

Pengaruh Insektisida Karbofuran Terhadap Kerusakan dan Kehilangan Hasil Kentang Akibat Serangan *Gryllotalpa hirsuta* Burmeister (Ortoptera : Gryllotalpidae) Serta Dampaknya Terhadap Keanekaragaman Artropoda Tanah (Effect of Carbofuran on Damage and Yield Losses of Potato Caused by Mole Cricket (*Gryllotalpa hirsuta*) and the Impact on Biodiversity of Arthropods Community)

Setiawati, W, Jayanti, H, Hudayya, A, dan Hasyim, A

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung Barat 40391

E-mail: wsetiawati@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 11 September 2014 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 19 Januari 2015

ABSTRAK. Orong-orong atau anjing tanah (*Gryllotalpa hirsuta*) merupakan salah satu organisme pengganggu tumbuhan (OPT) penting pada tanaman kentang yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas produksi kentang. Sampai saat ini upaya pengendalian masih bergantung pada penggunaan insektisida yang mempunyai spektrum lebar (*broad spectrum*) salah satunya adalah karbofuran. Penggunaan insektisida karbofuran yang intensif dapat mengurangi populasi musuh alami di lapangan. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan insektisida karbofuran terhadap kerusakan dan kehilangan hasil kentang akibat serangan hama *G. hirsuta* dan dampaknya terhadap keanekaragaman Artropoda tanah. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang pada dua musim tanam yaitu musim kemarau (2012) dan musim penghujan (2013). Penelitian menggunakan rancangan petak berpasangan (*paired treatments*) terdiri atas dua perlakuan yaitu petak yang diaplikasikan dengan menggunakan karbofuran (30 kg/ha) dan tanpa perlakuan. Tiap perlakuan diulang lima kali. Keanekaragaman Artropoda tanah diamati dengan menggunakan *pitfall trap*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serangan *G. hirsuta* pada tanaman kentang di musim kemarau dan musim penghujan dapat mengakibatkan kehilangan hasil masing-masing sebesar 22,42% dan 12,07%. Penggunaan insektisida karbofuran mampu menekan kerusakan umbi kentang sebesar 56,79–58,38%. Namun demikian, penggunaan insektisida karbofuran dapat mengurangi kelimpahan populasi Artropoda tanah sebesar 30,67–34,32%. Indeks keragaman Artropoda tanah pada komunitas kentang di Lembang sangat rendah dengan nilai $H' = 0,698$ dan $H' = 0,647$. Kelimpahan predator seperti laba-laba sangat dipengaruhi oleh penggunaan insektisida karbofuran. Oleh sebab itu aplikasi karbofuran harus dikurangi untuk melestarikan keberadaan predator pada komunitas kentang.

Katakunci: Kentang; *Gryllotalpa hirsuta*; Karbofuran; Kehilangan hasil; Kelimpahan; Keragaman; Artropoda tanah

ABSTRACT. Mole cricket (*Gryllotalpa hirsuta*) was an important economic insect which cause economic losses on potato. Control of this insect still used of broad spectrum of insecticide such as carbofuran. The extensive use of insecticides in potato ecosystems reduces their efficiency in biological control such as parasitoids and predators. The aim of this research was to know the effect of carbofuran on damage and yield losses of potato caused by mole cricket (*G. hirsuta*) and the impact on biodiversity of Arthropods community. The experiment was conducted at Indonesian Vegetable Research Institute (IVEGRI), Lembang, West Java during dry seasons (2012) and rainy seasons (2013). Paired treatments was used in this experiment with two treatments (carbofuran) as treated and untreated with five replications. Pitfall traps were used to collect ground Arthropods. Carbofuran at 30 kg/ha was applied in the furrow just before planting to control some insects in the soil such as mole cricket (*G. hirsuta*). The result indicated that the yield of potatoes was found to be higher with the application of carbofuran at 30 kg/ha compared to untreated plot. The yield losses due to *G. hirsuta* was 22.42% and 12.07% in the dry season and rainy season, respectively. A significant reduction in the yield of potatoes in untreated plots was mainly attributed to direct damage of potatoes tuber by the feeding of mole cricket *G. hirsuta*. The used of carbofuran reduced damage of potato tuber by 56.79–58.38%. The application of the insecticides reduced density of total Arthropods in the dry and rainy season by 30.67–34.32 % respectively compared to the untreated plot. Biodiversity of soil Arthropods was very low with $H' = 0.698$ and $H' = 0.647$. The abundance of predators such as spiders declined significantly in the carbofuran treated field. It is concluded that the use of carbofuran is a serious threat to the ground spiders, the important group of biological control agents. So, the use of carbofuran should be minimized in the fields.

Keywords: Potato; *Gryllotalpa hirsuta*; Carbofuran; Yield losses; Abundance; Biodiversity; Arthropods

Kentang (*Solanum tuberosum*) merupakan salah satu komoditas sayuran yang mempunyai arti penting bagi masyarakat, baik dilihat dari nilai ekonominya yang tinggi maupun dari kandungan gizinya. Dalam dekade terakhir, permintaan kentang untuk konsumsi

dan bibit dalam negeri mengalami peningkatan. Permintaan akan kentang yang terus meningkat, perlu diimbangi dengan peningkatan produksi kentang. Salah satu permasalahan dalam meningkatkan produksi kentang di Indonesia adalah serangan hama dan

penyakit yang selalu ada. Salah satu hama penting pada tanaman kentang adalah orong-orong, *Gryllotalpa hirsuta* (Orthoptera: Gryllotalpidae).

