**PENGARUH PENGGANTIAN TEPUNG IKAN DENGAN TEPUNG LARVA *Hermetia illucens* dan *Azolla sp* TERHADAP KUALITAS PAKAN IKAN TERAPUNG**

**ABSTRAK**

Saat ini harga tepung ikan terus mengalami kenaikan. Oleh karena itu dibutuhkan sumber protein lainnya yang bisa mengganti peran tepung ikan dalam pakan ikan terapung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan pengganti tepung ikan terhadap kualitas fisik pakan. Bahan yang digunakan ialah tepung larva *Hermetia illucens* dan tepung *Azolla* sp. Metode yang digunakan ialah membuat pakan ikan terapung menggunakan mesin ekstruder dengan formula pakan yang berbeda yaitu perbandingan tepung ikan dengan tepung larva *H. illucens* atau *Azolla* sp. berturut-turut 100 : 0%;75 : 25%; 50 : 50% dan 25 : 75%. Parameter yang diamati meliputi kadar protein, rasio pengembangan, unit density, daya apung dan kekerasan pakan. Hasil penelitian mengunjukkan penggantian tepung ikan dengan tepung larva dalam formula menghasilkan kadar protein yang tidak berbeda nyata, berkurangnya rasio pengembangan, meningkatnya unit density, turunnya daya apung dan meningkatkan kekerasan pakan. Sedangkan penggantian dengan tepung azolla memberikan efek terhadap turunnya kadar protein, turunnya rasio pengembangan dan kekerasan pakan namun tidak berpengaruh terhadap unit density dan daya apung pakan.

**KATA KUNCI:**Penggantian tepung ikan; larva *Hermetia illucens*;*Azolla sp*; pakan ikan terapung

**ABSTRACT**

***[Effect of ReplacingFish Meal with Larvae Hermetia illucens and Azolla sp meal on Quality of Floating Feed for Fish]****. Recently fish meal prices is continuing increase. Therefore, another protein sources are required which able to replace functional of fish meal in floating fish feed. The purpose of this study was to determine effect of fish meal replacement on the physical quality of feed. Materials used are Hermetia illucens larvae meal and Azolla meal.The method used was producing of floating fish feed using an extruder machinewith a different formulas i.e comparison of fish meal with H.illucens larva meal or Azolla meal 100 : 0%;75 : 25%; 50 : 50% and25 : 75%, respectively. Parameters observed included protein content, expansion ratio, unit density, floatability and hardness of feed. The results of the study exhibited that replacement of fish meal with larval mealproduced similar protein content, reduced expansion ratios, increased unit density, decreased floatability and increased hardness of feed. While the replacement withazolla mealhas an effect on decreasing protein content, decreasing the expansion ratio and hardness of the feed but it does not affect to the unit density and floatability of feed.*

***KEYWORDS:****Replacement of fish meal; Hermetia illucens larvae; Azolla sp; floating fish feed*

**Pendahuluan**

Pertumbuhan perikanan budidaya dalam beberapa tahun terus meningkatseiring meningkatnya konsumsi ikan oleh masyarakat (KKP, 2018). Biaya operasional terbesar dalam usaha budidaya perikanan ialah penyediaan pakan (Wardono &Prabakusuma, 2016). Sementara itu, tepung ikan yang merupakan bahan baku utama pakan ikan harganya terus mengalami peningkatan (Barrientos & Soria, 2015)sehingga ketergantungan terhadap tepung ikan tentu akan menyebabkan usaha perikanan menjadi tidak menguntungkan. Oleh karena itu diperlukan adanya alternatif bahan sebagai sumber protein pakan selain tepung ikan. Bahan tersebut juga harus memenuhi kriteria sepertiharga murah, kandungan protein tinggi dan mudah diproduksi atau ketersediannya berkelanjutan.

Beberapa sumber protein yang bisa digunakan diantaranya larva *H.illucens*.Larva ini berasal dari jenis serangga yang termasuk dalam kelas Isecta dan ordo Diptera (Hawkinson, 2005). Tepung larva ini memiliki banyak keunggulan yaitu kandungan proteinnya tinggi (44 – 60%)dan komposisi asam aminonyalengkap (Fahmi*et al*., 2009; Rachmawati*et al*.,2010), serta proses produksinya mudah (Nguyen*et al.*, 2015).Larva *H.Illucens*ini dapat diproduksi dengan memanfaatkan limbah organik darisayuran maupun buah (Saragi & Bagastyo, 2015), limbah perikanan (Hakim *et al*., 2017) bahkan limbah makanan (Surendra *et al.*, 2016). Karenanya pemanfaatan tepung larva sebagai pakan ikan juga sudah banyak dilakukan (Fahmi*et al*., 2009; Kardana*et al*., 2012; Widjastuti *et al*., 2014).

