

Efektivitas *Tenebrio Molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) sebagai Agen Pendegradasi Styrofoam untuk Mengatasi Permasalahan Sampah

Ica Veronika Maha¹⁾, Nora Safitri¹⁾, Nurul Husna¹⁾, Adi Bejo Suwardi¹⁾

¹⁾ Departemen Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Samudra,
Aceh, Indonesia

E-mail: icaveronikamaha@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keefektifan penentuan stadium larva dari *T. molitor* terbaik dalam menangani limbah styrofoam. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *T. molitor* sebanyak 10 ekor setiap umur 60 hari, 70 hari, 80 hari, 90 hari, 100 hari dan 120 hari. Styrofoam diberikan sebanyak 12 mg setiap perawatan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa larva P6 yang berumur 120 membuktikan bahwa waktu makan efektif bagi larva pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan massa 0,86 mg/ekor. Jumlah kehilangan styrofoam yang tinggi selama 12 jam berbanding lurus dengan laju pertumbuhan. Maka tingkat kelangsungan hidup mencapai lebih dari 70%. Analisis statistik menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari semua perlakuan terhadap jumlah kehilangan styrofoam, tingkat pertumbuhan dan keaktifan ($P < 0,05$). Pemanfaatan styrofoam sebagai pakan akan berdampak positif pada penurunan jumlah limbah styrofoam.

Kata Kunci: biodegradasi, styrofoam, tingkat kelangsungan hidup, *T. molitor*

Abstract

This study aims to analyze the effectiveness of determining the stage in the larvae of *T. molitor* best in dealing with styrofoam waste. The method used in this study using *T. molitor* of 10 tails each aged 60 days, 70 days, 80 days, 90 days, 100 days and 120 days. Styrofoam is administered as much as 12 mg each treatment. The results of this study indicate that the P6 larvae aged 120 prove that the effective feeding time for larvae is at 16.00-17.00 WIB with a mass of 0.86 mg. The high amount of styrofoam lost for 12 hours is directly proportional to the growth rate. Then the survival rate reaches more than 70%. Statistical analysis showed that there was a significant effect of all treatments on the amount of styrofoam loss, growth rate and liveliness ($P < 0.05$). Styrofoam utilization as feed will have a positive impact on the decrease of styrofoam waste amount.

Keyword: biodegradation, styrofoam, survival rate, *T. molitor*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki jumlah penduduk yang banyak dan terbesar ke-4 di dunia dengan jumlah penduduk sebanyak 258.704.986 jiwa (BPS, 2017). Kebijakan yang diterapkan oleh pemerintah Indonesia sebagaimana negara berkembang lainnya berorientasi untuk meningkatkan konsumsi pada masyarakat berpendapatan rendah dengan tujuan untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Sebagai

akibat dari kegiatan konsumsi dan produksi yang terus meningkat tersebut jumlah limbah yang dihasilkan juga terus bertambah (Polzer, 2015).

Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2016) menunjukkan volume sampah Indonesia pada tahun 2015 sebesar 64,5 juta ton dan diproyeksikan pada tahun 2017 meningkat menjadi 65,8 juta ton. Dari jumlah tersebut, 14% diantaranya berupa sampah plastik. Styrofoam atau polystyrene merupakan salah satu jenis sampah plastik yang banyak digunakan oleh masyarakat sebagai pembungkus makanan dan bahan pengganjal pada kemasan atau pengepakan barang-barang elektronik (Khairunnisa, 2016). Pemakaian styrofoam yang hanya sekali mengakibatkan penumpukan limbah styrofoam. Styrofoam banyak ditemukan menumpuk pada permukaan sungai perkotaan (Bachtiar, 2007). Plastik jenis styrofoam sangat sulit teruraikan secara biologi diperkirakan membutuhkan waktu yang lama mencapai ribuan tahun. Styrofoam menumpuk dan mencemari lingkungan. Kondisi ini terus berlangsung berdampak pada penurunan kualitas lingkungan hidup (Info POM, 2008).

