaan Bacillus thuringiensis sebagai Bioinsektisida*. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor.
- BARU, T. (2011). Beberapa produk baru insektisida untuk organisme pengganggu tanaman pangan, hortikultura dan tanaman perkebunan.
- Basri, M.W., M. Sharma dan N. Kamarudin. 1991. Field evaluation of insecticides and a cultural practice against the bunch moth, *Tirathaba Rufivena* (Lepidoptera: pyralidae) in a mature oilpalm plantation. *Elaeis*. 3(2): 355-362.
- Bravo, A.S., S. Sarabia, L. Lopez, H. Ontiveros, C. Abarca, A. Otrh, L. Lina, F.J. Villalobos, G. Pena, M-E. Nunez-Valdes, M. Soberon and R. Quintero. 1998. Characterization of cry genes in Mexican *Bacillus thuringiensis* strain collection. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 4965- 4972.
- Corley, R. H. V., and Tinker, P. B., 2003. *The Oil Palm Fourth edition*. Blackwell Science Ltd. USA
- Debbab, M., El-Hajjaji, S., Aly, A. H., Dahchour, A., El Azzouzi, M., & Zrineh, A. (2014). Cypermethrin residues in fresh vegetables: Detection by HPLC and LC-ESIMS and their effect on antioxidant activity. *Mater. Environ. Sci*, 5(S1), 2257-2266.
- Gill, S.S., Cowles A.E., and Pietrantonio P.V. 1992. The Mode Of Action Of *Bacillus thuringiensis* Endotoxins. *Annu Rev Entomol* 37: 615-636.
- Höfte, H., & Whiteley, H. R. (1989). Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological reviews*, 53(2), 242-255.
- Kalshoven LGE. 1981. *The Pests of Crops in Indonesia*. PT Ichtar Baru Van Hoeve, Jakarta.
- Khair, C. T. Z., Ming, S. C., & Hung, P. K. J. (2018). They are Different: Molecular Approach on *Tirathaba* Pest Infesting Oil Palm and Coconut Tree. *Adv Plants Agric Res*, 8(1),

00294. Lee, I., Eriksson, P., Fredriksson, A., Buratovic, S., & Viberg, H. (2015). Developmental neurotoxic effects of two pesticides: Behavior and neuroprotein studies on endosulfan and cypermethrin. *Toxicology*, 335, 1-10.
- Lee, Iwa, Per Eriksson, Anders Fredriksson, Sonja Buratovic, and Henrik Viberg. 2015. "Developmental Neurotoxic Effects of Two Pesticides: Behavior and Neuroprotein Studies on Endosulfan and Cypermethrin." *Toxicology* 335 (2015). Elsevier Ireland Ltd: 1–10. doi:10.1016/j.tox.2015.06.010.
- Lim, K H (2012). Integrated pest management of Tirathaba bunch moth on oil palm planted on peat. *The Planter*, 88(1031): 97-104.
- Lubis, F.I., I. Agustin, Riana, L. Kurniawan dan S. Latif. 2014. The occurrence of poor fruit set at Central Kalimantan. In: H. A. Hasibuan, H. Y. Rahmadi, R. Amalia, H. Priwiratama, S. Wening, Sujadi, E. S. Sutarta, D. Siahaan, T. Herawan, F. F. Tengoua, A. A. Arifin, S. Thongkrak, X. Xu, A. Raj, I. Pahan (eds). *International Oil Palm Conference 2014*. Bali, Indonesia, 17-19 June 2014. Indonesian Oil Palm Research Institute. 349-358.
- Masijan, Z., N. Kamarudin, R. Moslim, A.G. Sintik, S.N.H. Ahmad dan S.R.A. Ali. 2015. Bunchmoth, *Tirathaba Rufivena* (Lepidoptera:Pyralidae) infestation census from oil palm plantation on peat soil in Sarawak. *Serangga*. 20(1).
- Mustakim, K., 2013. *Aplikasi sistem pakar untuk diagnosa hama dan penyakit tanaman kelapa sawit menggunakan Naive Bayes (Studi Kasus : PT. Perkebunan Nusantara V)*, Skripsi, Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Pahan, Iyung, 2012. *Panduan Lengkap kelapa Sawit. Manajemen Hulu Hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Prasetyo, A., J. Lopez, J. Eldridge, D. Zommick dan A.Susanto. 2018. Long-term study of *Bacillus thuringiensis* application to control *Tirathaba Rufivena*, along with the impact to *Elaeidobius kamerunicus*, insect biodiversity and oil palm productivity. *Journal of Oil Palm Research*.30(1): 71-82.
- Priwiratama, H., Rozziansha, T. A. P., & Prasetyo, A. E. (2018). EFEKTIVITAS FLUBENDIAMIDA DALAM PENGENDALIAN ULAT API *Setothosea asigna* Van Eecke, ULAT KANTUNG *Metisa plana* Walker, DAN PENGGERAK TANDAN *Tirathaba Rufivena* Walker SERTA PENGARUHNYA TERHADAP AKTIVITAS KUMBANG PENYERBUK *Elaeidobius kamerunicus* Faust. EFEKTI. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 26(3), 129-140.
- Pujiastuti, Y., Asano, S-1., Sahara, K., Bando, H., & Iizuka, T. (1999). Toxicity of *Bacillus thuringiensis* subsp. *wuhanensis* crystal protein to *Bombyx mori* and *Spodoptera litura*. *J. SeLic. Sci. Japan* 68(3), 165-169
- Risza, I. S. (1994). *Kelapa Sawit, Upaya Peningkatan Produktivitas*. Kanisius.
- Sudjak, M Saenong.2007. Beberapa Produk Baru Insektisida Untuk Organisme Pengganggu Tanaman Pangan, Horikultura dan Tanaman Perkebunan. Hal 446.
- Susanto, A., A.E. Prasetyo, D. Simanjuntak, T.A.P. Rozziansha, H. Priwiratama, P. Sudharto, R.D.de Chenon, A. Sipayung, A.T. Widi dan R.Y. Purba. 2012. EWS: *Ulat Api, Ulat Kantung, Ulat Bulu*. Medan, Pusat Penelitian Kelapa Sawit

- PERDANA, F. (2016). *Penetapan Kadar Pestisida Sipermetrin dalam Daun Teh Hijau (Camellia sinensis) dengan Metode KCKT* (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
- Tarmadja, Samsuri, & Bobby Leonard. (2018). The Field Efficacy of Bio-Chemical Pesticide Mixture For Nettle Caterpillar Pest Control on Oil Palm Plantation. Prosiding Konser Karyallmiah Tingkat Nasional Tahun 2018 : Peluang dan Tantangan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di Era Global dan Digital, p. 207-211.
- Untung, K. (1993) .*Konsep Pengendalian Hama Terpadu*. Penerbit Andi Offset : Yogyakarta.