Sumber protein lainnya adalah tepung dari tanaman air *Azolla* sp. Kandungan protein tanaman ini berkisar 13-30% serta kaya akan asam amino lisin (Paniggrahi *et al.*, 2014; Melita*et al*., 2018). *Azolla* sp. banyak dijumpai pada perairan tenang seperti dirawa-rawa.Di persawahan yang ditanami padi, *Azolla* sp.merupakan gulma, sehingga potensi pemanfaatannya cukup besar. Hasil penelitian Virnanto *et al.*(2016) menunjukan bahwa pemberian tepung fermentasi azolla sebagai bahan baku pakan memberikan pengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan relatif, efisiensi pemanfaatan pakan dan efisiensi rasio protein pada ikan gurame.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, tepung larva *H. illucens*dan *Azolla*sp. berpotensi menggantikan peran tepung ikan sebagai sumber protein pakan ikan, baik sebagian maupun keseluruhan.Namun demikian kedua bahan tersebut tentu memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan tepung ikan. Tepung ikan merupakan bahan unik yang berpengaruh terhadap kualitas fisik pakan hasil proses ekstrusi dan karakteristiktepung ikan berbeda dengan sumber protein dari tanaman (Draganovic *et al.*, 2011). Komposisi penambahan bahan pengganti tepung ikan dengan protein nabati perlu disesuaikan dengan karakteristiknya (Kraugerud *et al.*, 2011).

Hingga saat ini belum ada kajian terkait pengaruh penambahan tepung larva *H. illucens*dan *Azoll*asp. terhadap kualitas fisik pakan ikan terapung serta efek terhadap proses pembuatannya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung ikan dengan tepung larva *H. illucens*dan tepung *Azoll*asp. sebagai bahan baku pembuatan pakan terhadap kualitas fisk pakan ikan terapung yang diproduksi menggunakan mesin ekstruder.

**Bahan Dan Metode**

**Bahan**

Bahan baku pembuatan pakan ikan terdiri dari tepung ikan, tepung larva*H. illucens*, tepung *Azolla* sp., tepung bungkil kedelai, tepung tapioka dan tepung jagung. Larva *Hermetia illucens* diperoleh dari pembudidaya di Kabupaten Sleman,dikeringkan menggunakan panas sinar matahari hingga kadar air mencapai 10-12%, dan selanjutnya dibuat menjadi tepung. Tanaman air *Azolla* sp.didapatkan dari petani di Kabupaten Magelang dalam kondisi kering (kadar air 12%), kemudian ditepungkan. Bahan lainnya diperoleh dari penyedia bahan pakan di wilayah D.I Yogyakarta. Komposisi kimia masing-masing bahan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia bahan baku pakan ikan (%)

*Table 1. Chemical composition of feedstuff (%)*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Jenis Bahan *Ingredients* | Air*Moisture* (%) | Lemak*Lipids* (%) | Serat*Fibre* (%) | Protein*Protein* (%) | Abu*Ash* (%) |
| Tp. Ikan *Fish meal* | 8,59 | 2,83 | 0,80 | 61,37 | 19,13 |
| Tp. Larva *H.Illucens**Larva meal* | 5,46 | 6,52 | 3,01 | 45,66 | 14,89 |
| Tp. *Azolla* sp.*Azolla meal* | 7,26 | 0,43 | 17,38 | 22,70 | 22,41 |
| Tp. Jagung*Cornflour* | 10,98 | 6,40 | 2,11 | 8,80 | 2,15 |
| Tp. Bungkil Kedelai*Soybean meal* | 9,41 | 9,68 | 4,84 | 45,55 | 6,42 |
| Tp. Tapioka*Tapioca flour* | 9,67 | 0,3 | Tidak terdeteksi*Not detected* | 0,5 | 0,2 |

**Metode**

Dibuat tiga kelompok formula pakan yaitu kontrol (sumber protein utama hanya dari tepung ikan), larva (sumber protein utama tepung ikan dan tepung larva*H. illucens*) dan Azolla (sumber protein utama tepung ikan dan tepung *Azolla* sp.). Pada kelompok formula pakan tepung larva dan azolla dibuat variasi perbandingan 75:25, 50:50 dan 25:75 dengan tepung ikan. Detail komposisi formula pakan ditampilkan pada Tabel 2. Bahan-bahan dalam satu formula selanjutnya ditambah air sebanyak 25% dari total bahan (1 kg) dan diaduk hingga homogen menggunakan mixer selama 20 menit. Formula tersebut lalu didiamkan selama 1 jam untuk memperoleh kelembaban yang stabil.