T. molitor diketahui memiliki kemampuan untuk mendegradasi sampah styrofoam. Menurut Yang *et al.*, (2015a) bakteri *Exiguobacterium sp.* YT2 pada usus larva *T. molitor* berperan penting dalam degradasi styrofoam. Styrofoam dihancurkan menjadi fragmen kecil dan tertelan ke dalam usus. Kemudian fragmen polystyrene yang terdegradasi atau mengalami mineralisasi diubah menjadi CO² dan karbon yang dihasilkan melalui proses asimilasi sebagai biomassa. Residu fragmen styrofoam dan zat lainnya oleh bakteri usus disekresikan menjadi fecula. Penelitian terkait peranan *T. molitor* dalam menguraikan sampah styrofoam telah dilakukan (Yang *et al.*, 2015a; Yang *et al.*, 2015b;). Meskipun demikian, efektivitas daya degradasi sampah styrofoam oleh *T. molitor* belum diketahui. Oleh sebab itu perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait efektivitas *T. molitor* dalam mendegradasi sampah.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada 30 Mei 2018 bertempat di Laboratorium Dasar Universitas Samudra.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain wadah, timbangan analitik, termometer, penggaris, gelas ukur dan termometer hygrometer. Bahan yang digunakan antara lain *Tenebrio molitor* Linnaeus, styrofoam, akuades, dedak dan kapas.

Cara Kerja

a. Hewan uji

Hewan uji yang digunakan adalah *Tenebrio molitor* Linnaeus yang berumur 60 hari, 70 hari, 80 hari, 90 hari, 100 hari dan 120 hari. Hewan uji dipastikan dalam keadaan sehat. Penelitian menggunakan 10 ekor larva *T. molitor* Linnaeus diberikan pakan berupa styrofoam seberat 12 mg setiap perlakuan dan pengulangan. Kemudian menghitung kelangsungan hidup *Tenebrio molitor* Linnaeus (Manullang, 2018).

b. Styrofoam

Pakan yang diberikan pada saat penelitian adalah styrofoam. Pemberian Styrofoam diberikan sekali sehari sebanyak 12 mg secara teratur selama 7 hari. Kemudian pada pukul 06.00 sampai pukul 17.00 ditimbang styrofoam setiap sejam sekali. Kemudian dihitung efektivitas waktu makan pada *Tenebrio molitor* (Gao, 2010).

Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dan 4 pengulangan. Susunan perlakuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Perlakuan 1 (P1): larva *T. molitor* Linnaeus berumur 60 hari

Perlakuan 2 (P2): larva *T. molitor* Linnaeus berumur 70 hari

Perlakuan 3 (P3): larva *T. molitor* Linnaeus berumur 80 hari

Perlakuan 4 (P4): larva *T. molitor* Linnaeus berumur 90 hari

Perlakuan 5 (P5): larva *T. molitor* Linnaeus berumur 100 hari

Perlakuan 6 (P6): larva *T. molitor* Linnaeus berumur 120 hari

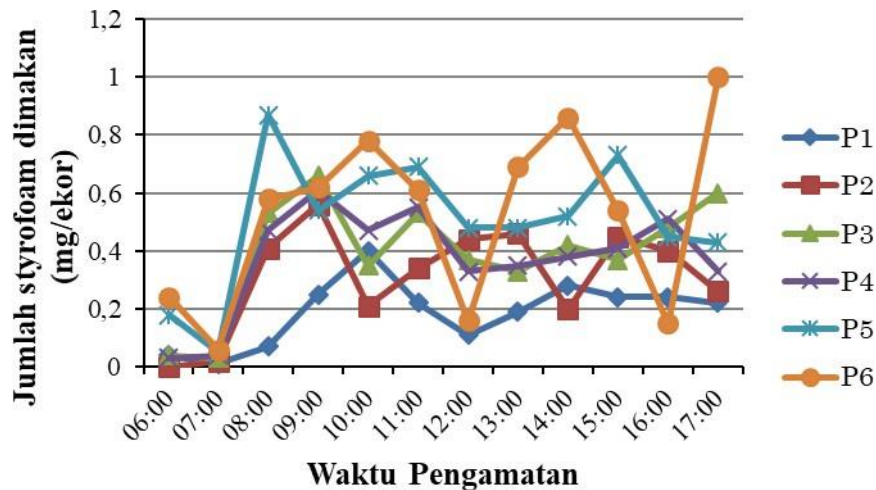
Analisis Data

Data yang diperoleh seperti berat dan panjang *Tenebrio molitor* Linnaeus dianalisis menggunakan t-test pada taraf 5%, dan penambahan berat dan panjang *Tenebrio molitor* Linnaeus dianalisis menggunakan Analisis Varian (ANOVA) serta dilakukan analisis korelasi antara efektivitas biodegradasi massa Styrofoam, Pertumbuhan dan perkembangan dan kelulusan hidup dari *Tenebrio molitor* Linnaeus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. FREKUENSI MAKAN BERDASARKAN WAKTU PADA LARVA *T. molitor*

