

Laju Degradasi Beberapa Jenis *Paper Pulp* Menggunakan Ulat Hongkong (*Tenebrio Molitor L.*) di Laboratorium

Degradation Rate of Several Types of Paper Pulp Using Hong Kong Caterpillar (Tenebrio Molitor L.) in the Laboratory

Ichsan Luqmana Indra Putra^{1*}, Nina Restyaningsih²

¹Laboratorium Riset Ekologi dan Sistematika, Program Studi Biologi,

²Program Studi Biologi,

Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

Jl. Ring Road Selatan, Kragilan, Tamanan, Bantul 55191

email: ¹ichsan.luqmana@bio.uad.ac.id, ²nina1700017103@webmail.uad.ac.id

ABSTRAK

DOI;
10.30595/jrst.v5i2.10254

Histori Artikel:

Diajukan:
02/04/2021

Diterima:
18/09/2022

Diterbitkan:
19/09/2022

Larva dari *Tenebrio molitor* belum dimanfaatkan secara maksimal, sementara secara alami memiliki manfaat sebagai pengurai senyawa organik dan anorganik di ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung rerata pertambahan panjang dan bobot, laju degradasi, dan nilai indeks reduksi (WRI) beberapa jenis paper pulp menggunakan larva *T. molitor*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 larva *T. molitor* instar 8. Pakan yang diberikan terdiri dari tisu makan, tisu basah, dan puntung rokok. Larva kontrol diberi pakan dedak. Masing-masing pakan diberikan sebanyak 1 gram dan diulang lima kali. Larva diukur pertambahan panjang dan beratnya 3 hari sekali. Pergantian pakan dilakukan dalam 3 hari, apabila sebelum 3 hari pakan yang diberikan habis, maka larva diberi pakan sebanyak 1 gram. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis inferensial dengan taraf kepercayaan 5%. Nilai tertinggi pertambahan panjang didapatkan pada pakan tisu basah dan puntung rokok sebesar 1.58 gr sedangkan terendah pakan tisu makan sebesar 1.41 gr. Nilai tertinggi pertambahan bobot larva pada pakan tisu basah (0.06 gr), sedangkan terendah pakan tisu makan dan puntung rokok (0.05 gr). Nilai tertinggi laju degradasi pada pakan tisu makan (0.88), sedangkan terendah pada pakan tisu basah (0.45). Nilai tertinggi WRI pada pakan puntung rokok (0.49), sedangkan terendah pada pakan tisu makan (0.23). Kesimpulan dari penelitian ini bahwasanya penggunaan larva *T. molitor* bisa mendegradasi berbagai olahan paper pulp.

Kata Kunci: Degradasi, Larva, Paper Pulp, *T. Molitor*

ABSTRACT

The larvae of *Tenebrio molitor* have not been fully utilized, while naturally they have the benefit of decomposing organic and inorganic compounds in the ecosystem. This study aims to calculate the average length and weight gain, degradation rate, and reduction index value (WRI) of several types of *paper pulp* using larvae *T. molitor*. The study used a completely randomized design (CRD) with 10 larvae of *T. molitor* instar 8. The feed given consists of tissue eat, tissue wet, and cigarette butts. Control larvae were fed bran. Each feed was given as much as 1 gram and repeated five times. The length and weight of the larvae were measured every 3 days. Feed change is carried out within 3 days. The data analysis used in this research is inferential analysis with a confidence level of 5%. The highest value of length gain was found in wet wipes

and cigarette feeds of 1.58 gr, while the lowest was 1.41 g of food paper towels. The highest value of larval weight gain was in wet tissue feed (0.06 gr), while the lowest was food paper and cigarette putung (0.05 gr). The highest value of degradation rate was in paper towel feed (0.88), while the lowest was in wet tissue feed (0.45). The highest value of WRI was in cigarette putung feed (0.49), while the lowest was in paper towel feed (0.23). The conclusion of this study is that the use of larvae *T. molitor* can degrade various processed paper pulp.

Keywords: Degradation, Larva, Paper Pulp, *T. Molitor*

1. PENDAHULUAN

Kumbang *Tenebrio molitor* yang sering dikenal dengan sebutan ulat hongkong, karena salah satu ulat yang memiliki nilai ekonomis, maka digunakan sebagai pakan ternak, obat untuk manusia serta mudah dibudidayakan. Selain itu larva *T. molitor* juga telah digunakan sebagai tambahan protein bagi hewan lain, seperti reptil, amfibi, burung, primata, dan ikan hias (Selaledi et al., 2020). Mudahnya budidaya ulat ini dikarenakan makanannya mudah untuk didapatkan, contohnya dedak padi dan sisa gilingan dari singkong atau ubi kayu (Ghaly & Alkoaik, 2009; Jin et al., 2016). Sisi ekologi larva *T. molitor* yaitu sebagai pengurai zat organik maupun anorganik di suatu ekosistem (Brandon et al., 2018; Y. Yang et al., 2015).