Tabel 2. Formula pakan ikan

*Table 2. Fish feed formulation*

|  |  |
| --- | --- |
| Bahan Baku(Tepung)*Ingredient**(flour)* | Komposisi (% bahan)*Composition (% ingredient)* |
| Kontrol*Control* | Larva*Larvae* | Azolla*Azolla* |
| 75:25 | 50:50 | 25:75 | 75:25 | 50:50 | 25:75 |
| Ikan*Fish* | 38 | 28,5 | 19 | 9,5 | 28,5 | 19 | 9,5 |
| Larva*Larvae* | 0 | 9,5 | 19 | 28,5 | 0 | 0 | 0 |
| Azolla*Azolla* | 0 | 0 | 0 | 0 | 9,5 | 19 | 28,5 |
| Bungkil Kedelai*Soybean* | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Jagung*Corn* | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Tapioka*Tapioca* | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Total*Total* | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

**Alat**

Alat atau mesin utama pembuatan pakan ikan adalah ekstruder ulir ganda yang ada di workshop Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan. Mesin ini memiliki panjang selongsong (*barrel*) 270 mm dan diameter ulir 33 mm. Ulir berputar secara *counter-rotating*. Mesin juga dilengkapi elemen pemanas pada bagian atas dan bawah *barrel,*dan panasnya bisa diatur hingga suhu 200 oC. Kecepatan ulir diatur menggunakan inverter dengan rentang kecepatan 150-660 rpm. Lubang pengeluaran (*dies*) berdiameter 3 mm berjumlah 8 buah. Duabuah pisau potong pakan berada diujung *dies* untuk memotong pakan yang keluar dari ekstruder.

**Proses ekstrusi**

Pembuatan pakan ikan terapung dilakukan melalui proses ekstrusi. Mesin ekstruder diatur kecepatannya pada 600 rpm dan suhu *barrel* 100 oC. Pakan yang dihasilkan kemudian dikeringkan menggunakan mesin pengering *rotary* dalam suhu 50-55 oC hingga diperoleh kadar air 10-12%.

**Analisa kualitas pakan**

Analisa karakteristik pakan meliputi parameter, unit density, daya apung, rasio pengembangan, tingkat kekerasan dan kadar protein. Detail metode analisa adalah sebagai berikut :

*Unit density*. Penentuan *unit density* berdasarkan Rosentrater *et al.* (2009) sebagai berikut :30 butir pakan yang sudah kering masing-masing diukur panjang dan diameternya menggunakan jangka sorong lalu ditimbang beratnya menggunakan timbangan digital. Rata-rata berat massa pakan dibagi volume merupakan nilai dari *unit density*.

$Unit density=\frac{berat pelet (mg)}{volume pelet (mm^{3})}$ (1)

*Daya apung*. 30 butir pakan dituang kedalam 1000 mL beaker glass berisi 800 ml aquades pada suhu ruang. Jumlah pakan yang masih terapung (NF) selama 30menit dibandingkan jumlah pakan awal (de Cruz *et al.*, 2015), dengan persamaan sebagai berikut :

$Daya apung= \frac{NF}{30}×100$ (2)

*Rasio pengembangan*. 30 butir pakan yang terproduksi dipilih secara acak kemudian diukur diameternya menggunakan jangka sorong. Rasio pengembangan dihitung dari perbandingan antara diameter pakan dengan diameter *dies* (3 mm) (Rosentrater *et al.*, 2009).

$Rasio pengembangan=\frac{diameter pelet (mm)}{3 mm}$ (3)

*Kekerasan*. kekerasan pakan dianalisa menggunakan *Hardness Tester*. Nilai yang digunakan ialah puncak tertinggi sebelum pakan pecah yang dinyatakan dalam satuan Newton (N). Hasil berdasarkan nilai rata-rata dari 30 sampel (Ayadi *et al*., 2011).

*Kadar protein*. Analisa kadar protein pakan yang dihasilkan menggunakan metode *Kejldah..*

**Analisa Statistik**

Semua perlakuan pembuatan pakandikerjakan 3 kali ulangan. Hasil nilai yang diperoleh dianalisa dengan one-way analysis of variance (ANOVA)(p<0,05). Uji lanjut menggunakan analisa Tukey dengan bantuan software Minitab 17.