Hasil pengamatan terhadap frekuensi makan harian larva *T. molitor* pada stadium berbeda ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Frekuensi makan waktu *Tenebrio molitor* Linnaeus

(Keterangan : P1: larva *T. molitor* berumur 60 hari, P2: larva *T. molitor* berumur 70 hari, P3: larva *T. molitor* berumur 80 hari, P4: larva *T. molitor* berumur 90 hari, P5: larva *T. molitor* berumur 100 hari, P6: larva *T. molitor* berumur 120 hari)

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 1) diketahui bahwa, frekuensi makan larva ditemukan peningkatan tertinggi pada (P6) pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan massa 0,86 mg/ekor. Hal ini menunjukkan waktu yang efisien larva untuk makan pada waktu sore hari. Suhu pada sore-malam hari yang lebih rendah memungkinkan larva untuk mengonsumsi pakan berlebih untuk meningkatkan kebutuhan energi. Temperatur lingkungan yang dingin menyebabkan kegiatan makan terus berlangsung sampai saluran pencernaan penuh sesuai dengan kapasitasnya.

Tingkat frekuensi styrofoam yang dimakan pukul 07.00 – 08.00 WIB yaitu (P2) dengan massa 0,41 mg/ekor, (P3) dengan massa 0,59 mg/ekor dan (P4) dengan massa 0,54 mg/ekor. memiliki peningkatan sebanyak 0,6 mg/ekor sedangkan P5 dengan massa 0,87. Sedangkan, pada P1 tingkat frekuensi styrofoam yang dimakan pada pukul 09.00 – 10.00 WIB dengan massa 0,35 mg/ekor. Hal ini disebabkan karena rasa lapar yaitu adanya kontraksi lambung yang kosong ketika dimalam hari, sehingga larva berkeinginan untuk mengonsumsi pakan di pagi hari lebih banyak. Larva akan memenuhi kebutuhan energi yang tidak terpenuhi selama berjam-jam pada saat malam hari. Pada pemberian pakan selanjutnya, larva akan makan terburu-buru dan terjadi perebutan dalam mengonsumsi pakannya (Nova, 2020).

Larva *T. molitor* Linnaeus berumur 120 hari (P6) memiliki aktivitas makan tertinggi pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan massa 0,86 mg/ekor. Sementara larva *T. molitor* Linnaeus berumur 60 hari (P1) pada pukul 07.00 – 08.00 WIB dengan massa 0,35 mg/ekor memiliki aktivitas makan terendah jika dibandingkan dengan larva lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi stadium larva, maka semakin tinggi pula frekuensi makan berdasarkan energi yang dibutuhkan dan kapasitas saluran pencernaan pada larva *T. molitor*.

3.2. PERSENTASE KEHILANGAN MASSA STYROFOAM

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kehilangan massa styrofoam berbeda untuk setiap perlakuan (Tabel 1).