Sejak 3 tahun terakhir, orong - orong menjadi hama penting pada tanaman kentang dan dapat menyebabkan kehilangan hasil sebesar 40%, sedangkan pada tanaman barley menyebabkan kehilangan hasil sebesar 50% (Ramachandran & Sagar 1996). Selain menyerang tanaman kentang, orong-orong juga dapat menyerang berbagai jenis tanaman seperti tanaman pangan (padi, jagung, gandum, barley, dan sorgum), sayuran (kentang, kubis, tomat, wortel, kubis bunga, *lettuce*, bayam, terung, paprika, dan kacang - kacang), buah-buahan, tanaman hias dan berbagai rerumputan (Kim 2000, Al-Jassany & Al-Joboory 2013). Hama ini dapat merusak tanaman pada berbagai fase tumbuh. Benih yang ada di persemaian pun tak luput dari serangan hama orong-orong. Menurut Konar *et al.* (2005) kerusakan tanaman yang diakibatkan oleh serangan *G. africana* berkisar antara 5,0–6,0% dan kerusakan umbi kentang berkisar antara 10–15%, selanjutnya Dewi (2012) melaporkan bahwa intensitas serangan *G. hirsuta* dapat mencapai 20% dari umbi kentang yang dipanen. Kehilangan hasil yang diakibatkan oleh OPT akan berbeda bergantung pada lokasi, musim, waktu tanam, komposisi dan kelimpahan hama, varietas yang digunakan serta faktor biotik lainnya (Ajala *et al.* 2010, Okweche *et al.* 2010).

Masalah utama dalam pengendalian *G. hirsuta* adalah penentuan waktu yang tepat, karena biasanya pada siang hari berada dalam tanah dan aktif pada malam hari (Setiawati *et al.* 2014). Selain itu populasi *G. hirsuta* di lapangan sangat dipengaruhi oleh musim dan perubahan tinggi rendahnya curah hujan yang berkaitan dengan kelembaban tanah. Hal ini dapat diketahui baik dari hamanya sendiri maupun tingkat kerusakan yang ditimbulkannya (Al-Jassany & Al-Joboory 2013, Setiawati *et al.* 2014). Oleh sebab itu, beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pengendalian hama *G. hirsuta* antara lain tingkat populasi, kerusakan tanaman, stadia tanaman, dan iklim atau musim. Hal ini akan memengaruhi kehilangan hasil yang diakibatkannya.

Penilaian pengaruh tingkat kerusakan terhadap kehilangan hasil akibat serangan hama dapat mengungkapkan pengaruh infestasi hama, tingkat populasi hama, dan status ekonomi hama yang dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat kerusakan ekonomi dan atau ambang ekonomi yang akan memengaruhi tingkat penggunaan insektisida di dalam pengendalian hama sehingga rasional.

Gryllotalpa hirsuta menghabiskan hampir seluruh hidupnya di bawah permukaan tanah, oleh sebab itu pengendalian yang umum dilakukan adalah dengan

menggunakan insektisida yang mempunyai sifat sistemik dan *broad spectrum*. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa insektisida karbofuran efektif untuk mengendalikan serangga tanah termasuk *G. hirsuta* (Konar & Paul 2005, Konar *et al.* 2011, Al-Jorany & Sadik 2012) pada tanaman sayuran, padi, pisang, barley, kopi, dan tanaman hias (Otieno *et al.* 2010).

Karbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7 benzofuranil metil karbamat) merupakan insektisida dari golongan karbamat, bekerja sebagai racun kontak dan lambung, bersifat sistemik serta berbentuk granul. Selain sebagai insektisida, karbofuran juga dapat digunakan sebagai nematisida. Nilai LD₅₀ karbofuran sebesar 8–11 mg/kg (tikus), 0,238 mg/kg (burung) dan sebesar 5,62 mg/kg (bebek) (Mineau 2001).

Semakin intensifnya penggunaan insektisida karbofuran telah nyata pula mengakibatkan pengaruh negatif terhadap lingkungan akuatik dan *terrestrial* serta kematian biota bukan sasaran. Kematian biota bukan sasaran merupakan efek samping insektisida karbofuran. Efek samping insektisida karbofuran dapat berupa pengurangan jumlah individu, hambatan pada aktivitas metabolisme, hambatan perilaku, dan reproduksi serta daya tetas kokon pada biota tanah (Tannock & Wessel 2003).

Pengaruh negatif insektisida karbofuran terhadap musuh alami telah banyak dilaporkan. Hong - Hyun & Lee (2009) melaporkan bahwa penggunaan insektisida karbofuran dapat mengurangi populasi musuh alami lebih dari 50%. Menurut Stark *et al.* 1995, Yoo *et al.* 1993) insektisida karbofuran sangat toksik terhadap predator dari golongan Arachnidae seperti laba - laba (Stark *et al.* 1995). Otieno *et al.* (2010) melaporkan bahwa penggunaan karbofuran secara intensif dapat meninggalkan residu, kontaminasi, dan meracuni lingkungan sehingga mengurangi populasi berbagai hewan berguna.

Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh penggunaan insektisida karbofuran terhadap kerusakan dan kehilangan hasil umbi kentang akibat serangan *G. hirsuta* pada musim kemarau dan musim penghujan serta dampaknya terhadap keanekaragaman Artropoda tanah. Hipotesis yang diajukan adalah penggunaan karbofuran dapat menekan serangan *G. hirsuta* pada tanaman kentang dan memengaruhi populasi fauna dalam tanah.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada musim kemarau (MK) 2012 dan musim penghujan (MP) 2013 di

Kebun Percobaan Margahayu, Balai Penelitian Tanaman Sayuran di Lembang, Jawa Barat (1.250 m dpl.). Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan perlakuan berpasangan (*paired treatment comparison*) menurut Chiarappa (1981). Perlakuan terdiri atas dua macam yaitu insektisida karbofuran (Furadan 3 G) dengan dosis 30 kg/ha (*treated*) dan tanpa perlakuan (*untreated*) serta diulang lima kali. Varietas kentang yang digunakan adalah Granola, jarak tanam 80 x 30 cm. Banyaknya tanaman tiap petak adalah 1.200 tanaman. Luas tiap petak perlakuan 240 m². Pupuk yang digunakan adalah pupuk kandang dengan dosis 30 t/ha diaplikasikan pada setiap garitan. Sebagai pupuk dasar NPK 16:16:16 ditempatkan di atas pupuk kandang kemudian ditutup tanah. Karbofuran (Furadan 3 G) dengan dosis 30 kg/ha ditaburkan di dalam garitan tanaman.