**Hasil Dan Bahasan**

Hasil pengujian pakan ikan yang diproduksi menggunakan mesin ekstruder dengan komposisi sumber protein yang berbeda ditampilkan pada Tabel 3. Pada perlakuan penambahan tepung azolla dengan perbandingan tepung ikan: tepung azolla (25:75%), pakan gagal diproduksi sehingga data kualitas pakan tidak bisa dianalisa.

**Protein**

 Data padaTabel 3 menunjukkan kadar protein pakan dengan perlakuan sumber protein tepung ikan tanpa penambahan tepung larva atau tepung azzolamencapai sebesar 34,94 %. Nilai ini tidak berbeda nyata (P> 0,05) dengan perlakuan pakan dengan kombinasi tepung ikan dan tepung larva (33,84 – 35,19%). Tetapi kadar protein keduanya berbeda nyata dengan perlakuan kombinasi tepung ikan dan tepung azolla dengan perbandingan 50:50 yaitu 26,69 %.

Tabel 3. Nilai parameter kimia dan fisik pakan yang diformulasi dengan proporsi tepung ikan berbeda

*Table 3. The value of chemical and physical parameters of formulated feed with different proportion of fish meal*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Protein*****Protein sources*** | **Protein*****Protein* (%)** | **Rasio Pengembangan*****Expansion Ratio* (kali*****Fold*)** | **Unit Density*****Unit Density* (mg/mm3)** | **Daya Apung*****Floatability* (%)** | **Kekerasan*****Hardness* (N)** |
| **Tp. ikan*****Fish meal*** | 34,94 ± 0,62 a | 1,56 ± 0,01 a | 0,616 ± 0,01 b | 95,28 ± 2,93 a | 41,17 ± 1,34 ab |
| **Tp. ikan : Tp. H. illucens*Fish meal* :** ***H. illucens meal*** |  |  |  |  |  |
| ***75:25*** | 35,19 ± 4,80 a | 1,14 ± 0,07 c | 0,959 ± 0,11 a | 31,27 ± 1,25 b | 43,52 ± 1,21 ab |
| ***50:50*** | 34,13 ± 1,89 a | 1,10 ± 0,01 c | 1,006 ± 0,06 a | 30,18 ± 2,45 b | 44,26 ± 1,59 ab |
| ***25:75*** | 33,84 ± 0,59 a | 1,08 ± 0,02 c | 1,032 ± 0,05 a | 22,73 ± 2,84 b | 46,18 ± 1,24 a |
| **Tp. ikan : Tp. Azolla*Fish meal* : *Azolla meal*** |  |  |  |  |  |
| ***75:25*** | 32,24 ± 2,01 ab | 1,38 ± 0,08 b | 0,705 ± 0,05 b | 94,13 ± 2,10 a | 39,65 ± 1,10 bc |
| ***50:50*** | 26,69 ± 2,01 b | 1,42 ± 0,03ab | 0,669 ± 0,02 b | 93,60 ± 4,46 a | 34,61 ± 2,19 c |
| ***25:75*** | Gagal*Failed* | Gagal*Failed* | Gagal*Failed* | Gagal*Failed* | Gagal*Failed* |

Keterangan : Nilai pada kolom yang sama diikuti huruf berbeda menunjukkan berbeda nyata (P<0,05)/ *Values in the same colunm with different letter indicate significantly different (P<0.05).*

Kadar protein pakan pada perlakuan tepung ikan mengalami penurunan dibandingkan perhitungan awal (Tabel 3) sedangkan pada perlakuan tepung larva lebih stabil. Hal ini dimungkinkan akibat adanya perbedaan lama waktu proses ekstrusi (Tabel 4). Pakan dengan kandungan tepung larva proses ekstrusi berlangsung lebih cepat sehingga perubahan kimia bahan terutama protein menjadi semakin kecil.

Suhu tinggi, tekanan dan gesekan dalam proses ekstrusi menyebabkan perubahan reologi bahannya termasuk protein (Dobraszczyk *et al*., 2006; Ilo & Berghofer, 1999). Ikatan *intermolecular* protein menjadi longgar dan menyebabkan sebagian molekul asam amino terlepas, dan bercampur dengan molekul bahan lain tanpa ikatan yang kuat (Fallahi*et al.*, 2016). Molekul yang terlepas meliputi senyawa asam amino *hydrophobic*, kelompok *sulfhydryl* bebas (SH), peptida (H-N-C=O) dan non polar asam amino (Wasserman *et al.*, 1992).

