

# Biokonversi Dedak Padi oleh Maggot *Hermetia illucens* dengan Suplementasi Produk Turunan Ragi Roti

(Bioconversion of Rice Bran by *Hermetia illucens* Maggot Supplemented with Baker's Yeast Derivatives Product)

Yulius Kadobo Kulla<sup>1</sup>, Eka Fitasari<sup>2</sup>, Nurita Thiasari<sup>2\*</sup>, Rosyida Fajri Rinanti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Jl. Telaga Warna, Malang, Jawa Timur, Indonesia

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Jl. Telaga Warna, Malang, Jawa Timur, Indonesia

\*Corresponding author: [nurita.thiasari@unitri.ac.id](mailto:nurita.thiasari@unitri.ac.id)

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan produk turunan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) pada dedak padi terhadap suhu media, pH media, tingkat reduksi limbah, dan indeks reduksi limbah pada budidaya maggot *Hermetia illucens*. Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan enam perlakuan dan empat ulangan, yaitu penambahan ragi roti sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% pada media dedak padi. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan produk turunan ragi roti tidak berpengaruh signifikan ( $P>0,05$ ) terhadap seluruh parameter yang diamati. Suhu media berkisar antara 25,77–26,34°C pada pagi hari dan 31,14–32,16°C pada siang hari, sedangkan pH media relatif stabil pada kisaran netral. Tingkat reduksi limbah dan indeks reduksi limbah menunjukkan kecenderungan meningkat seiring penambahan ragi, namun tidak berbeda nyata secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi ragi roti belum mampu meningkatkan efisiensi biokonversi dedak padi secara optimal. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penambahan produk turunan ragi roti tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap performa biokonversi, namun masih berpotensi dikembangkan melalui optimasi dosis dan kondisi media.

**Kata kunci:** dedak padi, *Saccharomyces cerevisiae*, maggot *Hermetia illucens*, biokonversi, reduksi limbah

**Abstract.** This study aimed to evaluate the effect of baker's yeast derivative product (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation in rice bran on temperature substrate, pH substrate, waste reduction rate, and waste reduction index in the rearing of maggot *Hermetia illucens*. The experiment was conducted using a completely randomized design with six treatments and four replications, consisting of 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, and 5% yeast supplementation. Data was analyzed using analysis of variance (ANOVA). The results showed that yeast supplementation had no significant effect ( $P>0.05$ ) on all observed parameters. Substrate temperature ranged from 25.77–26.34°C in the morning and 31.14–32.16°C in the afternoon, while pH substrate remained relatively stable at near-neutral levels. Waste reduction rate and waste reduction index showed an increasing trend with yeast addition, but the differences were not statistically significant. These findings indicate that yeast supplementation has not yet optimally improved the efficiency of rice bran bioconversion. In conclusion, the addition of baker's yeast derivatives did not significantly affect bioconversion performance, although it still has potential for further optimization through improved dosage and media conditions.

**Keywords:** rice bran, *Saccharomyces cerevisiae*, maggot *Hermetia illucens*, bioconversion, waste reduction

## 1. Pendahuluan

Dedak padi (*Oryza sativa*) merupakan hasil samping utama dari proses penggilingan beras yang dihasilkan dalam jumlah besar dan memiliki kandungan nutrisi seperti protein, lemak, serat, serta senyawa

bioaktif yang berpotensi sebagai bahan pakan maupun pangan fungsional [1]. Namun demikian, tingginya kandungan serat kompleks seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin menyebabkan dedak padi sulit dicerna sehingga pemanfaatannya masih terbatas dan sering dianggap sebagai limbah bernilai rendah [2]. Kondisi ini menunjukkan perlunya upaya peningkatan nilai tambah melalui pengolahan yang efektif dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan biokonversi menggunakan maggot lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) yang dikenal memiliki efisiensi tinggi dalam mengubah limbah organik menjadi biomassa bernutrisi [3]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan maggot *H. illucens* dalam mereduksi dedak padi serta menguji hipotesis bahwa suplementasi produk turunan ragi roti dapat meningkatkan efisiensi proses biokonversi tersebut.