Pengamatan :

1. Kerusakan umbi kentang akibat serangan *G. hirsuta*
Tanaman contoh (10 tanaman per petak) ditentukan secara acak dengan menggunakan metoda *U-shape*. Tingkat kerusakan umbi kentang dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{a}{(a+b)} 100\%$$

dimana :

P = Tingkat kerusakan (%)

a = Jumlah umbi terserang

b = Jumlah umbi sehat

Data yang diperoleh dari tiap perlakuan diuji lanjut menggunakan uji t.

2. Persen efikasi karbofuran dihitung menggunakan rumus:

$$EP = \frac{K_k - K_p}{K_k} 100\%$$

dimana :

EP = Tingkat efikasi insektisida yang diuji terhadap kerusakan umbi (%)

K_k = Kerusakan umbi pada petak perlakuan yang tidak diberi Furadan

K_p = Kerusakan umbi pada petak perlakuan yang diberi Furadan

3. Produksi bersih (t/ha)

Persentase kehilangan hasil dihitung menggunakan rumus:

$$I = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} 100\%$$

dimana:

I = Kehilangan hasil (%)

P₁ = Rerata hasil produksi kentang petak perlakuan (T)

P₂ = Rerata hasil produksi kentang petak tanpa perlakuan (UT)

4. Pengamatan populasi Artropoda tanah dilakukan dengan memasang perangkap jebak (*pitfall trap*) pada masing-masing perlakuan dan diamati setiap 1 minggu. *Pitfall trap* menggunakan gelas plastik diameter permukaan atas 7 cm, kedalaman 12 cm serta volume 200 ml, ke dalam setiap gelas dituangkan larutan deterjen. Untuk menghindari masuknya air hujan, di atas perangkap dipasang atap dari piring plastik berdiameter 15 cm, perangkap dipasang sejajar dengan permukaan tanah di sela-sela barisan tanaman kentang. Artropoda yang tertangkap dikoleksi dalam alkohol 70% kemudian diidentifikasi di Laboratorium Entomologi dan Fitopatologi Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Penggolongan Artropoda dilakukan berdasarkan taksonomi dan struktur trofik menurut Borror *et al.* (1989). Keragaman jenis predator yang ditemukan dihitung dengan menggunakan indeks Shannon-Wiener (Spellerberg & Fedor 2003) dengan rumus sebagai berikut:

Indeks keragaman Shannon-Weiner

$$H' = -\sum P_i \log P_i$$

$$= -\sum (n_i/N \log n_i/N)$$

dimana :

H' = Indeks keragaman

P_i = n_i/N

n_i = Jumlah individu jenis ke-i

N = Total jumlah individu

Nilai indeks :

< 1,5 = Keragaman rendah

1,5–3,5 = Keragaman sedang

> 3,5 = Keragaman tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

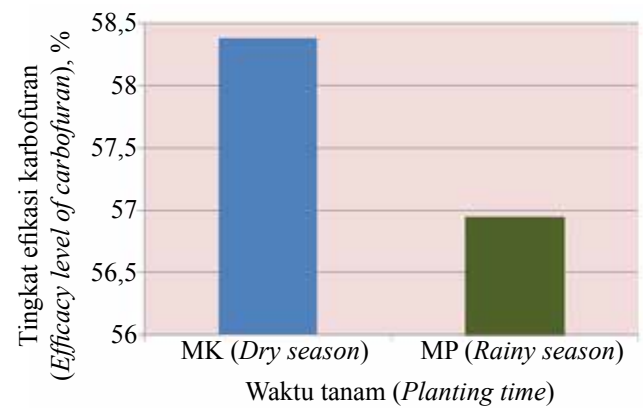
Kerusakan dan Kehilangan Hasil Kentang Akibat Serangan *Gryllotalpa hirsuta*

Hasil pengamatan terhadap serangan *G. hirsuta* disajikan pada Tabel 1. Pada musim kemarau serangan *G. hirsuta* relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pada musim penghujan. Penggunaan karbofuran secara nyata dapat menekan serangan *G. hirsuta*

dibandingkan dengan tanpa perlakuan (kontrol). Serangan *G. hirsuta* pada petak perlakuan sebesar 6,41% dan pada petak kontrol sebesar 15,40% (pada musim kemarau), sedangkan pada musim penghujan serangan *G. hirsuta* pada petak perlakuan sebesar 6,20% dan pada petak kontrol sebesar 14,44%. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Paul & Konar (2003) yang menyatakan bahwa kerusakan umbi kentang akibat serangan *G. africana* dapat mencapai 10%. Dengan demikian, penggunaan insektisida karbofuran dapat mengurangi serangan *G. hirsuta* sebesar 58,38% pada musim kemarau dan sebesar 56,79% pada musim penghujan (Gambar 1). Otieno et al. (2010) melaporkan bahwa pada musim penghujan karbofuran tercuci oleh air hujan, hal ini ditandai dengan tingginya residu karbofuran yang terdapat pada air di musim penghujan dibandingkan dengan musim kemarau. Degradasi karbofuran pada tanah juga terjadi karena pH yang tinggi, tanah yang mengandung pasir, kelembaban tanah sangat tinggi, dan biodegradasi oleh bakteri (Sing 1996). Venkateswarlu et al. (1977) menemukan bahwa karbofuran yang terdapat dalam tanah yang tergenang air akan lebih cepat terdegradasi dibandingkan dengan di dalam tanah yang tidak tergenang air. Mikroorganisme berperan dalam proses degradasi karbofuran dalam tanah terutama tanah yang bersifat asam atau netral.