Tabel 4. Waktu proses ekstrusi

*Table 4. Time of ekstrusion process*

|  |  |
| --- | --- |
| **Sumber Protein*****Protein sources*** | **Waktu ekstrusi*****Extrusion time* (menit/*minutes*)** |
| **Tp. ikan*****Fish meal*** | 7,57 ± 0,56 b |
| **Tp. ikan : Tp. *H. illucens/******Fish meal : H. illucens meal*** |  |
| ***75:25*** | 5,11 ± 0,16 c |
| ***50:50*** | 4,82 ± 0,13 c |
| ***25:75*** | 4,61 ± 0,26 c |
| ***Tp. ikan : Tp. Azolla/ Fish meal : Azolla meal*** |  |
| ***75:25*** | 7,24 ± 0,36 b |
| ***50:50*** | 9,30 ± 0,25 a |
| ***25:75*** | Gagal / *failed* |

Keterangan : Nilai pada kolom yang sama diikuti huruf berbeda menunjukkan berbeda nyata (P<0,05)/ *Values in the same colunm with different letter indicate significantly different (P<0.05).*

Standar Nasional Indonesia (SNI) No.**01-4087-2006** menetapkan nilai protein pakan ikan air tawar seperti lele dan nila ialah minimal 28 %. Jadi kadar protein pakan sudah terpenuhi. Dengan demikian penggantian tepung ikan hingga 75 % dengan tepung larva mampu mempertahankan kandungan protein dalam pakan. Sedangkan dengan menggunakan tepung azolla hanya bisa mengganti tepung ikan sebanyak 25%.

Beberapa penelitian melaporkan hasil positif dari penggunaan tepung larva pada pembudidayaan ikan, diantaranyaRachmawati dan Samidjan (2013) melaporkan bahwa tepung larva *H.illucens*sampai 25% mampumenggantikan tepung ikan sebagai bahan pakan ikan patin. Pakan dengan kandungan bahan tersebut menghasilkanbobot mutlak dan laju pertumbuhan spesifik terbaik diantara perlakuan lainnya.Belghit *et al.* (2019) menyimpulkan penggantian tepung ikan dengan tepung larva *H. illucens*pada pakan ikan salmon (*Atlantic salmon*) tidak berpengaruh signifikan terhadapkoefisien kecernaan(*digestibility coefficients*) protein, lemak, asam amino, dan asam lemak. Pertumbuhan harian ikan juga tetap meningkat, tetapi *feed conversion ratio* (FCR) tidak berubahsignifikan,serta kandungan protein, lemak total dan komposisi asam amino ikan tidak berubah. Hanya komposisi asam lemak yang berbeda signifikan.Cummins Jr.*et al.* (2017) melaporkan pengguanaan tepung larva*H.illucens*sebagai pakan udang putih (*Litopenaeus vannamei*)dapat dilakukan dengan maksimal penggantian tepung ikan sebesar 25%. Larva *H.illucens* memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga bisa digunakan sebagai pengganti sebagian tepung ikan.

Tepung *Azolla* sp.,kandungan proteinnya tidak setinggi tepung larva*H.illucens*.Kandungan protein tepung *Azolla* sp.hanya sebesar 22,74%. Akibatnya kandungan protein pakan yang dihasilkan juga tidak tinggi. Wicaksono *et al*.(2018) melakukan penelitian tentang pembuatan pakan ikan bandeng yang ditambahkan tepung azolla sebanyak 20% dan 30%. Dengan komposisi tersebut diperoleh pakan dengankandunganprotein masing-masing sebesar 22,64% dan 24,66%. Pada penelitian tersebut pakan tidak diproses menggunakan ekstruder sehingga tidak terjadi proses ekstrusi. Sedangkan dalam penelitian ini proses pembuatan pakan melalui proses ekstrusi, namun kadar protein yang dihasilkan tidak jauh berbeda.

**Rasio Pengembangan**

 Formula pakan ikan terapung dengan sumber protein tepung ikan tanpa penambahan tepung larva *H. illucens* maupun tepung *Azolla* sp. menghasilkan rasio pengembangan pakan sebesar 1,56 ± 0,01 kali. Nilai ini menjadi rasio pengembangan tertinggi dibandingkan perlakuan formula pakan dengan kombinasi tepung larva *H. illucens*maupun tepung *Azolla* sp. Nilai yang mendekati hanya perlakuan kombinasi tepung ikan : azolla (50:50) dengan rasio pengembangan 1,42 ± 0,03 kali (Tabel 3).

 Rasio pengembangan pakan dengan penggantian tepung ikan sebanyak 25-75% dengan tepung larva mengalami penurunan hingga hanya mengembang sebesar 1,08 ± 0,02 kali. Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa semakin banyak tepung larva ditambahkan, pakan cenderung tidak mampu mengembang. Berbeda pada pakan yang ditambahkan tepung *Azolla* sp., yang mana pakan dengan kandungan tepung *Azolla* sp.lebih tinggi akan mengembang lebih besar.