Tabel 1. Persentase kehilangan massa styrofoam larva *T. molitor*

Waktu Pengamatan	Kehilangan massa Styrofoam (%)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Setelah 1 jam	0.31 ^a	0.00 ^b	0.37 ^b	0.22 ^b	1.53 ^c	2.04 ^c
Setelah 2 jam	0.43 ^a	0.15 ^a	0.37 ^{ab}	3.22 ^{ab}	5.36 ^c	5.17 ^c
Setelah 3 jam	0.99 ^a	3.61 ^{ab}	2.78 ^{bc}	3.22 ^{bc}	12.58 ^{cd}	10.04 ^d
Setelah 4 jam	3.11 ^a	8.24 ^b	7.19 ^{bc}	7.15 ^{bc}	17.11 ^c	15.19 ^c
Setelah 5 jam	6.44 ^a	10.85 ^{ab}	12.68 ^b	12.25 ^{cd}	22.61 ^d	21.69 ^{cd}
Setelah 6 jam	8.22 ^a	13.71 ^{ab}	15.63 ^{bc}	16.19 ^{cd}	28.32 ^e	26.72 ^{de}
Setelah 7 jam	9.15 ^a	17.35 ^b	23.08 ^{bc}	20.72 ^{bc}	32.35 ^d	28.06 ^{cd}
Setelah 8 jam	10.75 ^a	21.14 ^b	25.82 ^b	23.51 ^{bc}	36.36 ^d	33.83 ^{cd}
Setelah 9 jam	13.10 ^a	22.82 ^b	29.35 ^b	26.46 ^b	40.67 ^c	41.04 ^c
Setelah 10 jam	15.10 ^a	26.56 ^b	32.39 ^b	33.00 ^b	46.74 ^c	45.51 ^c
Setelah 11 jam	17.08 ^a	29.94 ^b	36.43 ^b	37.24 ^b	50.50 ^c	46.78 ^c
Setelah 12 jam	18.92 ^a	32.07 ^b	41.44 ^b	40.00 ^b	54.08 ^c	55.07 ^c

Keterangan : P1: larva *T. molitor* berumur 60 hari, P2: larva *T. molitor* berumur 70 hari, P3: larva *T. molitor* berumur 80 hari, P4: larva *T. molitor* berumur 90 hari, P5: larva *T. molitor* berumur 100 hari, P6: *T. molitor* berumur 120 hari. *Huruf superscript yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan berbeda secara signifikan ($P < 0,05$)

T. molitor termasuk salah satu jenis serangga yang mampu untuk mendegradasi Styrofoam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kehilangan massa Styrofoam tertinggi ditemukan pada P6 (55,07%) dan terendah pada P1 (18,92%). Peningkatan yang sangat tinggi setelah 12 jam ditemukan pada P6 dibandingkan dengan perlakuan larva yang lain. Hal ini berarti bahwa rata-rata kehilangan massa Styrofoam berkisar antara 1.58 – 4.59% per jam. Larva *T. molitor* umur 120 hari memiliki kemampuan yang paling baik dalam mendegradasi Styrofoam. Dalam satu jam, rata-rata sebanyak 4.59% massa Styrofoam yang berkurang atau setara dengan 0.55 mg/ekor per jam.

Instar akhir lebih banyak mengonsumsi pakan dibandingkan instar awal, karena larva instar akhir sudah memasuki pupa (Sitompul, 2006). Pada instar awal serangga mengkonsentrasikan energinya untuk pertumbuhan dan pada instar terakhir mengkonsentrasikan energinya untuk memasuki fase pupa (Ross *et al.*, 1982). *T. molitor* secara signifikan dipengaruhi oleh berat pupa (Park *et al.*, 2012) dan mungkin juga terkait dengan berat dewasa (Morales-Ramos *et al.*, 2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada peningkatan usia larva *T. molitor* terhadap persentase Kehilangan massa Styrofoam ($P < 0,05$).

3.3. TINGKAT KELANGSUNGAN HIDUP

Tingkat kelangsungan hidup dapat didefinisikan sebagai kemampuan spesies untuk bertahan hidup dalam waktu tertentu (Herawati *et al.* 2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase tingkat kelangsungan hidup larva *T. molitor* menunjukkan perbedaan pada setiap tahap (Tabel 3).

Tabel 3. Persentase tingkat kelangsungan hidup larva *T. molitor*

Variabel	Perlakuan					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Jumlah larva awal (ind)	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Jumlah larva akhir (ind)	29,00	60,00	59,00	39,00	53,00	49,00
Laju kelangsungan hidup (%)	48,33± 0,17 ^a	100,00± 0,0 ^c	98,33± 0,17 ^{de}	65,00± 0,50 ^b	88,33± 0,47 ^{cd}	81,67± 0,54 ^c

*Huruf superscript yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan berbeda secara signifikan ($P < 0,05$)

Tingkat kelangsungan hidup larva *T. molitor* pada umur 120 hari lebih tinggi bila dibandingkan dengan stadium larva lainnya. Sementara itu, tingkat kelulusan hidup minimal ditemukan pada larva *T. molitor* umur 60 hari. Menurut Muchlisin *et al.* (2003) untuk mendapatkan kelangsungan hidup yang baik diperlukan pemberian pakan yang tepat baik ukuran, jumlah, dan kandungannya. Analisis statistik menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) dari tingkat kelangsungan hidup larva *T. molitor* pada setiap perlakuan.