Penggunaan karbofuran memberikan perbedaan yang nyata terhadap hasil panen. Pada musim kemarau penggunaan insektisida karbofuran memberikan hasil panen rerata sebesar 21,50 t/ha, sedangkan tanpa perlakuan insektisida karbofuran menghasilkan 16,68 t/ha. Pada musim penghujan perlakuan insektisida karbofuran memberikan hasil panen sebesar 13,26 t/ha dan sebesar 11,66 t/ha pada petak tanpa perlakuan. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ramachandran & Sagar (1996) dan Konar et al. (2011) yang melaporkan bahwa insektisida karbofuran merupakan salah satu insektisida yang paling efektif untuk mengendalikan *Gryllotalpa* sp. dan nematoda (Adegbite & Adesiyun 2001, Jada et al. 2011). Hal ini disebabkan insektisida karbofuran bersifat sistemik dan persistensinya dalam tanah relatif lama (Konar & Paul 2005).

Persentase kehilangan hasil umbi kentang karena serangan *G. hirsuta* menunjukkan bahwa pada musim



Gambar 1. Persen efikasi insektisida karbofuran pada musim kemarau dan musim penghujan (Percent efficacy of carbofuran in dry and rainy season)

kemarau (MK) mencapai angka tertinggi sebesar 22,42%, sedangkan pada musim penghujan (MP) sekitar 12,07% (Tabel 2). Ramachandran & Sagar (1996) menyatakan bahwa kepadatan populasi *G. hirsuta* pada tanaman barley sebanyak 2,37 ekor/m² pada kedalaman 25 cm dapat menyebabkan kehilangan hasil sebesar 28,34%. Selanjutnya Sing (1996) melaporkan bahwa kehilangan hasil cabai akibat serangan *G. hirsuta* dapat mencapai 15%.

Kelimpahan Artropoda Tanah

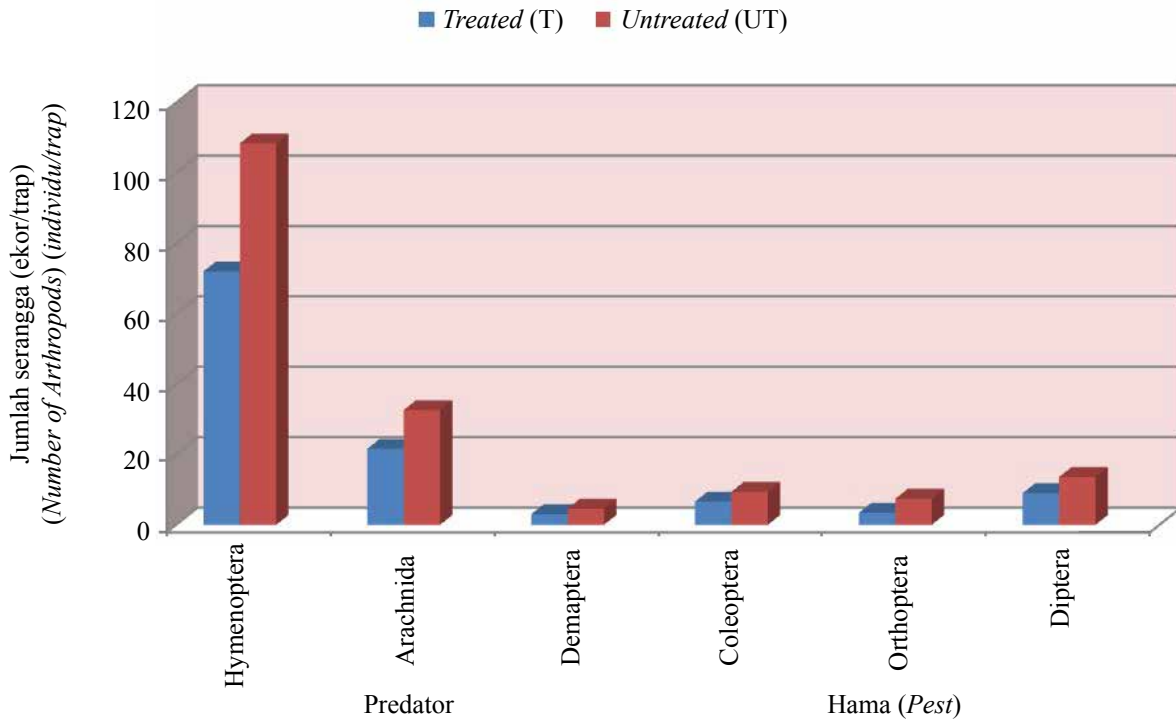
Hasil pengamatan terhadap kelimpahan Artropoda tanah pada musim kemarau (MK) dan musim penghujan (MP) disajikan pada Gambar 2 dan 3. Artropoda tanah yang ditemukan pada pertanaman kentang selama penelitian berlangsung dapat dikelompokkan menjadi tiga *guilds* yaitu predator, hama, dan dari golongan netral (*decomposer*). Artropoda tanah yang berperan sebagai predator antara lain dari ordo Hymenoptera (67,85%), Arachnidae (19,85%), dan Dermaptera (11,64%). Penggunaan insektisida karbofuran ternyata dapat menurunkan populasi predator sebesar 48,54%. Beberapa penelitian yang dilakukan oleh Culin & Yearga (1983), Epstein et al. (2000), Tahir et al. (2011) memberikan hasil yang sama terutama untuk predator dari ordo Arachnidae. Rezac et al. (2010) melaporkan bahwa penggunaan insektisida tidak hanya membunuh Arachnidae tetapi juga dapat merubah struktur tubuhnya. Winasa