 Terjadinya pengembangan struktur produk ekstrusi termasuk pakan ikan terapung ini adalah akibat proses pemanasan suhu tinggi dan tekanan yang besar dalam ekstruder. Bahan baku yang mengandung senyawa pati akan mengalami proses gelatinisasi. Pada saat bahan keluar dari *dies* (ujung lubang ekstruder) akan terjadi *puffing*, kemudian tekanan turun dengan tiba-tiba yang mengakibatkan uap air keluar dari produk meninggalkan lubang / pori didalamnya. Faktor yang mempengaruhi proses gelatinisasi tersebut adalah kadar air bahan, suhu, tekanan dan kandungan bahan pakan seperti pati, protein dan lipid. Tepung larva*H. illucens*mengandung lipid lebih tinggi dibandingkan tepung ikan dan tepung *Azolla* sp. Kandunganlipid yang tinggi menyebabkan proses gelatinisasi tidak berjalan optimal sehingga proses pengembangan pakan tidak maksimal.

Menurut Azzollini *et al.* (2018) dalam penelitiannya tentang fortifikasi produk ekstrusi menyebutkan bahwa penambahan 20% tepung cacing (sebagai sumber protein) pada produk esktrusi memberikan pengaruh negatif terhadapparameter rasio pengembangan. Kandungan lipid yang tinggi pada bahan baku ini menyebabkan menurunnya viskositas dan energi mekanik ekstruder. Sama seperti hasil penelitian Samuelsen *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa kandungan lipid adalah faktor penting yang berpengaruh terhadap berkurangnya derajat pengembangan granula pati. Dalam proses ekstrusi lipid menghasilkan efek pelumasan sehingga menurunkan friksi bahan dengan *barrel* akibatnya pemecahan senyawa pati berkurang (De Pilli *et al.*, 2011).

 Rasio pengembangan pakan yang mengandung azolla lebih rendah dibandingkan kontrol namun masih lebih tinggi jika dibandingkan terhadap pakan yang mengandung larva. Turunnya rasio pengembangan adalah karena tingginya kandungan serat dalam tepung azolla. Serat ini yang menjadi penyebab penurunan rasio pengembangan pakan, seperti hasil penelitian Beck *et al.* (2018). Serat dari azolla juga menyebabkan proses perubahan struktur bahan dalam proses ekstrusi menjadi semakin komplek. Adonan pakan yang mengandung serat tinggi membuat proses putaran *screw* terganggu karena lebih liat sehingga bahan sulit keluar melalui *dies*yang mengakibatkan pakan tidak terbentuk dan gagal diproduksi. Wang & Ryu (2013) menyatakan proses ekstrusi bahan yang mengandung serat tinggi membutuhkan energi lebih besar karena bahan akan membentuk struktur / adonan yang lebih kompak.

**Unit Density**

Pakan dapat mengapung di air bila densitasnya lebih rendah dibandingkan densitas air (1 mg/mm3). Hasil percobaan menunjukkan perlakuan pakan mengandung tepung ikan, tanpa penambahan tepung larva *H. illucens* maupun tepung azolla, memiliki rata-rata unit density sebesar 0,616 ± 0,01 mg/mm3. Pakan yang mengandung tepung larva memiliki unit density rata-rata lebih tinggi dibandingkan pakan kontrol, yaitu 0,959 ± 0,11- 1,032 ± 0,05 mg/mm3. Nilai tersebut menyebabkan pakan tidak bisa mengapung di air. Sedangkan pakan yang mengandung tepung azolla menghasilkan nilai densitas lebih rendah dibandingkan perlakuan tepung larva yaitu sebesar 0,669 ± 0,02 - 0,705 ± 0,05 mg/mm3.

Berdasarkan hasil tersebut penggunaan bahan sumber protein dari larva *H. illucens*dan *Azolla*sp. memberikan pengaruh terhadap unit density pakan yang dihasilkan. Kedua bahan tersebut menaikkannilai unit density pakan. Perbedaan unit density pakan dipengaruhi oleh kemampuan pakan untuk mengembang akibat proses ekstrusi. Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa pakan kontrol menghasilkan rasio pengembangan paling tinggi sehingga unit density yang dihasilkan paling rendah. Unit density dari produk ekstrusi berbanding terbalik dengan rasio pengembangan. Penelitian sebelumnya (Kamaruddin*et al.*, 2018; Cian *et al.*, 2017; Ayadi *et al.,* 2011) memperoleh fenomena bahwa nilai unit density berbanding terbalik dengan nilai rasio pengembangan pakan terapung. Kamaruddin *et al.* (2018) menyebutkan bahwa rendahnya *bulk density* pakan berkaitan dengan porositas yang terbentuk.Semakin berpori pakan yang terbentuk maka nilai densitas menjadi semakin rendah. Penggunaan tepung larva *H. illucens*dan *Azolla*sp. dalam penelitian ini membuat pakan yang dihasilkan memiliki densitas lebih tinggi, dikarenakan kandungan lemak dan serat menghambat pembentukan struktur pori.