Pemanfaatan maggot *Hermetia illucens* dalam pengelolaan limbah organik telah berkembang sebagai metode yang ramah lingkungan dan efisien, terutama karena adanya aktivitas enzimatik dan simbiosis mikroorganisme dalam saluran pencernaannya yang mendukung degradasi bahan berserat [4]. Produk turunan ragi merupakan komponen yang dihasilkan dari pemecahan sel ragi melalui serangkaian proses seperti lisis, sentrifugasi, filtrasi, dan tahapan pemrosesan lanjutan lainnya. Proses ini memisahkan bagian-bagian sel menjadi fraksi yang memiliki karakteristik dan fungsi berbeda. Beragam jenis turunan ragi tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai nutrisi dalam pakan ternak. Namun secara umum, fraksi yang paling banyak digunakan adalah bagian dinding sel serta isi sel ragi, karena keduanya mengandung senyawa penting yang bermanfaat bagi ternak [5]. Penambahan mikroorganisme eksternal seperti *Saccharomyces cerevisiae* diketahui dapat meningkatkan kinerja biokonversi dengan mempercepat dekomposisi substrat dan meningkatkan indeks pengurangan limbah [6]. Meskipun demikian, penelitian terkait penggunaan ragi pada media berbasis dedak padi masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai pengaruh suplementasi produk turunan ragi roti terhadap laju reduksi dedak padi oleh maggot BSF sebagai upaya optimalisasi pengelolaan limbah pertanian.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2025 di kandang percobaan yang berlokasi di Tlogomas, Malang, Jawa Timur. Bahan yang digunakan terdiri atas telur maggot *Hermetia illucens*, dedak padi, produk turunan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) serta air. Peralatan yang digunakan meliputi nampan plastik (32 × 27 × 14 cm) sebagai wadah pemeliharaan, baskom berlubang sebagai penyangga telur, ember, rak bambu, dan tisu. Selain itu, digunakan kotak plastik sampel (400 mL), pH meter digital, thermometer digital, thermohyrometer serta timbangan digital dengan kapasitas 5 kg (ketelitian 1 g) dan 200 g (ketelitian 0,1 g).

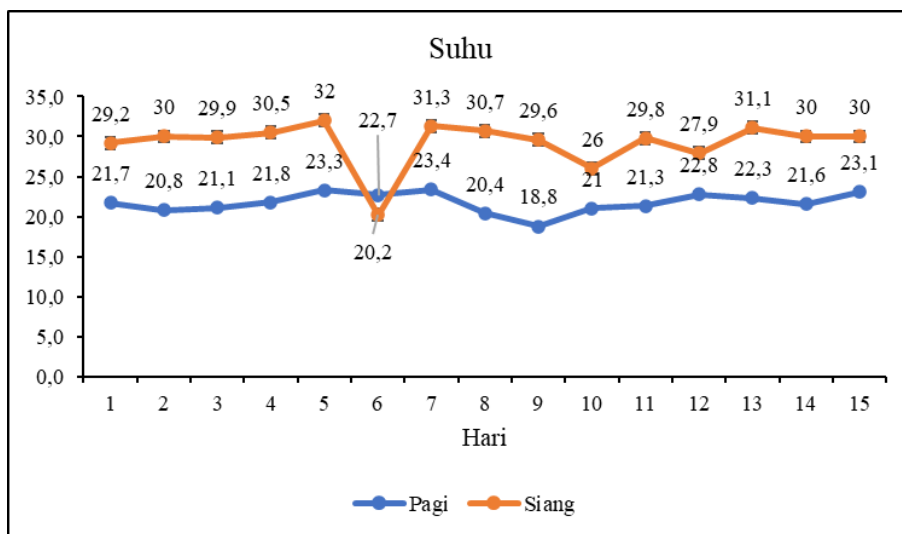
Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa dedak padi sebagai media budidaya maggot *Hermetia illucens* serta produk turunan ragi roti sebagai bahan suplementasi. Dedak padi mengandung 89,72% bahan kering, 14% abu, 7,35% protein kasar, 31,51% serat kasar dan 6,76% lemak kasar, sedangkan produk turunan ragi roti mengandung 94,85% bahan kering, 5,19% abu, 38,75% protein kasar, 3,69% serat kasar dan 1,27% lemak kasar [7]. Media disiapkan dengan mencampurkan dedak padi dan air dengan rasio 2:1 hingga homogen, kemudian sebanyak 1 kg dimasukkan ke dalam nampan plastik. Produk turunan ragi roti dicampurkan dengan media pada masing-masing nampan sesuai dengan perlakuan dan diaduk merata. Penambahan produk turunan ragi roti sesuai perlakuan berbasis bobot terhadap bobot (b/b) sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Adapun penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 6 perlakuan dan 4 ulangan.