3.4. PEMBAHASAN

T. molitor termasuk salah satu jenis serangga yang mampu mendegradasi styrofoam. Larva *T. molitor* Linnaeus berumur 120 hari (P6) memiliki aktivitas makan tertinggi pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan massa 0,86 mg/ekor. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi stadium larva, maka semakin tinggi pula frekuensi makan berdasarkan energi yang

dibutuhkan dan kapasitas saluran pencernaan pada larva. Energi yang dibutuhkan oleh larva yang mendekati fase pupa untuk menyimpan cadangan makanan dalam tubuh. Meskipun keaktifan fisik yang menurun mengakibatkan temperatur tubuh menurun ketika malam hari, maka larva mempertahankan temperatur tubuh yang normal dengan makan sesuai dengan kapasitas pencernaannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kehilangan massa styrofoam didukung antara 18,92 - 55,07% selama 12 jam. Hal ini berarti bahwa rata-rata Kehilangan Styrofoam bertahan antara 1,58 - 4,59% per jam. Larva *T. molitor* umur 120 hari memiliki kemampuan yang paling baik dalam mendegradasi Styrofoam. Dalam satu jam, rata-rata sebanyak 4,59% massa Styrofoam yang turun atau setara dengan 0,055 mg/ekor per jam. Kemampuan degradasi Styrofoam oleh *T. molitor* disebabkan oleh adanya bakteri seperti *Spiroplasma*, *Weissella*, *Lactococcus*, *Rahnella*, *Cronobacter*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Clostridium* dan *Pantoea* 13 (Wang *et al.*, 2015). Beberapa spesies *Spiroplasma* yang dikenal sebagai patogen serangga, bahkan tidak menyebabkan efek berbahaya pada larva *T. molitor* (Jung *et al.*, 2014). Selain itu, efek tidak mematikan busa styrene pada *T. molitor* diduga karena peran detoksifikasi beberapa mikrobiota usus serangga (Genta *et al.*, 2006).

Tingkat kelangsungan hidup *T. molitor* pada penelitian ini sebagian besar di atas 60%, bahkan pada P2 mencapai 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa Styrofoam tidak bersifat toksik bagi *T. molitor*. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian Nismah *et al.*, (2018) yang menemukan bahwa makanan dari Styrofoam tidak memberikan efek kematian (lethal) pada larva *T. molitor*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa *T. molitor* terbukti dapat meningkatkan biomassa larva *T. molitor* dengan tingkat kelangsungan hidup lebih 70%. Hal ini menunjukkan bahwa Styrofoam dapat dijadikan sebagai pakan alternatif dalam budidaya larva *T. molitor*. Pemanfaatan Styrofoam sebagai pakan akan berdampak positif terhadap penurunan jumlah limbah Styrofoam sebagai pakan dapat dijadikan sebagai alternatif model pengolahan sampah yang ekonomis dan ramah lingkungan.

4. KESIMPULAN

T. molitor berumur 120 hari yang paling efektif digunakan sebagai pendegradasi Styrofoam yang ditinjau dari kemampuan Kehilangan massa Styrofoam berbanding lurus dengan penambahan biomassa dan meningkat. Tingkat kelangsungan hidup juga lebih dari 70%. Hal