Penelitian mengenai larva *Tenebrio molitor* sebagai agen degradasi bahan organik dan anorganik telah dilakukan. Misalnya penelitian (Hapsari et al., 2018), menggunakan ulat *T. molitor* sebagai pengurai zat organik dengan media pakan berupa ampas tahu kering dan dedak padi. Penelitian (Manullang et al., 2017), menggunakan ulat *T. molitor* untuk menguraikan zat anorganik seperti styrofoam. *Tenebrio molitor* memiliki bakteri *Exiguobacterium* sp. strain YT2 yang terdapat dalam ususnya (Y. Yang et al., 2015). Bakteri ini mensekresikan enzim ekstraseluler yang mengkatalis reaksi depolimerisasi fragmen styrofoam menjadi molekul kecil (Gao et al., 2011). Semakin tinggi tingkatan instar kumbang ini, maka semakin banyak styrofoam yang dapat dikonsumsi (Morales-Ramos et al., 2010; Park et al., 2014; Yang et al., 2018). Selain Styrofoam, kumbang ini juga dimungkinkan dapat mengonsumsi zat anorganik lain, salah satunya kertas. Kertas memiliki manfaat atau fungsi yang signifikan dalam kehidupan. Selain memiliki fungsi signifikan, kertas juga memiliki dampak negatif karena penggunaan berlebihan yang dapat menimbulkan limbah kertas. Penelitian mengenai limbah kertas di Indonesia telah dilakukan, salah

satunya mengenai pemanfaatan limbah kertas menjadi papan partisi pengganti multiplek (Nourbakhsh & Ashori, 2010).

Penelitian (Nourbakhsh & Ashori, 2010) menggunakan konsep 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*). Adapun pemanfaatan sampah kertas telah dilakukan (Humaira et al., 2019), dengan cara mengubah menjadi kerajinan tangan. Selain itu, (Prabhakaran et al., 2018), memanfaatkan sampah kertas sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar dan arang dengan cara diolah menjadi briket. Penelitian lain oleh (Putri & Utami, 2017), mengubah kertas menjadi bioetanol dengan tahap fermentasi dengan bantuan bakteri *Saccharomyces cerevisiae*. Selain telah dimanfaatkan menjadi berbagai hal, penanganan sampah kertas di Indonesia juga biasanya diatasi dengan cara dibakar, namun cara tersebut akan menghasilkan emisi gas yang berpotensi menyebabkan polutan dan efek rumah kaca (Rodiansono & Trisunaryanti, 2010). Dikarenakan menumpuknya olahan *paper pulp* di dalam tempat pembuangan sampah,, oleh karena itu diperlukan suatu agen biologi yang dapat mendegradasi sampah olahan *paper pulp* tanpa bantuan katalis atau pihak ketiga dengan menggunakan *T. molitor*, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang laju degradasi larva ulat hongkong (*T. molitor*) terhadap beberapa jenis *paper pulp* sebagai salah satu upaya dalam membantu mengurangi permasalahan sampah.

2. METODE PENELITIAN

1. Persiapan Wadah Pemeliharaan *Tenebrio molitor*

- Disiapkan rak besi yang berguna sebagai tempat dari wadah plastik (wadah pemeliharaan) larva *T. molitor*.
- Disiapkan 15 wadah plastik yang berukuran 350 ml sebagai tempat pemeliharaan *T. molitor*
- Selanjutnya wadah plastik dibersihkan terlebih dahulu dengan kuas dengan gerakan memutar. Gerakan memutar berguna untuk

membersihkan dasar dari wadah plastik, sedangkan untuk membersihkan sisi dalam wadah plastik dengan gerakan naik turun.

2. Persiapan Larva *Tenebrio molitor*

- a. Disiapkan larva *T. molitor* 200 ekor yang didapatkan dari toko pakan burung di daerah Nitikan, Sorosutan, Kecamatan Umbulharjo, Yogyakarta.
- b. Dilakukan penimbangan berat awal dan pengukuran panjang awal dari larva *T. molitor* dengan menggunakan timbangan analitik
- c. Kemudian larva *T. molitor* dimasukkan kedalam wadah plastik

3. Persiapan Pakan Perlakuan *Tenebrio molitor*

- a. Pakan dari larva *T. molitor* yang diberikan terdiri dari dedak, tisu makan, tisu basah, dan puntung rokok.
- b. Masing-masing pakan digunting dengan ukuran 3 x 3 cm, sehingga membentuk persegi. Setelah digunting, kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik seberat masing-masing 1 gram.
- c. Masing-masing jenis pakan dimasukkan ke dalam wadah plastik. Tiap wadah plastik diberi satu jenis pakan saja yang berisikan 10 larva *T. molitor*.