Telur *H. illucens* sebanyak 0,5 g ditempatkan pada alas tisu di atas penyangga berlubang setinggi ±7 cm untuk mencegah kontak langsung dengan media, kemudian diletakkan pada masing-masing unit percobaan. Telur dibiarkan menetas selama 5 hari, selanjutnya maggot dipelihara hingga umur 10 hari. Penambahan pakan dilakukan bertahap pada hari ke-2 (300 g), hari ke-5 dan ke-7 (masing-masing 500 g) sesuai perlakuan, serta penambahan air 100 g/hari untuk menjaga kelembapan media. Suhu dan kelembapan

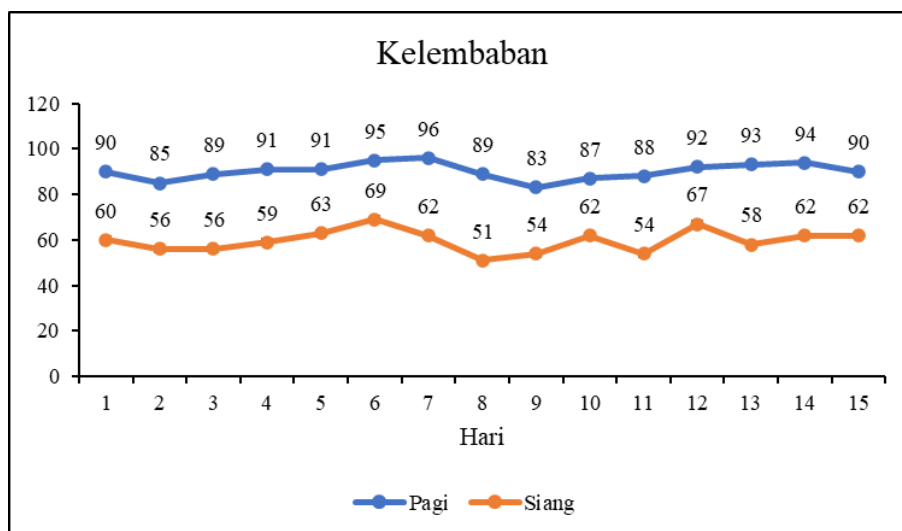
ruangan selama masa pemeliharaan terdapat pada Gambar 1 dan 2. Pada akhir pemeliharaan, maggot dipisahkan dari kasgot menggunakan ayakan dan diambil sampel kasgot sebanyak 200 g untuk analisa proksimat. Metode analisis proksimat mengacu pada prosedur standar [8].

**Tabel 1.** Deskripsi perlakuan suplementasi produk turunan ragi roti

Perlakuan	Kode
Dedak padi tanpa penambahan produk turunan ragi roti	P0
Dedak padi + produk turunan ragi roti 1%	P1
Dedak padi + produk turunan ragi roti 2%	P2
Dedak padi + produk turunan ragi roti 3%	P3
Dedak padi + produk turunan ragi roti 4%	P4
Dedak padi + produk turunan ragi roti 5%	P5



**Gambar 1.** Suhu ruangan pemeliharaan maggot *Hermetia illucens* selama penelitian



**Gambar 2.** Kelembaban ruangan pemeliharaan maggot *Hermetia illucens* selama penelitian

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

a. pH dan suhu media pemeliharaan maggot *Hermetia illucens*

pH dan suhu media diukur setiap hari pada pukul 03.30–04.30 WIB dan 12.30–13.30 WIB menggunakan termometer digital, sedangkan pH diukur menggunakan pH meter. Pengambilan data dilakukan pada lima titik berbeda dalam media untuk memperoleh nilai yang representatif.

b. Tingkat reduksi limbah

Pada studi pengelolaan limbah, degradasi keseluruhan [9] atau tingkat reduksi [10] dihitung berdasarkan jumlah pakan yang diberikan selama percobaan dan residu yang diperoleh di akhir percobaan (dalam g Bahan Kering):

$$D = \frac{W - R}{W}$$

Keterangan :

D = Tingkat reduksi limbah

W = Jumlah pakan total yang diaplikasikan selama waktu tertentu

R = Sisa pakan total setelah waktu tertentu

c. Indeks reduksi limbah (Waste Reduction Indeks/ WRI)

Indeks reduksi limbah diperoleh dengan membagi tingkat reduksi dengan lama waktu pemeliharaan (hari).