**Daya Apung**

Daya apung pakan tertinggi dihasilkan pada perlakuan tepung ikan (100%) yaitu 95,28 ± 2,93 (%) dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan tepung *Azoll*a sp. yaitu 94,13 ± 2,10 (%). Sedangkan pada perlakuan tepung larva*H. illucens*, daya apung pakan sebesar22,73 ± 2,84 - 31,27 ± 1,25 (%). Penambahan tepung larva dalam formula pakan menyebabkan penurunan daya apung pakan.

Daya apung pakan berhubungan dengan nilai unit density. Daya apung pakan menjadi lebih tinggi bila unit density pakan rendah. Pakan dengan kandungan tepung larva tidak bisa mengapung dikarenakan unit density yang tinggi. Pori dalam pakan tersebut tidak terbentuk sehingga pakan sulit mengapung. De Cruz *et al.* (2015) dalam penelitian pembuatan pakan ikan terapung, hasil foto *Scanning Electron Microscope* (SEM) pakannya memperlihatkan bahwa jumlah dan ukuran pori dalam pakan mempengaruhi densitas dan daya apungnya.

Pakan dengan kandungan tepung larva menghasilkan daya apung yang rendah dibandingkan perlakuan lain. Penyebab utamanya adalah keberadaan lipid yang tinggi dalam tepung larva. Menurut Azzolini *et al.* (2018) kandungan lipid yang tinggi dalam formula produk ekstrusi menurunkan viskositas dan energi mekanik saat proses sehingga pori dalam pakan sulit terbentuk.

Berbeda dengan perlakuan tepung larva*H. illucens*, penambahan tepung *Azolla* sp. dalam formula pakan tidak memberi pengaruh berbeda terhadap nilai daya apung pakan. Namun saat tepung *Azolla*sp. yang ditambahkan mencapai perbandingan 75:25 (azolla: tepung ikan) proses pembuatan pakan dengan ekstruder gagal diproduksi.

**Kekerasan**

 Nilai kekerasan tertinggi ialah pada perlakuan proporsitepung ikan dengan tepung larva *H. illucens*25:75, yaitu sebesar 46,18 ± 1,24 (N).Sedangkan nilai kekerasan terendah diperoleh pada perlakuan proporsi tepung ikan dantepung *Azolla* sp.50:50, yaitu sebesar 34,61 ± 2,19 (N). Dibandingkan dengan perlakuan kontrol (41,17 ± 1,34 N), kekerasan pakan yang mengandung tepung larva *H. illucens*cenderung lebih tinggi. Dengan pola semakin besar proporsi tepung larva yang ditambahkan akan menghasilkan kekerasan lebih tinggi. Hal yang berbeda terjadi pada pakan yang mengandung tepung *Azolla* sp. Kekerasan pakan kelompok ini mengalami penurunan dengan meningkatkan tepung azolla yang ditambahkan bahkan lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol.

 Sifat kekerasan pada produk ekstrusi dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya kandungan protein dalam bahan. Kandungan protein yang tinggi menghasilkan produk dengan nilai kekerasan yang tinggi (Philipp *et al.*, 2017). Protein mengikat air lebih kuat sehingga mengurangi distribusi air dalam formula saat proses pelelehan dalam ekstruder. Menurut Bouvier & Campanella (2014), keberadaan protein dapat mempengaruhi struktur pori yang diakibatkan proses pelelehan sehingga mengakibatkanberkurangnya pengembangan ukuran pori dan struktur sel bahan menjadi lebih padat.

**Kesimpulan**

Penggantian sebagian tepung ikan dengan tepung larva *H. illucens*atautepung *Azolla*sp. dalam formula pakan ikan terapung menghasilkan kualitas fisik pakan yang berbeda. Penggantian tepung ikan dengantepung larva *H.illucens*sampai dengan rasio 25:75menghasilkan kadar protein yang tidak berbeda nyata, berkurangnya rasio pengembangan, meningkatnya unit density, turunnya daya apung dan meningkatnyakekerasan pakan. Sedangkan penggantian tepung ikan dengantepung *Azolla*sp. sampai 50% memberikan efek terhadap turunnya kadar protein, turunnya rasio pengembangan dan kekerasan pakan, namun tidak berpengaruh terhadap unit density dan daya apung pakan.