ini menunjukkan bahwa Styrofoam aman untuk di konsumsi untuk *T. molitor* sebagai agen pendegradasi yang efisien.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih di sampaikan kepada Dirjen Belmawa Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai di semua PKM-Penelitian tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, DM. (2007). Bahaya Bahan Plastik. Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup (PPLH) Seloliman
- BPS. (2017). Penduduk Indonesia 2015-2016. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia
- Gao, D., Yuan, X., Liang, H., and Wu, W.M. (2010). Comparison of biological removal via nitrite with real-time control using aerobic granular sludge and flocculent activated sludge, *Appl Microbiol Biotechnol*, 89 (10) :1645–1652
- Genta, F.A., R.J. Dillon, W.R. Terra dan C. Ferreira. (2006). Potential role for gutmicrobiota in cell wall digestion and glucoside detoxification in *Tenebrio molitor* larvae. *J Insect Physiol*, 52: 593-601
- Herawati, V.E., J. Hutabarat, O. Karnaradjasa. (2017). Performance of growth and kelulushidupan larva catfish (*Clarias gariepenus*) with feeding *Tubifex* sp. which are mass-cultured using industrial waste fermentation. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*,6(1): 675-681
- Info POM. (2008). Kemasan Polistirena Foam (Styrofoam). *InfoPOM Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia*, 9(5): 1- 3
- Jung, J., A. Heo, W.Y. Park, Y.J. Kim dan H. Koh et al. (2014). Gut microbiota of *Tenebrio molitor* and their response to environmental change. *Microbiol. Biotechnol*, 24: 888-897
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). Mengurangi sampah plastic dengan olah ditempat. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik
- Khairunnisa, S. (2016). Pengolahan Limbah Styrofoam Menjadi Produk *Fashion*. *e- Proceeding of Art & Design*, 3 (2): 253-268

- Morales-Ramos, J.A., M.G. Rojas, S. Kay, D.I. Shapiro-Ilan dan W.L. Tedders. (2012). Impact of adult weight, density and age on reproduction of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Entomol. Sci*, 47: 208-220
- Manullang, D.V.C. (2018). Kemampuan Berbagai Tingkatan Stadium Larva Kumbang *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera:Tenebrionidae) Mengonsumsi Styrofoam Dalam (Polystyrene). *Jurnal Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati*, 5 (1): 83-88.
- Muchlisin, Z.A., A. Damhoeri, R. Fauziah, Muhammadar, dan M. Musman. (2003). Pengaruh Beberapa Jenis Pakan Alami Terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Larva Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Biologi*, 3(2): 105 - 113
- Nova, T.D., Heryandi1, Y., dan Ilham, P. (2020). Manajemen Pengaturan Persentase Pemberian Pakan Pada Jadwal Waktu Pemberian Makan Terhadap Tingkah Laku Makan Ayam Petelur Jantan. *Jurnal Peternakan*, 17 (2) : 114-124
- Nukmal N., Umar S., Puspita S.A dan Kanedi M. (2018). Effect of Styrofoam Waste Feeds on the Growth, Development and Fecundity of Mealworms (*Tenebrio molitor*). *Journal of Biological Sciences*, 18 (1): 24-28
- Park, Y.K., Y.C. Choi, Y.B. Lee, S.H. Lee dan J.S. Lee. (2012). Fecundity, life span, developmental periods and pupal weight of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Sericultural Entomol. Sci*, 50
- Polzer, J. (2015). Diversity in Groups. In *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences: An Interdisciplinary, Searchable, and Linkable Resource*, edited by Robert A. Scott and Stephen M. Kosslyn. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Electronic
- Sihombing, D. T. H. (1999). Satwa Harapan I: Cacing Tanah, Bekicot, Keong, Kupu- kupu, Ulat Hongkong. Pengantar Ilmu dan Teknologi Budidaya. Bogor : Pusaka Wirausaha Muda.
- Ross, H.H., C.A. Ross and J.R.P. Ross. (1982). A Textbook of Entomology. 4 Edit. John Willey and Sons Inc. New York.
- Wang, Y. dan Y. Zhang. (2015). Investigation of gut- associated bacteria in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae using culturedependent and DGGE methods. *Annals Entomol. Society Am*
- Yang, Y., Yang, J., Wu, W.-M., Zhao, J., Song, Y., Gao, L., Yang, R., dan Jiang, L. (2015a). *Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic- Eating Mealworms:*

Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests. Environ. Sci. Technol, 49: 12080-12086

Yang, Y., Yang, J., Wu, W.-M., Zhao, J., Song, Y., Gao, L., Yang, R., dan Jiang, L. (2015b). Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic- Eating 44 Mealworms: Part 2. Role of Gut Microorganisms. *Environ. Sci. Technol*, 49 (20) :12087–12093