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100$$

Keterangan:

WRI : Indeks reduksi limbah

D : Tingkat reduksi limbah

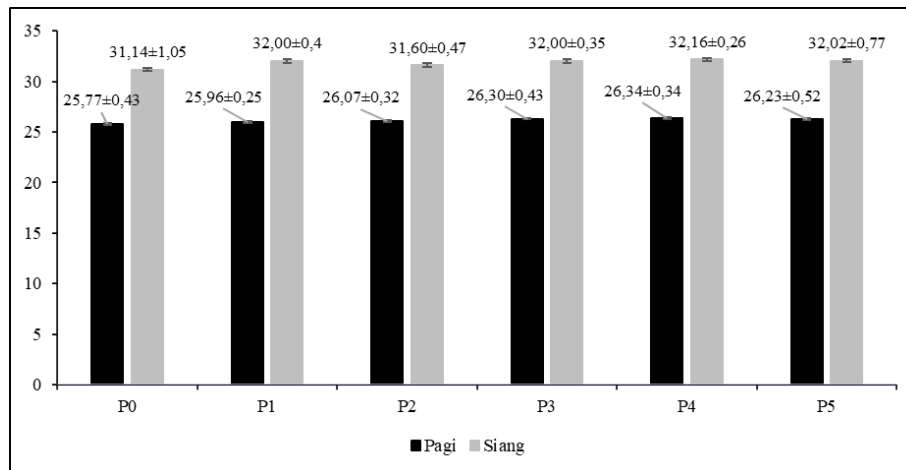
t : lama pemeliharaan (hari).

Analisis data dilakukan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk menguji pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diamati. Apabila terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan [11].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Suhu Media Budidaya Maggot *Hermetia illucens*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan produk turunan ragi roti pada dedak padi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap suhu media budidaya maggot *Hermetia illucens* ( $P > 0,05$ ). Suhu media budidaya pada pagi hari berkisar antara 25,77–26,34°C, sedangkan pada siang hari meningkat menjadi 31,14–32,16°C. [12] melaporkan bahwa maggot *H. illucens* mampu bertahan pada kisaran suhu 15 hingga 40°C. [13] menyatakan bahwa kondisi pemeliharaan utamanya suhu berperan penting dalam pertumbuhan maggot *H. illucens*. Suhu optimal media untuk pertumbuhan maggot berkisar antara 25 hingga 30°C.