4. Pemeliharaan *Tenebrio molitor*

- a. Larva *T. molitor* dipelihara dalam wadah plastik dengan ukuran 350 ml
- b. Model rancangan pada penelitian ini digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola searah dengan 3 taraf perlakuan dan masing-masing taraf diulang sebanyak 5 kali sehingga terdapat 15 wadah plastik.
- c. Kemudian masing-masing wadah plastik tersebut diberikan satu jenis pakan dan diberikan label yaitu:
 1. Wadah plastik (Kontrol) diberi pakan dedak
 2. Wadah plastik (A1) diberi pakan tisu makan
 3. Wadah plastik (A2) diberi pakan tisu basah yang dikeringkan
 4. Wadah plastik (A3) diberi pakan puntung rokok

- a. Larva *T. molitor* diberi pakan sejumlah 1 gram untuk masing-masing perlakuan dan dipelihara dalam suhu ruangan.
- b. Larva diamati setiap hari untuk dilihat pakan yang diberikan pada hari sebelumnya sudah habis atau belum. Apabila pakan yang diberikan sudah habis, ditambahkan pakan sebanyak 1 gram untuk masing-masing jenis pakan.
- c. Dilakukan penimbangan berat dari larva *T. molitor* dan diukur panjangnya setiap 3 hari sekali. Pengamatan dilakukan selama 30 hari.

Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis inferensial. Analisis data dimulai dengan melakukan uji normalitas dengan menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk*. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah populasi data terdistribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas didapatkan bahwa data tidak terdistribusi normal, maka digunakan uji lanjut non-parametrik dengan menggunakan *Kruskal Wallis*. Taraf signifikansi yang digunakan pada penelitian ini sebesar 5%. Analisis laju degradasi dihitung dari selisih berat awal dan berat akhir yang didapatkan. Menurut (Diener et al., 2009) menghitung *waste reduction index* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{W-R}{W} \dots\dots\dots (1)$$

$$WRI = \frac{D \times 100}{t} \dots\dots\dots (2)$$

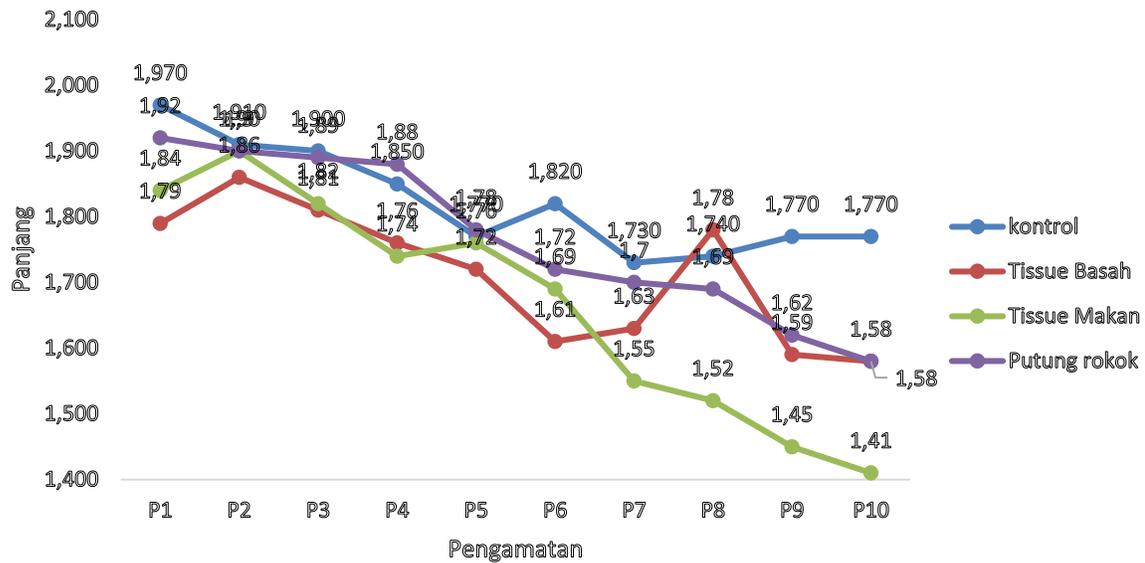
Keterangan:

- WRI = Indeks reduksi sampah
D = tingkat degradasi sampah
t = waktu yang diperlukan untuk mendegradasi sampah
W = berat awal sampah plastik
R = berat akhir sampah plastik

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertambahan panjang dan bobot larva *Tenebrio molitor*

Hasil penelitian mendapatkan rerata pertambahan panjang larva *Tenebrio molitor* yang diberikan pakan dedak didapatkan nilai tertinggi yaitu 1,770 cm, sedangkan panjang yang paling rendah didapatkan pada tisu makan (A1) sebesar 1,41 cm (Gambar 1).