Tabel 1. Kerusakan umbi kentang akibat serangan *G. hirsuta* pada musim kemarau dan musim penghujan (Damage of potato tuber by *G. hirsuta* in dry and rainy season)

| Perlakuan (Treatments) | Waktu tanam (Planting time) | |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | Musim kemarau (Dry season) | Musim penghujan (Rainy season) |
| Treated (T) | 6,41 b | 6,20 b |
| Untreated (UT) | 15,40 a | 14,4 a |

Tabel 2. Rerata besarnya kehilangan hasil akibat serangan *G. hirsuta* (Average of yield losses by *G. hirsuta*)

| Waktu tanam (Planting time) | Produksi (Production) Treated | | Produksi (Production) Untreated | | Kehilangan hasil (Yield losses) |
|--------------------------------|----------------------------------|-------|------------------------------------|-------|------------------------------------|
| | kg/plot | t/ha | kg/plot | t/ha | % |
| MK (Dry season) | 516,0 | 21,50 | 400,2 | 16,68 | 22,42 |
| MP (Rainy season) | 318,2 | 13,26 | 279,8 | 11,66 | 12,07 |
| Total | 834,2 | 34,76 | 680,0 | 28,34 | 34,49 |
| Rerata (Average) | 417,2 | 17,38 | 340,0 | 14,17 | 17,25 |
| Beda rerata (T – UT) | | | 77,2 | 3,21 | |



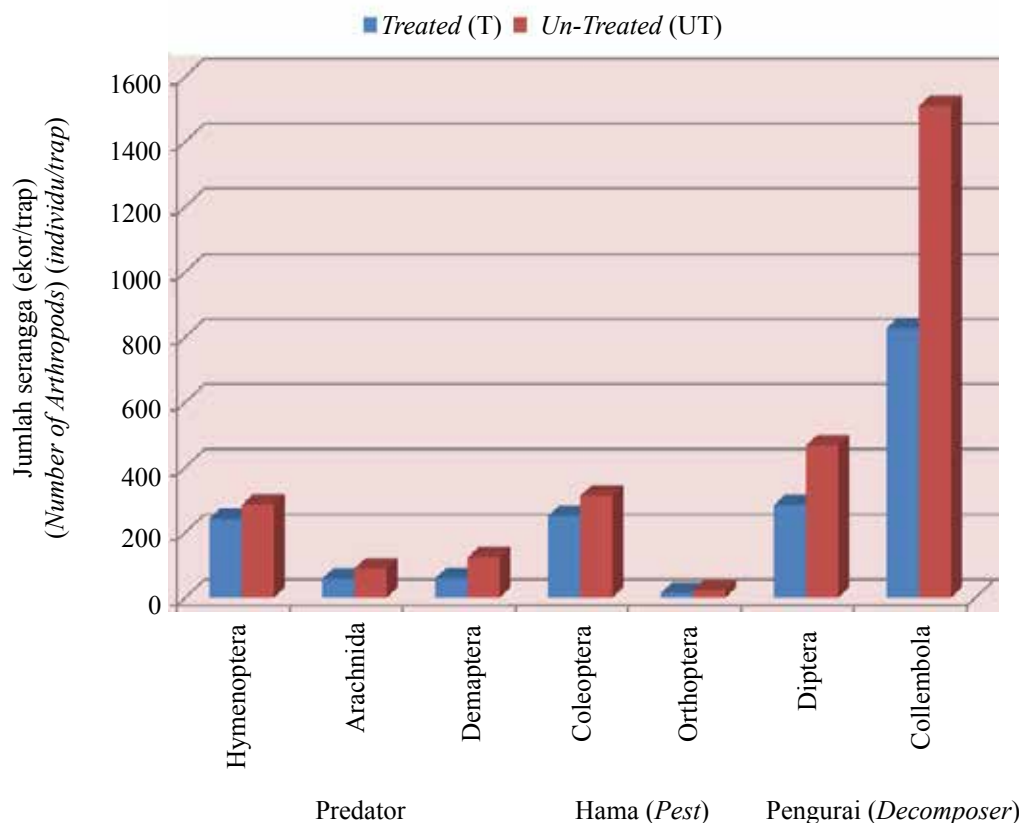
Gambar 2. Kelimpahan Artropoda tanah pada pertanaman kentang di musim kemarau (Abundance of Arthropods soil-dwelling in the dry season)

& Rauf (2005) melaporkan terjadinya penurunan kelimpahan Artropoda permukaan tanah dari famili *Lycosidae*, *Lyniphiidae*, *Carabidae* dan *Formicidae* pada ekosistem sawah yang diaplikasi deltametrin. Populasi laba-laba *Lycosidae* pada sawah yang diaplikasi insektisida sintetik sangat rendah, diduga hal itu dipengaruhi oleh tubuhnya yang lunak dan peka terhadap insektisida sintetik serta cara hidupnya yang aktif di permukaan tanah menyebabkan Artropoda tersebut mudah terpapar insektisida sintetik. Namun demikian Herlinda *et al.* (2008) melaporkan bahwa *Formicidae* merupakan salah satu spesies serangga yang relatif tahan terhadap insektisida.

Artropoda tanah yang berperan sebagai hama antara lain dari ordo Coleoptera, Ortoptera, dan Diptera. Hama yang paling dominan ditemukan adalah *G. hirsuta* dan *Liriomyza huidobrensis*. Menurut Mas'ud & Sundari (2011) Artropoda tanah baik yang hidup di dalam tanah maupun di permukaan tanah ada yang

tinggal sementara dan ada yang bersifat menetap. Dari sekian banyak Artropoda tanah yang ditemukan, ordo-ordo seperti Collembola, Hymenoptera, Coleoptera, dan Arachnida memiliki kepadatan populasi yang sangat tinggi.