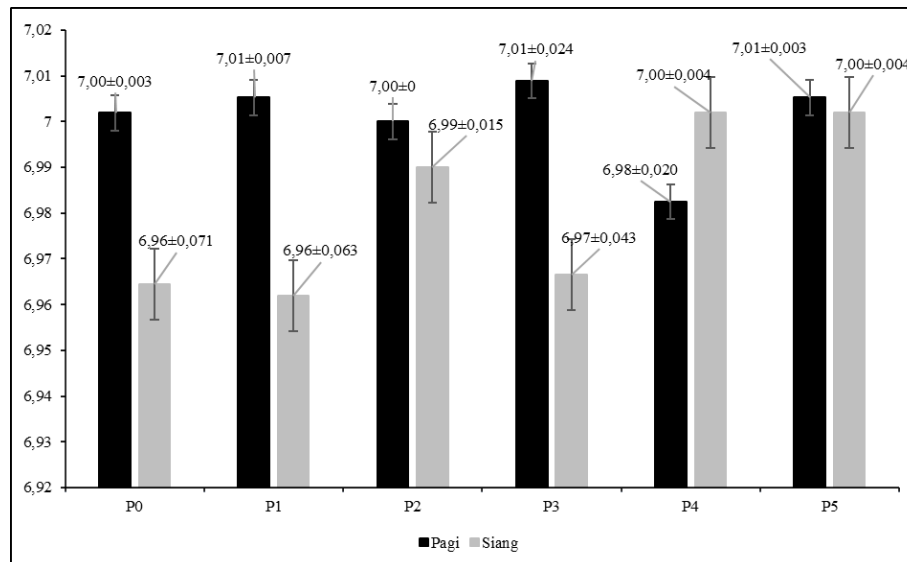


**Gambar 3.** Suhu media budidaya maggot *Hermetia illucens*

Suhu media pada pagi hari lebih rendah dibandingkan dengan siang hari pada semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan khususnya suhu udara lebih berpengaruh terhadap perubahan suhu media budidaya maggot *H. illucens* dibandingkan dengan penambahan produk turunan ragi roti. Data suhu ruangan yang diamati selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Suhu media budidaya maggot *H. illucens* memiliki korelasi erat dengan suhu udara disekitarnya. Peningkatan suhu udara berbanding lurus dengan peningkatan suhu media budidaya maggot dan sebaliknya [14]. Suhu media budidaya maggot *H. illucens* pada penelitian ini cenderung lebih tinggi daripada suhu udara. Peningkatan ini dapat diakibatkan karena panas yang secara alami diproduksi oleh maggot. [15] melaporkan bahwa selama masa pemeliharaan maggot *H. illucens* menghasilkan panas berlebih dari proses metabolisme serta pergerakan tubuhnya.

### 3.2 pH Media Budidaya Maggot *Hermetia illucens*

Penambahan produk turunan ragi roti hingga 5% pada dedak padi sebagai media budidaya maggot *H. illucens* tidak berpengaruh nyata terhadap pH media ( $P>0,05$ ). Nilai pH media selama pemeliharaan tetap stabil, yaitu sekitar 6,98–7,01 di pagi hari dan 6,96–7,00 di siang hari. Hal ini dapat dipengaruhi oleh nilai pH dedak padi yang umumnya mendekati netral dengan variasi dari 6,0 hingga 6,9 [16]. Sedangkan produk turunan ragi roti yang penambahannya dalam jumlah yang relatif kecil (1–5%) tidak cukup kuat untuk menggeser pH dari kondisi netral. Menurut [17], maggot *H. illucens* dapat bertahan hidup pada media dengan pH antara 2,0 hingga 10,0. Akan tetapi pertumbuhan secara optimal dapat terjadi pada kisaran pH 6,0 hingga 10,0.



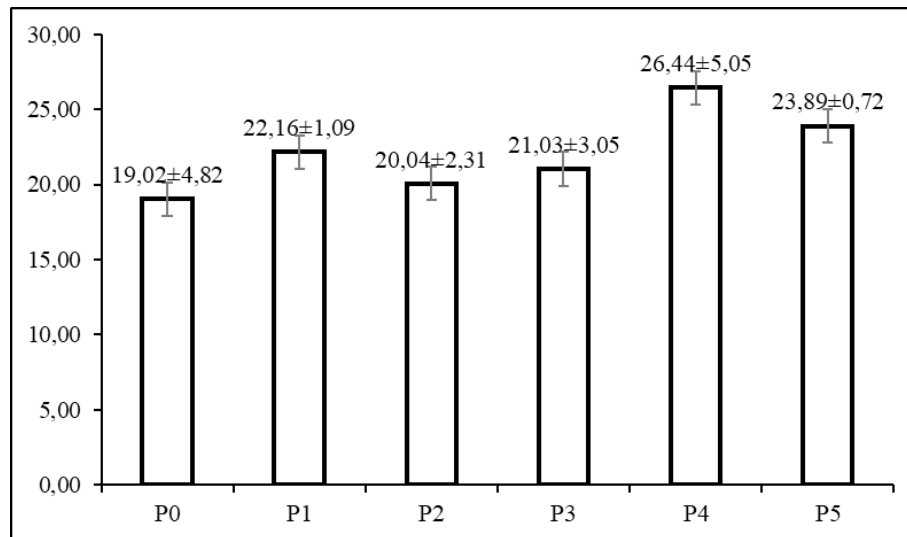
**Gambar 4.** pH media budidaya maggot *Hermetia illucens*

Nilai pH media budidaya maggot *H. illucens* pada siang hari cenderung lebih rendah (lebih asam) dibandingkan pada pagi hari. Perbedaan ini dapat dijelaskan akibat dari peningkatan suhu pada siang hari mendorong aktifitas mikroba dalam media. Aktivitas mikroorganisme umumnya meningkat seiring dengan peningkatan suhu [18]. Mikroba menghasilkan senyawa asam organik yang berkontribusi terhadap penurunan pH media [19]. Akumulasi asam organik menyebabkan bertambahnya ion H<sup>+</sup> dalam media, sehingga kondisi menjadi semakin asam [20].