Gambar 1. Rerata pertambahan panjang larva *T. molitor*

Panjang larva *Tenebrio molitor* yang diberi pakan dedak didapatkan paling panjang dikarenakan adanya kandungan nutrisi, seperti vitamin B kompleks, serta komponen mineral antara lain besi, aluminium, kalsium, magnesium, mangan, fosfor dan seng yang dibutuhkan oleh enzim pepsin dalam melakukan metabolisme makanan dan protein (Nalinanon et al., 2010). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari (Piccolo et al., 2017), yang menyatakan bahwa kualitas pakan yang diberikan kepada larva berpengaruh dalam memicu pertambahan panjang tubuh larva *T. molitor*. Pakan dengan hasil rerata panjang tubuh paling rendah terdapat pada tisu makan (A1). Hal ini dikarenakan pada pakan tisu makan banyak larva yang sedang melakukan proses pergantian kulit (*molting*). Ketika sedang mengalami proses *molting*, larva dari *T. molitor* tidak banyak melakukan aktivitas, salah satunya makan (Hapsari et al., 2018). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari (Hapsari et al., 2018), yang menyebutkan saat sedang melakukan proses *molting*, larva *T. molitor* umumnya tidak membutuhkan pakan. Hal ini yang diduga menyebabkan rendahnya nilai rerata pertambahan panjang larva *T. molitor* pada pakan tisu makan. Semua serangga pasti melakukan *molting*. Begitu juga pada larva yang diberi pakan perlakuan lainnya. Akan tetapi jumlah dan kecepatan dari proses ini dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dari pakan yang diberikan (Piccolo et al., 2017). Adanya kandungan selulosa

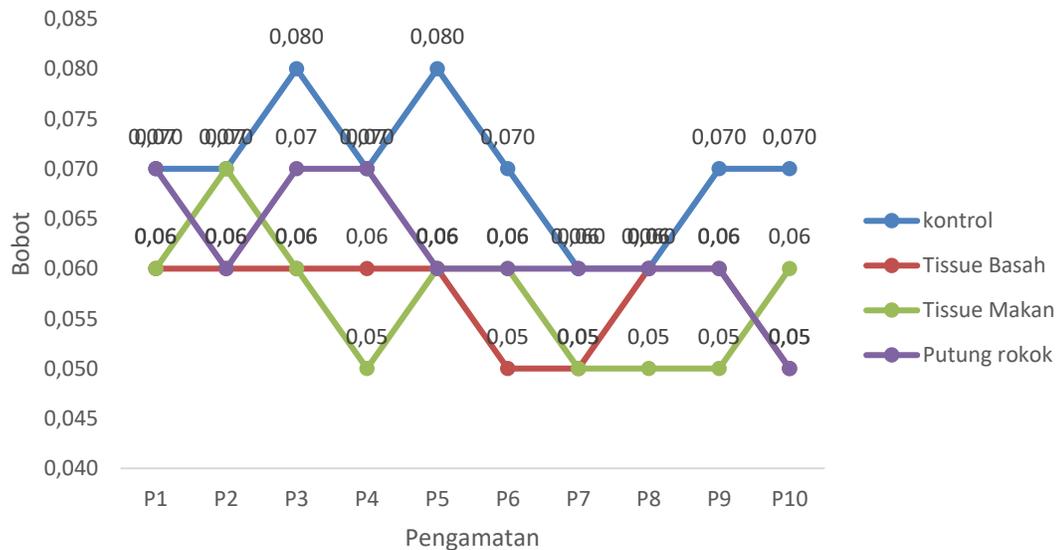
yang terdapat pada pakan menyebabkan jumlah larva yang melakukan proses *molting* pada pakan tisu makan lebih banyak dibandingkan pakan perlakuan yang lain. Hal ini sesuai dengan penelitian dari (Morales-Ramos et al., 2010), yang menyatakan bahwa selulosa merupakan pakan alami dari larva *T. molitor* dan dibutuhkan sebagai nutrisi dalam melakukan proses *molting*. Berbeda dengan pakan perlakuan yang lain dimana ke-dua pakan perlakuan yang berupa tisu basah dan puntung rokok tidak terdapat kandungan selulosanya. Ke-dua pakan ini sebagian besar hanya terdiri dari *polyethylene*. Walaupun larva *T. molitor* memang dapat mendegradasi *polyethylene* dengan bantuan konsumsi mikroba yang terdapat dalam ususnya (Yang et al., 2015), akan tetapi kecukupan nutrisi yang dibutuhkan bagi larva untuk melakukan proses *molting* tidak tercukupi. Sehingga jumlah individu yang melakukan *molting* tidak sebanyak pada perlakuan tisu makan. Hal ini sesuai dengan penelitian dari (Liu et al., 2020), yang menyatakan bahwa larva *T. molitor* yang diberi pakan dengan kandungan nutrisi tinggi mampu mempercepat proses *molting* dibandingkan dengan larva *T. molitor* yang diberi pakan dengan kandungan selulosa rendah atau tanpa kandungan selulosa sama sekali.