Penggunaan insektisida karbofuran dapat menekan populasi hama tersebut masing-masing sebesar 37,5% (MK) dan 31,80% (MP). Artropoda lain yang ditemukan pada musim penghujan adalah Collembola dalam jumlah yang cukup tinggi. Shahabudin (1998) menyatakan bahwa distribusi Collembola dipengaruhi oleh kelembaban tanah, ketersediaan makanan, struktur tanah, dan pH tanah. Setiawati & Asandhi (2003) melaporkan bahwa selain sebagai dekomposer bahan organik tanah, Collembola juga bermanfaat sebagai pakan predator. Menurut Tahir *et al.* (2011) keberadaan serangga netral (Collembola) sangat diperlukan dalam mempertahankan populasi predator dalam suatu komunitas tanaman.



Gambar 3. Kelimpahan Artropoda tanah pada pertanaman kentang di musim penghujan (*Abundance of Arthropods soil-dwelling in the rainy season*)

Secara keseluruhan penggunaan insektisida karbofuran dapat mengurangi kelimpahan Artropoda tanah pada musim kemarau (MK) sebesar 34,32% dan pada musim penghujan (MP) sebesar 30,67%. Rendahnya kelimpahan populasi Artropoda pada komunitas kentang yang diaplikasi insektisida karbofuran tersebut menunjukkan bahwa insektisida karbofuran dapat memengaruhi kelimpahan populasi Artropoda yang aktif di permukaan tanah. Penurunan populasi Artropoda permukaan tanah pada pertanaman kentang yang diaplikasi insektisida karbofuran diduga akibat dari kerentanan Artropoda itu terhadap insektisida sintetik. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hong-Hyun & Lee (2009) yang menyatakan bahwa penggunaan insektisida karbofuran dapat mengurangi Artropoda pada komunitas padi sebesar 48,40%. Hasil beberapa penelitian juga melaporkan bahwa insektisida karbofuran toksik terhadap berbagai jenis burung. Hal ini disebabkan karena formulasi karbofuran mirip dengan biji-bijian sehingga burung sulit membedakannya (Erwin *et al.* 1991).

Keragaman Artropoda Tanah

Hasil pengamatan terhadap keragaman Artropoda tanah di pertanaman kentang selama penelitian berlangsung disajikan pada Tabel 3. Secara keseluruhan

keragaman Artropoda tanah pada komunitas kentang, baik di musim kemarau maupun musim penghujan mempunyai nilai indeks keragaman yang sangat rendah yaitu masing - masing sebesar $H' = 0,6982$ dan $H' = 0,6477$. Penggunaan insektisida karbofuran menghasilkan nilai $H' = 0,6477$ dan tanpa perlakuan insektisida menghasilkan nilai $H' = 0,6977$.

Keanekaragaman Artropoda tanah pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan dengan musim penghujan. Menurut Sugiyarto (2000) kandungan air tanah/kelembaban tanah menunjukkan korelasi negatif dengan indeks diversitas makrofauna di dalam tanah. Hal ini disebabkan oleh karena peningkatan kandungan air tanah dapat mengurangi kandungan udara di dalam tanah. Dengan demikian, berbagai jenis makrofauna tanah yang mengambil oksigen langsung dari udara tidak akan dapat beradaptasi pada lingkungan tanah dengan kandungan air yang tinggi. Sebaliknya Artropoda tanah yang mampu mengambil oksigen dari air akan dapat mendominasi kehidupan pada habitat tersebut. Tingginya tingkat dominansi akan menurunkan nilai indeks diversitas. Artropoda tanah yang mendominasi pada pertanaman kentang adalah dari ordo Hymenoptera dan Collembola.

Menurut Oka (1995) semakin beragam spesies yang ditemukan di suatu areal pertanaman maka semakin besar atau tinggi tingkat keragaman komunitasnya.

Tabel 3. Indeks keanekaragaman Artropoda tanah pada musim kemarau (MK) dan musim penghujan (MP) (*Index diversity of Artropods soil – dwelling in the dry and rainy season*)

| Waktu tanam (<i>Planting time</i>) | Keragaman Artropoda tanah (<i>Biodiversity of Artropods soil – dwelling</i>) | |
|--------------------------------------|---|-----------|
| | Treated | Untreated |
| MK (<i>Dry season</i>) | 0,6945 | 0,7019 |
| MP (<i>Rainy season</i>) | 0,6014 | 0,6939 |
| Rerata (<i>Average</i>) | 0,6480 | 0,6980 |

Pada saat keragaman komunitas itu tinggi maka suatu spesies tidak dapat menjadi dominan, sedangkan dalam komunitas yang keragamannya rendah maka satu atau dua spesies dapat menjadi dominan. Keragaman spesies yang rendah menyebabkan jaring-jaring makanan yang terbentuk lebih sederhana sehingga kestabilan pada ekosistem pertanian kurang terjaga. Keragaman akan cenderung menjadi rendah bila ekosistem tanaman tersebut terkendali secara fisik oleh kegiatan budidaya yang dilakukan petani.

Rendahnya jumlah dan jenis Artropoda tanah pada lahan monokultur diduga terjadi karena tidak ada gulma berbunga sebagai sumber nektar dan polen, hal ini disebabkan karena optimalisasi budidaya pada lahan pertanian kentang sehingga tidak ada keberadaan gulma. Nentwig (1998) mengemukakan bahwa musuh alami dewasa mendapatkan pakan berupa nektar dan polen dari gulma berbunga yang diperlukan dalam produksi telur, tambahan energi, peningkatan lama hidup serta keperidian yang merupakan penentu keberhasilan pengendalian hayati di tempat tersebut.