### 3.3 Tingkat Reduksi Limbah

Serangga memiliki kemampuan tinggi dalam mengubah berbagai substrat organik, termasuk limbah pertanian, sisa makanan, dan kotoran ternak menjadi biomassa bernutrisi tinggi dengan efisiensi konversi yang lebih baik dibandingkan hewan ternak konvensional seperti unggas, sapi, atau babi. Dalam konteks valorisasi limbah organik, pengembangan metode pengelolaan limbah yang ramah lingkungan menjadi sangat penting. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah biokonversi limbah menggunakan serangga saprofit, khususnya maggot lalat tentara hitam (*Black Soldier Fly/BSF, Hermetia illucens*) [21] [3] [22]. Maggot BSF menunjukkan kemampuan efisiensi konversi pakan yang tinggi dan dapat memproses beragam bahan organik menjadi sumber protein dan lemak bernilai ekonomi tinggi [23] [24].

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa penambahan produk turunan ragi roti pada media dedak padi tidak berpengaruh nyata ( $P>0,05$ ) terhadap tingkat reduksi limbah oleh maggot *BSF*. Akan tetapi, terdapat kecenderungan peningkatan tingkat reduksi limbah seiring dengan penambahan produk turunan ragi roti. Secara biologis, kondisi ini menunjukkan bahwa keberadaan *Saccharomyces cerevisiae* berpotensi meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam media, sehingga mempercepat proses degradasi bahan organik [21]. Maggot *Hermetia illucens* juga memiliki mikrobiota usus yang berperan aktif dalam dekomposisi substrat organik [4], termasuk kemampuan menghasilkan enzim selulolitik yang membantu pemecahan serat kompleks [25]. Selain itu, interaksi sinergis antara mikroorganisme eksternal dan mikroflora usus maggot dapat meningkatkan efisiensi biokonversi limbah [26], dan suplementasi ragi telah dilaporkan mampu meningkatkan indeks reduksi limbah pada sistem budidaya BSF [6]. Terdapat aktivitas selulolitik karena simbiosis dengan mikroorganisme di saluran pencernaan maggot *Hermetia illucens* yang menghasilkan enzim seperti selulase, sehingga sangat efektif dalam biokonversi limbah organik [4] [25] [26].

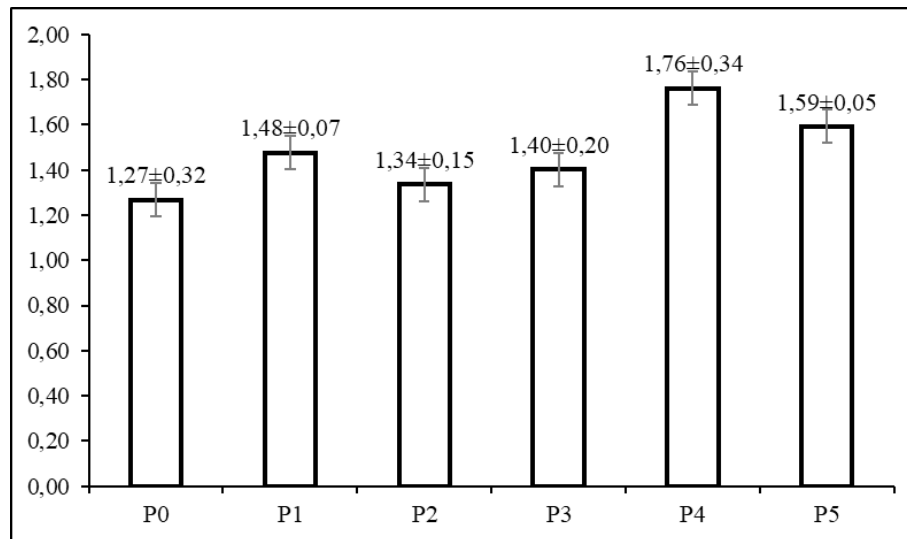


**Gambar 5.** Tingkat reduksi limbah dedak padi dengan penambahan produk turunan ragi roti oleh maggot *Hermetia illucens*

### 3.4 Indeks reduksi limbah (*Waste Reduction Index/WRI*)

Penambahan produk turunan ragi roti pada dedak padi tidak memberikan pengaruh yang signifikan ( $P > 0,05$ ) terhadap indeks reduksi limbah oleh maggot *Black Soldier Fly*. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan produk turunan ragi roti belum mampu secara optimal meningkatkan efisiensi degradasi limbah dedak padi oleh maggot BSF. Meskipun secara numerik terdapat kecenderungan peningkatan nilai indeks reduksi limbah apabila dibandingkan dengan perlakuan kontrol (P0). [9] menyatakan bahwa semakin tinggi nilai WRI menunjukkan efisiensi reduksi yang baik.