Pakan tisu basah (A2) dan puntung rokok (A3) memiliki nilai rerata panjang tubuh lebih tinggi dibandingkan tisu makan. Hal ini karena kedua pakan tersebut mengandung poliester

yang lebih tinggi, yaitu sekitar 80%. Konsumsi yang tinggi dapat diartikan bahwa larva tersebut dapat mengkonsumsi pakan yang diberikan. Konsumsi pakan yang tinggi dapat mengindikasikan adanya penambahan panjang pada larva tersebut, akan tetapi konsumsi pakan yang banyak belum tentu mengindikasikan akan terjadi proses *molting* dengan. Hal ini dikarenakan pada proses *molting*, selain dibutuhkan pakan yang cukup, juga dibutuhkan kandungan nutrisi yang cukup (Cheng et al., 2017; De Loof et al., 2015). Kandungan nutrisi yang cukup tersebut tidak ditemukan pada pakan tisu basah dan puntung rokok. Walaupun pada pakan tisu makan lebih banyak melakukan *molting*, akan tetapi rerata panjang larva dari pakan tersebut lebih pendek dibandingkan perlakuan yang lain. Hal ini dikarenakan ketika terjadi proses *molting*, yang terjadi pengerutan sementara pada tubuh larva (De Loof et al., 2015; Lukman, 2013). Semakin lama tubuh larva akan memanjang sesuai dengan instar larva selanjutnya. Hal ini sesuai dengan penelitian dari (De Loof et al., 2015), yang menyebutkan bahwa proses *molting* pada serangga akan mengakibatkan pengerutan sementara pada individu yang melakukan *molting*, dan lama kelamaan tubuh akan

memanjang sesuai dengan instar larva selanjutnya. Dimungkinkan saat dilakukannya pengukuran, larva yang diukur sedang dalam fase pengerutan proses *molting*, sehingga hasil yang didapatkan mendapatkan nilai rerata panjang yang rendah. Waktu tiga hari tersebut dimungkinkan masih merupakan fase dalam rangkaian proses *molting* dari larva *T. molitor*. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari (Manullang et al., 2017), yang menyebutkan bahwa proses *molting* pada larva *T. molitor* terjadi selama kurang lebih 3 minggu. Molting ini akan berlangsung lebih cepat jika ketersediaan kandungan dari pakan tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari (De Loof et al., 2015; Lukman, 2013), bahwasannya proses molting akan lebih cepat terjadi jika dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi pada pakan yang telah diberikan.

Selain penambahan panjang, parameter lain yang diukur pada penelitian ini adalah penambahan bobot larva. Hasil yang didapatkan menunjukkan pertumbuhan bobot tertinggi terdapat pada pakan dedak (0,07 gr), sedangkan paling rendah pada tisu basah dan puntung rokok (0,05 gr) (Gambar 2).