Peningkatan keefektifan musuh alami dapat dilakukan dengan konservasi melalui tindakan budidaya ramah lingkungan, perbaikan habitat, dan relungnya di lapang sehingga dapat membantu musuh alami tetap eksis di lapang (Supartha *et al.* 2009). Dewasa ini upaya meminimalkan penggunaan pestisida sintetik untuk menekan populasi serangga hama serta menghasilkan produk yang lebih sehat. Hal ini mendorong berkembangnya penelitian tentang *three level trophic interactions* yaitu interaksi tanaman, herbivora, dan musuh alaminya sebagai dasar dalam upaya pengelolaan hama (Verkerk & Wright 1996). Dapat dikatakan bahwa pengelolaan habitat secara bijaksana dapat menurunkan populasi serangga hama pada tingkat tidak merugikan, sehingga dasar informasi mengenai kelimpahan Artropoda pada suatu ekosistem pertanian perlu dilakukan sebagai gambaran awal mengenai populasi masing-masing komponen yang berinteraksi di ekosistem tersebut sebagai dasar pengambilan keputusan pengendalian hama.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Serangan *G. hirsuta* pada tanaman kentang di musim kemarau dan musim penghujan dapat mengakibatkan kehilangan hasil masing - masing sebesar 22,42% dan 12,07%.
2. Penggunaan insektisida karbofuran mampu menekan kerusakan umbi kentang sebesar 56,79–58,38%. Namun demikian, penggunaan insektisida karbofuran dapat mengurangi kelimpahan populasi Artropoda tanah sebesar 30,67–34,32%.
3. Indeks keanekaragaman Artropoda tanah pada komunitas kentang di Lembang sangat rendah dengan nilai $H' = 0,6982$ dan $H' = 0,6477$. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran jumlah individu tiap spesies rendah dan kestabilan ekosistem komunitas kentang juga rendah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adegbite, AA & Adesiyan, SO 2001, 'Effect of carbofuran (Furadan) on the performance of four nematode susceptible varieties of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)', *Tropical Oilseeds Journal*, vol. 6, pp. 11–23.
2. Ajala, SO, Nour, AM, Ampong-Nyarko, K & Odindo, MO 2010, 'Evaluation of maize (*Zea mays* L.) genotypes as a component of integrated stem borer (*Chilo partellus* Swinhoe) management in coastal region of Kenya', *Afri J. Agric. Res.* vol. 5, no. 8, pp. 758-63.
3. Al-Jassany, RF & Al-Joboory, R 2013, 'Biological studies of mole cricket *Gryllotalpa strepposa* Zhantiev (Gryllotalpidae, Orthoptera) in field condition in Iraq', *Canadian Journal of Plant Protection*, vol. 1, no. 4, pp. 150-4.
4. Al-Jorany, RS & Sadik, FH 2012, 'Efficiency of some insecticides to protect potato tubers from attack by some soil insects', *The Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, vol. 43, no. 1, pp. 48-54.
5. Borror, DJ, Triplehorn, CA & Johnson, NF 1989, *An introduction to the study of insects*, ed. 6, Saunders College Publishing, Philadelphia, PA, 875 pp.
6. Chiarappa, L 1981, *Crop loss assessment methods*, Supplement 3, Rome, FAO, 123 pp.