Budidaya maggot BSF dengan penambahan mikroorganisme spesifik dapat meningkatkan efisiensi biokonversi pada pengelolaan limbah organik. Mikroba eksternal yang ditambahkan bersimbiosis dengan mikroflora dalam sistem pencernaan maggot BSF berpotensi mempercepat proses dekomposisi bahan organik, sehingga menjadikan solusi yang inovatif [27] [28] [29]. [6] menyatakan bahwa penambahan *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) pada media budidaya maggot BSF berupa limbah endosperma kelapa dapat meningkatkan indeks pengurangan limbah (*Waste Reduction Index/WRI*). Secara umum *Saccharomyces cerevisiae* dapat ditambahkan pada media sebanyak 0,02 hingga 4% [6] [30].



**Gambar 6.** Indeks reduksi limbah (%) dedak padi dengan penambahan produk turunan ragi roti oleh maggot *Black Soldier Fly*

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan produk turunan ragi roti pada dedak padi belum memberikan pengaruh signifikan terhadap indeks reduksi limbah oleh maggot BSF, namun tetap berpotensi untuk dikembangkan melalui pendekatan optimasi sistem biokonversi. Beberapa hal yang dapat dilakukan seperti peningkatan dosis yang lebih tepat, kombinasi dengan mikroorganisme lain, atau perlakuan awal substrat untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi maggot BSF.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan produk turunan ragi roti pada dedak padi tidak berpengaruh signifikan terhadap suhu, pH, maupun indeks reduksi limbah media budidaya maggot *Hermetia illucens*. Namun tetap berpotensi dikembangkan dengan pengaturan dosis dan kondisi yang lebih tepat.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Spaggiari M, Dall'Asta C, Galaverna G and del Castillo Bilbao MD. 2021. Rice bran by-product: From valorization strategies to nutritional perspectives. *Foods*, 10(1), 85.
- [2] Rafe, A, Sadeghian A and Hoseini-Yazdi SZ. 2016. Physicochemical, functional, and nutritional characteristics of stabilized rice bran from Tarom cultivar. *Food Science & Nutrition*, 5, 407–414.
- [3] Van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563–583.
- [4] Jeon H, Park S, Choi J, Jeong G, Lee SB, Choi Y and Lee SJ. 2011. The intestinal bacterial community in the food waste-reducing larvae of *Hermetia illucens*. *Current Microbiology*, 62(5), 1390–1399.
- [5] Patterson R, Rogiewicz A, Kiarie EG and Slominski BA. 2023. Yeast derivatives as a source of bioactive components in animal nutrition: a brief review. *Front Vet Sci* 9, 1067383.
- [6] Wong CY, Mohd Aris MN, Daud H, Lam MK, Yong CS, Hasan HA, Chong S, Show PL, Hajoeningtjas OD, Ho YC, Goh PS, Kausaria, H, Pan G and Lim JW. 2020. In-situ yeast fermentation to enhance bioconversion of coconut endosperm waste into larval biomass of *Hermetia illucens*. *Sustainability*, 12(4), 1558.
- [7] Yuwono J, Fitasari E, Rinanti RF dan Thiasari N. 2026. Kandungan Nutrisi Maggot *Hermetia illucens* yang Dibudidayakan pada Media Dedak Padi dengan Penambahan Produk Turunan Ragi Roti:

- Nutritional Content of Maggots *Hermetia illucens* Cultivated on Rice Bran Media with the Addition of Baker's Yeast Derivatives Product. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*, 14(2), 47–53.
- [8] Association of Official Analytical Chemists, & Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis 15<sup>th</sup> edition. *Association of Official Analytical Chemists*. Arlington, Virginia, USA. Volume 1, 69-82.
- [9] Diener S, Zurbrügg C and Tockner K. 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research* 27: 603-610.
- [10] Rehman KU, Rehman A, Cai M, Zheng L, Xiao X, Somroo AA, Wang H, Li W, Yu Z and Zhang J. 2017. Conversion of mixtures of dairy manure and soybean curd residue by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.). *Journal of Cleaner Production* 154: 366-373.
- [11] Steel RGD and Torrie JH. 1997. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (3rd ed.). McGraw-Hill.
- [12] Chia SY, Tanga CM, Khamis FM, Mohamed SA, Salifu D, Subramanian S and Ekesi S. 2018. Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. *PLOS ONE*, 13(11).
- [13] Shumo M, Khamis FM, Tanga CM, Fiaboe KK, Subramanian S, Ekesi S, Van Huis A and Borgemeister C. 2019. Influence of temperature on selected life-history traits of black soldier fly (*Hermetia illucens*) reared on two common urban organic waste streams in Kenya. *Animals* 9(3):79.
- [14] Li C, Addeo NF, Rusch TW, Tarone AM and Tomberlin JK. 2023. Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larval heat generation and management. *Insect Science*, 30(4), pp.964-974.
- [15] McEachern T. 2018. Determining heat production of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, to design rearing structures at livestock facilities. Master's Thesis, University of Kentucky.
- [16] Prabhakar J. V and Venkatesh KVL. 1986. A simple chemical method for stabilization of rice bran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63(5), 644-646.
- [17] Ma J, Lei Y, Rehman KU, Yu Z, Zhang J, Li W, Li Q, Tomberlin JK and Zheng L. 2018. Dynamic effects of initial pH of substrate on biological growth and metamorphosis of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental entomology*, 47(1), 159-165.
- [18] Zaidi BR and Imam SH. 2008. Biodegradability.
- [19] Rashid M, Khalil S, Ayub N, Alam S and Latif F. 2004. Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pak J Biol Sci*, 7(2), 187-196.
- [20] Rukshana F, Butterly CR, Baldock JA and Tang C. 2011. Model organic compounds differ in their effects on pH changes of two soils differing in initial pH. *Biology and Fertility of Soils*, 47(1), 51-62.
- [21] Čičková H, Newton GL, Lacy RC and Kozánek M. 2015. The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68–80.
- [22] Oonincx DGAB, Van Broekhoven S, Van Huis A and van Loon JJA. 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, 10(12), e0144601.
- [23] Meneguz M, Schiavone A, Gai F, Dama A, Lussiana C, Renna M and Gasco L. 2018. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5776–5784.
- [24] Camperio J, Suarez JA, Simonton J, Paresky E, Parodi J and Benetti DD. 2025. Valorizing organic waste through Black Soldier Fly larvae (*Hermetia illucens*): A sustainable solution for aquafeeds with key nutrients and natural bioactive polyphenols. *Sustainability*, 17, 1788.

- [25] Lee CM, Lee YS, Seo SH, Yoon SH, Kim SJ, Hahn BS, Sim JS and Koo BS. 2014. Screening and characterization of a novel cellulase gene from the gut microflora of *Hermetia illucens* using a metagenomic library. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(9), 1196–1206.
- [26] Shao M, Zhao X, Rehman KU, Cai M, Zheng L, Huang F and Zhang J. 2024. Synergistic bioconversion of organic waste by black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and thermophilic cellulose-degrading bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1288227.
- [27] De Smet J, Wynants E, Cos P and Van Campenhout L. 2018. Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(9), e02722-17.
- [28] Xiao X, Mazza L, Yu Y, Cai M, Zheng L, Tomberlin JK, Yu J, van Huis A, Yu Z and Zhang J. 2018. Efficient co-conversion process of chicken manure into protein feed and organic fertilizer by *Hermetia illucens* larvae and functional bacteria. *Journal of Environmental Management*, 217, 668–676.
- [29] Rehman KU, Hollah C, Wiesotzki K, Rehman RU, Rehman AU, Zhang J, Zheng L, Nienaber T, Heinz V and Aganovic K. 2023. Black soldier fly, *Hermetia illucens* as a potential innovative and environmentally friendly tool for organic waste management: A mini-review. *Waste Management & Research*, 41(1), 81–97.
- [30] Putra RA, Dahlanuddin, Yanuarianto O, Ali M, Wandira IA, Noersidiq A, Aminurrahman, Wulandari S, Widodo S and Tavares L. 2025. Enhancing rice bran quality through the application of commercial *Saccharomyces cerevisiae* yeast. *Livestock Research for Rural Development*, 37(1)