Gambar 2. Rerata pertambahan bobot larva *T. molitor*

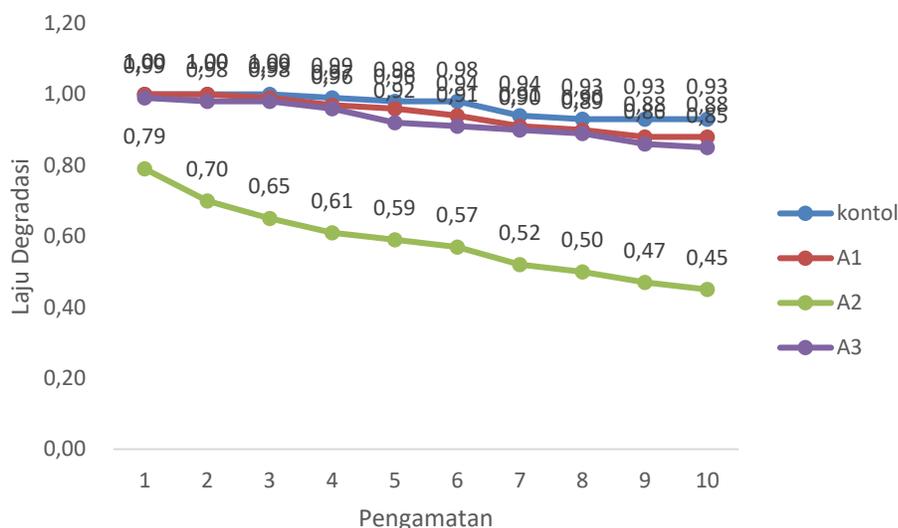
Tingginya bobot yang didapatkan pada pakan dedak (kontrol) dikarenakan terdapat kandungan yang berupa protein dan karbohidrat yang dapat memicu pertumbuhan bobot larva. Kadar protein tinggi yang terdapat pada pakan akan mempengaruhi bobot dari larva *T. molitor*.

Hasil yang didapatkan dari tiga perlakuan pakan yang diberikan, didapatkan rerata pertambahan bobot paling tinggi pada pakan tisu makan (A1). Hal ini dikarena terdapat lebih banyak kandungan selulosa pada tisu makan dibandingkan ke-dua pakan yang lain (Tutuk &

Susilowati, 2010). Selulosa dapat digunakan sebagai sumber energi bagi hewan, salah satunya serangga. Selulosa termasuk dalam golongan karbohidrat yang mana energi dari karbohidrat ini berfungsi untuk menstimulasi keinginan untuk makan. Hal inilah yang mungkin dapat menyebabkan kenaikan bobot larva *T. molitor* pada perlakuan tisu makan (A1).

B. Laju degradasi larva *Tenebrio molitor*

Hasil penelitian didapatkan nilai terendah dari laju degradasi pada pakan tisu basah (A2) sebesar 0,45, sedangkan untuk nilai tertinggi pada pakan kontrol sebesar 0,93 (Gambar 3).



Gambar 3. Laju degradasi larva *T. molitor*

Berdasarkan hasil penelitian, terlihat bahwasannya laju degradasi pada pakan kontrol lebih tinggi dibandingkan pakan perlakuan. Hal ini dikarenakan pakan dedak merupakan pakan yang diberikan saat melakukan ternak masal larva *T. molitor* (Yang et al., 2018). Sedangkan nilai terendah dari laju degradasi didapatkan pada pakan tisu basah (A2). Hal ini sesuai dengan penelitian dari (Yang et al., 2018), dimana penelitian tersebut menggunakan 500 larva yang diberi pakan poliester sebanyak 5,8 gram dan mendapatkan hasil larva *T. molitor* yang diberi pakan poliester menunjukkan nilai terendah dibandingkan dengan larva yang diberi pakan ragi. Oleh karena banyaknya kandungan poliester pada pakan tisu basah hal ini dapat mempengaruhi larva *T. molitor* dalam mendegradasi pakan yang diberikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari (Yang et al., 2015), bahwasannya kemampuan degradasi larva *T. molitor* relatif rendah disebabkan karena kurangnya nutrisi pada pakan yang digunakan sebagai sumber energi untuk sintesis biomasa maupun pertumbuhan larva, sehingga konsumsi

pakan oleh larva menjadi rendah. Walaupun sama-sama berbahan dasar poliester, akan tetapi pakan puntung rokok memiliki laju degradasi lebih tinggi dibandingkan tisu basah. Hal ini dikarenakan pada puntung rokok masih terdapat kandungan zat lain selain poliester. Kandungan tersebut berupa selulosa asetat. Selulosa asetat sebagai bahan baku utama dari puntung rokok yang bersumber dari kayu pohon. Adanya kandungan tersebut dapat menyebabkan laju degradasi puntung rokok lebih tinggi dibandingkan pada tisu basah.

C. Waste Reduction Indeks (WRI)

Perhitungan nilai WRI dilakukan untuk melihat seberapa cepat larva mereduksi pakan yang telah diberikan. Nilai tertinggi WRI didapatkan pada pakan dedak (kontrol) sebesar 2,40, sedangkan nilai terendah didapatkan pada pakan tisu makan (A2) dengan nilai sebesar 0,23 (Tabel 1). Menurut (Diener et al., 2009), jika nilai dari reduksi tinggi maka nilai dari WRI juga akan tinggi.