7. Culin, JD & Yeorgan, KV 1983, 'The effects of selected insecticides on the spiders in Alfalfa', *J. Kansas Ent. Soci.*, vol. 56, no. 2, pp. 151-8.
8. Dewi, NAU 2012, *Kelimpahan artropoda permukaan tanah pada pertanian kentang (Solanum tuberosum L.) dan brokoli (Brassica oleracea L.)*, diunduh 10 April 2013, <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/60105>.
9. Epstein, DL, Zack, RS, Brunner, JF, Gut, L & Brown, JJ 2000, 'Effects of broad spectrum insecticides on epigeal arthropod biodiversity in Pacific Northwest apple orchards', *Environ. Entomol.*, vol. 29, no. 2, pp. 340-8.
10. Erwin, Nathan & Winter 1991, 'Carbofuran and bird kills: Regulation at a snail's pace', *J. Pesticide Reform.*, vol. 11, no. 4, pp. 15-7.
11. Herlinda, S, Waluyo, Estuningsih, SP & Irsan, C 2008, 'Perbandingan keanekaragaman spesies dan kelimpahan Artropoda predator penghuni tanah di sawah lebak yang diaplikasi dan tanpa aplikasi insektisida', *J. Entomol. Indon.*, vol. 5, no. 2, pp. 96-107.
12. Hong-Hyun, P & Lee, JE 2009, 'Impact of pesticide treatment on an Arthropod community in the korean rice ecosystem', *J. Ecol. Field Biol.*, vol. 32, no. 1, pp. 19-25.
13. Jada, MY, Gungula, DT & Jacob, I 2011, 'Efficacy of carbofuran in controlling root-knot nematode (*Meloidogyne javanica* Whitehead, 1949) on cultivars of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) in Yola, Nigeria', *International Journal of Agronomy*, vol. 2011.
14. Kalmoukos, P, Patsakos, P, Tomazou, T, Miliadis, GE & Liapis, KS 1994, 'Effectiveness of granular insecticides on potato insects and residues in potatoes', *Annales de l'Institut Phytopathologique Benaki*, vol. 17, no. 1, pp. 11-23.
15. Konar, A, Kiran, A, More & Mondal, P 2011, 'Efficacy of some insecticides against cutworm and mole cricket of potato in West Bengal', *The Journal of Plant Protection Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 37-42.
16. Konar, A & Paul, S 2005, 'Efficacy of some granular insecticides and biopesticides against mole cricket on potato', *J. Applied Zoological Researches*, vol. 16, pp. 59-60.
17. Konar, A, Paus, S, Basu, A, & Chittri, 2005, 'Integrated management of mole cricket attacking potato in costern gangetic plains West Bengal', *Potato Journal*, vol. 32, issue 3 and 4, pp. 250.
18. Mas'ud, A & Sundari 2011, 'Kajian struktur komunitas epifauna tanah di kawasan hutan konservasi gunung Sibela Halmahera Selatan, Maluku Utara', *Bioedukasi*, vol. 2, no. 1, pp. 7-15.
19. Mineau, P 2001, 'Pesticide acute toxicity: Reference values for birds', *Rev Environ Contam Toxicol.*, vol. 13, pp. 71-80.
20. Nentwig, W 1998, 'Weedy plant species and their beneficial Arthropods : Potential for manipulation in field crops, in Pickett, CH & Bugg, RL (eds.)', *Enhancing biological control : Habitat management to promote natural enemies of agricultural pests*, University of California Press Berkeley, 422 pp.
21. Oka, IN 1995, *Pengendalian hama terpadu dan implementasinya di Indonesia*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 255 hlm.
22. Okweche, SI, Ukeh, DA & Ogunwolu, EO 2010, 'Field infestation of three maize (*Zea mays* L.) genotypes by lepidopteran stem borers in Makurdi, Nigeria', *Global J. Agric. Sci.*, vol. 9, no. 1, 41-5.
23. Otieno, PO, Lalah, JO, Virani, M, Jondiko, IO & Schramm, KW 2010, 'Soil and water contamination with carbofuran residues in agricultural farmlands in Kenya following the application of the technical formulation Furadan', *Journal of Environmental Science and Health Part B*, vol. 45, pp. 137-44.
24. Paul, S & Konar, A 2003, 'Integrated pest management of aphids of potato in gangetic plains of West Bengal', *Proceeding, Recent Environ. Changes, Impact on Health, Agriculture and Ecosystem*, SC Santra (eds.), Univ. Kalyani, WB pp. 26-9.
25. Ramachandran, RS & Sagar, V 1996, 'Status of mole cricket, *G. hirsuta*, as a pest of barley seed and seedlings together with its control', *Journal of Entomological Research*, vol. 20, issue: 4, pp. 365-75.
26. Rezac, M, Pekar, S & Stara, J 2010, 'The negative effect of some selective insecticides of the functional response of a potential biological control agent, the spider *Philodromus cespitum*', *Biocontrol*, vol. 55, pp. 503-10.
27. Setiawati, W & Asandhi, AA 2003, 'Pengaruh sistem pertanian monokultur dan tumpangsari sayuran Cruciferae dan Solanaceae terhadap hasil dan struktur dan fungsi komunitas Artropoda', *J. Hort.*, vol. 13, no. 1, hlm. 41-57.
28. Setiawati, W, Hudayya, A & Jayanti, H 2014, 'Distribusi dan kelimpahan populasi orong-orong (*Gryllotalpa hirsuta* Burmeister.), uret (*Phyllophaga javana* Brenske.) dan ulat tanah (*Agrotis ipsilon* Hufnagel.) di sentra produksi kentang di Jawa Barat dan Jawa Tengah', *J. Hort.*, vol. 24, no. 1, hlm. 65-75.
29. Shahabudin 1998, 'Keanekaragaman dan distribusi Artropoda tanah pada empat komunitas tumbuhan Gunung Tangkuban Parahu, Jawa Barat', tesis magister, Institut Teknologi Bandung.
30. Sing, H 1996, *Studies on the residue on carbofuran in sweet potato and chili in the State of Perlis, Malaysia*, Research report submitted to the Bureau Of Research And Consultancy Mara Institute of Technology, Selangor, Malaysia.
31. Spellerberg, IF & Fedor, PJ 2003, 'A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon-Wiener' Index', *Global Ecology & Biogeography*, vol. 12, 177-9.
32. Stark, JD, Jepson, PC, Thomas, CFG 1995, 'The effects of pesticides on spiders from the lab to the landscape', *Rev. Pestic Toxicol.*, vol. 3, pp. 83-110.
33. Sugiyarto, 2000, 'Keanekaragaman makrofauna tanah pada berbagai umur tegakan sengon di RPH Jatirejo, Kabupaten Kediri', *Biodiversitas*, vol. 1, no. 2, hlm. 47-53.
34. Supartha, IW, Susila, IW, Mastika, IM & Suniti, W 2009, *Penelitian strategis nasional tahun anggaran 2009, pengelolaan terpadu hama penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera : Gracillridae) di Bali*, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Denpasar, 48 hlm.
35. Tahir, HM, Butt, A, Mukhtar, MK, Khan, SY, Arshad, M & Ahsan, MM 2011, 'Effect of carbofuran on the diversity and mean abundance of ground spiders', *African Journal of Biotechnology*, vol. 10, no. 57, pp. 12303-08.
36. Tannock, J & Wessel, CL 2003, 'Determination of carbofuran residues and metabolites in plant material', *Pestic. Sci.*, vol. 25, pp. 238-43.

37. Trotter, D, Kent, R & Wong, M 1991, 'Aquatic fate and effect of carbofuran', *Crit. Rev. in Environ. Cont.*, vol. 21, no. 2, pp. 137-76.
38. Venkateswarl, K, Siddarame, TKG & Sethunathan, N 1977, 'Persistence and biodegradation of carbofuran in flooded soils', *J. Agric. Food. Chem.*, vol. 23, no. 3, pp. 533-5.
39. Verkerk, RHJ & Wright, DJ 1996, 'Multitrophic interaction and management of the diamond back moth', *A review Bull. Entomol Res.*, vol. 86, pp. 205-16.
40. Winasa, IW & Rauf, A 2005, 'Pengaruh sampling aplikasi deltametrin terhadap Artropoda predator penghuni permukaan tanah di pertanaman kedelai', *J. Entomol. Ind.*, vol. 2, pp. 39-47.
41. Yoo, JK, Choi, BY & Cho, JR 1993, 'The effect of insecticide treatment on major natural enemies of rice pests', *Ann. Rep. Inst. Pesticide Science, RDA*, pp. 190-6.