Tabel 1. *Waste Reduction Indeks (WRI) larva T. molitor pada 3 jenis paper pulp*

Pakan	Total Pakan	Reduksi(gr)	Residu(gr)	Durasi (Hari)	WRI
Kontrol	1 gram	0,97	0,072	3 Hari	2,40
Tisu Makan	1 gram	0,94	0,007	3 Hari	0,23
Tisu Basah	1 gram	0,59	0,013	3 Hari	0,40
Putung Rokok	1 gram	0,92	0,015	3 Hari	0,49

Tingginya nilai WRI pada pakan kontrol dikarenakan biasanya larva *T. molitor* telah diberikan pakan dedak. Menurut (Yang et al., 2018), ketika pemeliharaan larva *T. molitor* oleh peternak biasanya diberikan pakan berupa dedak padi. Sedangkan nilai terendah didapatkan pada pakan tisu makan. Hal ini dikarenakan tekstur tisu makan yang lebih tebal dan kasar. Tebalnya tisu makan ini dapat mempengaruhi seberapa cepat larva *T. molitor* dalam mencerna tisu makan tersebut. Berdasarkan penelitian (Diener et al., 2009), didapatkan nilai WRI sebesar 3,8% oleh larva BSF (*Black Soldier Fly*) yang mendegradasi sampah organik padat. Nilai dari WRI yang didapatkan tersebut diketahui efisien untuk mengurangi sampah organik sebesar 100 mg/larva (Diener et al., 2009). Jika dibandingkan penelitian ini dengan menggunakan pakan *paper pulp* yang berbahan campuran selulosa dan poliester, didapatkan nilai WRI yang lebih kecil. Dalam pakan yang mengandung bahan anorganik, tidak ditemukan adanya nutrisi. Apabila pada perlakuan pakan anorganik terdapat pertambahan bobot atau panjang hal itu didapatkan dari sisa pencernaan pakan yang diberikan, akibat memakan larva yang mati atau kulit larva dari sisa molting (Yang et al., 2018). Hal ini dibuktikan dengan adanya sisa kulit larva yang ada di dalam wadah pemeliharaan. Adanya sisa kulit tersebut dapat dikarenakan adanya kanibalisme pada *T. molitor* (Yang et al., 2018). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari (Yang et al., 2018) yang menyatakan bahwa apabila kecukupan makanan berkurang dalam pemeliharaan, akan menyebabkan adanya kanibalisme dalam populasi *T. molitor* tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut: (1) Rerata pertambahan panjang larva *T. molitor* didapatkan nilai tertinggi pada pakan tisu basah (A2) dan putung rokok (A3) sebesar 1.58 cm. Nilai terendah pada tisu makan (A1) sebesar 1.41. Sedangkan rerata pertambahan bobot

tertinggi pada tisu basah (A2) sebesar 0.06 gr dan terendah pada tisu makan (A1) serta putung rokok (A3) sebesar 0.05 gr, (2) Laju degradasi larva *T. molitor* tertinggi pada pakan tisu makan (A1) sebesar 0.88 dan terendah pada pakan tisu basah (A2) sebesar 0.45, dan (3) Nilai WRI paling tinggi didapatkan pada pakan putung rokok (A3) sebesar 0.49 %, sedangkan terendah pada pakan tisu makan (A1) sebesar 0.23%.

DAFTAR PUSTAKA

- Brandon, A. M., Gao, S.-H., Tian, R., Ning, D., Yang, S.-S., Zhou, J., ... Criddle, C. S. (2018). Biodegradation of Polyethylene and Plastic Mixtures in Mealworms (Larvae of *Tenebrio molitor*) and Effects on the Gut Microbiome. *Environmental Science & Technology*, 52(11), 6526–6533. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02301>
- Cheng, R. C., Zhang, S., Chen, Y. C., Lee, C. Y., Chou, Y. L., Ye, H. Y., ... Tso, I. M. (2017). Nutrient intake determines post-maturity molting in the golden orb-web spider *Nephila pilipes* (Araneae: Araneidae). *Journal of Experimental Biology*, 220(12), 2260–2264. <https://doi.org/10.1242/jeb.153569>
- De Loof, A., Vandersmissen, T., Marchal, E., & Schoofs, L. (2015). Initiation of metamorphosis and control of ecdysteroid biosynthesis in insects: The interplay of absence of juvenile hormone, PTTH, and Ca²⁺-homeostasis. *Peptides*, 68, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2014.07.025>
- Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 27(6), 603–610. <https://doi.org/10.1177/0734242X09103838>
- Gao, D., Yuan, X., Liang, H., & Wu, W.-M. (2011). Comparison of biological removal via nitrite with real-time control using aerobic granular sludge and flocculent activated

- sludge. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89(5), 1645–1652. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2950-3>
- Ghaly, A. E., & Alkoaik, F. N. (2009). The yellow mealworm as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(4), 319–331. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2009.319.331>
- Hapsari, D. G. P. L., Fuah, A. M., & Endrawati, Y. C. (2018). Produktifitas Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) pada Media Pakan yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 6(2), 53–59. <https://doi.org/10.29244/jipthp.6.2.53-59>
- Humaira, M. A., Muhdiyati, I., Anggraeni, A. S., Putri D. B., Herul, H., Paujiah, L., ... Fauziah, S. (2019). Kerajinan Tangan Berbahan Dasar Koran Sebagai Alat Peningkatan Ekonomi. *Qardhul Hasan: Media Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 46. <https://doi.org/10.30997/qh.v5i1.1642>
- Jin, X. H., Heo, P. S., Hong, J. S., Kim, N. J., & Kim, Y. Y. (2016). Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(7), 979–986. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0535>
- Liu, C., Masri, J., Perez, V., Maya, C., & Zhao, J. (2020). Growth performance and nutrient composition of mealworms (*Tenebrio Molitor*) fed on fresh plant materials-supplemented diets. *Foods*, 9(2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/foods9020151>
- Lukman, A. (2013). Peran Hormon Dalam Metamorfosis Serangga (Hormone Role in Insect Methamorphosis). *Biospecies*, 2(1), 42–45.
- Manullang, D. V. C., Nukmal, N., & Suratman, S. (2017). KEMAMPUAN BERBAGAI TINGKATAN STADIUM LARVA KUMBANG *Tenebrio molitor* L. (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) DALAM MENGGUNAKAN STYROFOAM (POLYSTYRENE). *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati*, 4(2), 37–42. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v4i2.132>
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Shapiro-Nan, D. I., & Tedders, W. L. (2010). Developmental plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of instar variation in number and development time under different diets. *Journal of Entomological Science*, 45(2), 75–90. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-45.2.75>
- Nalinanon, S., Benjakul, S., & Kishimura, H. (2010). Biochemical properties of pepsinogen and pepsin from the stomach of albacore tuna (*Thunnus alalunga*). *Food Chemistry*, 121(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.089>
- Nourbakhsh, A., & Ashori, A. (2010). Particleboard made from waste paper treated with maleic anhydride. *Waste Management and Research*, 28(1), 51–55. <https://doi.org/10.1177/0734242X09336463>
- Park, J. Bin, Choi, W. H., Kim, S. H., Jin, H. J., Han, Y. S., Lee, Y. S., & Kim, N. J. (2014). Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) in different instars. *International Journal of Industrial Entomology*, 28(1), 5–9. <https://doi.org/10.7852/ijie.2014.28.1.5>
- Piccolo, G., Iaconisi, V., Marono, S., Gasco, L., Loponte, R., Nizza, S., ... Parisi, G. (2017). Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology*, 226(March), 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2017.02.007>
- Prabhakaran, S., Muruganandhan, R., Karthikeyan, S., & Mugilvalavan, M. (2018). Bio-oil produced from paper waste and paper cup using pyrolysis process. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(Special Issue 7), 1251–1256.
- Putri, C. N., & Utami, B. (2017). Pembuatan Bioetanol dengan Cara Hidrolisis Menggunakan Kertas Koran. *Journal Cis-Trans*, 1, 10–16.
- Rodiansono, R., & Trisunaryanti, W. (2010). ACTIVITY TEST AND REGENERATION OF NiMo/Z CATALYST FOR HYDROCRACKING OF WASTE PLASTIC FRACTION TO GASOLINE FRACTION. *Indonesian Journal of Chemistry*, 5(3), 261–268.

- <https://doi.org/10.22146/ijc.21801>
Selaledi, L., Mbajiorgu, C. A., & Mabelebele, M. (2020). The use of yellow mealworm (T. molitor) as alternative source of protein in poultry diets: a review. *Tropical Animal Health and Production*, 52(1), 7-16. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02033-7>
- Tutuk, H., & Susilowati, -. (2010). Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Dari Limbah Perkebunan Kakao Sebagai Bahan Baku Pulp Dengan Proses Organosolv. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 80-89.
- Yang, S. S., Wu, W. M., Brandon, A. M., Fan, H. Q., Receveur, J. P., Li, Y., ... Criddle, C. S. (2018). Ubiquity of polystyrene digestion and biodegradation within yellow mealworms, larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). *Chemosphere*, 212, 262-271. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.078>
- Yang, Y., Yang, J., Wu, W. M., Zhao, J., Song, Y., Gao, L., ... Jiang, L. (2015). Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 2. Role of Gut Microorganisms. *Environmental Science and Technology*, 49(20), 12087-12093. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02663>