**Ucapan Terima Kasih**

Terima kasih kepada Kepala Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan atas izin dilaksanakan penelitian ini serta kepada Widiarto Sarwono selakuteknisi yang telah banyak membantu sehingga penelitian bisa berjalan lancar.

**Daftar Acuan**

Ayadi, F.Y., Rosentrater, K.A., Muthukumarappan, K.,& Brown, M.L. (2011). Twin-screw extrusion processing of distillers dried grains with solubles (DDGS)-based Yellow Perch (*Perca flavescens*) Feeds. *Food Bioprocess Technol*., 5, 1963–1978.

Azzollini, D., Derossi, A., Fogliano, V., Lakemond, C.M.M., &Severini, C. (2018). Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks.*Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 45, 344–353

Barrientos, M., &Soria, C. (2015). Fishmeal Monthly Price - US Dollars per Metric Ton (access date: 25.01.2018). http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity¼fish-meal&months¼120.

Belghit, I., Liland,N.S., Gjesdal,P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li,Y., Waagbø, R., Krogdahl, A., &Lock, E.J.(2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture,* 503, 609-619.

Beck, S.M., Knoerzer, K., Foerster, M., Mayo,S., Philipp, C., &Arcot, J. (2018).Low moisture extrusion of pea protein and pea fibre fortified ricestarch blends. *Journal of Food Engineering*, 231, 61-71

Bouvier, J.M., &Campanella, O.H. (2014). The generic extrusion process III: thermomechanicalcooking and food product texturization. In: Bouvier, J.M.,Campanella, O.H. (Eds.), Extrusion Processing Technology: Food and Non-foodBiomaterials. *John Wiley and Sons*, Ltd, pp. 243-309.

Cian, R.E., Bacchetta, C., Cazenave,J., &Drago, S.R. (2017). Optimization of single screw extrusion process for producing fishfeeds based on vegetable meals and evaluation of nutritional effects using a juvenile *Piaratus mesopotamicus* model. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 54-64

De Cruz, C.R., Kamaruddin,M.S., Saad, C.R., &Ramezani-Fard, E. (2015). Effects of extruder die temperature on the physical propertiesof extruded fish pellets containing taro and broken rice starch. *Animal Feed Science and Technology*, 199, 137–145

De Pilli, T., Derossi, A., Talja, R.A., Jouppila,K., &Severini, C. (2011). Study of starch-lipid complexes in model system and real food produced using extrusion-cooking technology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 12, 610–616

Cummins Jr., V.C., Rawles,S.D., Thompson, K.R., Velasquez,A., Kobayashi, Y., Hager. &Webster, C.D. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvaemeal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 473, 337-344.

Dobraszczyk, B.J., Ainsworth, P., Ibanoglu, S., &Bouchon, P.(2006). Baking, extrusionand frying. In: Brennan, J.G. (Ed.), *Food Processing Handbook*. WILEY-VCHVerlag GmbH and Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp. 237-290.

Draganovic, V., Van der Goot, A.J., Boo, R., &Jonkers, J. (2011). Assessment of the effects of fish meal, wheat gluten, soy proteinconcentrate and feed moisture on extruder system parameters and the technical quality of fish feed. *Animal Feed Science and Technology*, 165, 238-250

Fahmi, M.R., Hem, S., &Subamia, I.W. (2009). Potensi maggot untuk peningkatan pertumbuhan dan status kesehatan ikan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 4(2), 221-232.

Fallahi, P., Muthukumarappan, K., &Rosentrater, K.A. (2016). Functional and biochemical alterations of fish meal, soybean meal, and distillers dried grains with solubles as affected by a single-screw extruder. *Food Bioprocess Technology*, 9, 1542-1561

Hakim, A.R., Prasetya, A., &Petrus,H.T.B.M. (2017). Studi laju umpan pada proses biokonversi limbah pengolahan tunamenggunakan larva *Hermetia illucens*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 12(2), 179-192

Hawkinson, C. (2005). Beneficial Insects in The Lanscape: Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*). Galveston County Master Gardeners.

Ilo, S., &Berghofer, E. (1999). Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize grits. *Journal of Food Engineering*, 39, 73–80.

Kamaruddin, M.S., de Cruz, C.R., Saad, C.R., Romano, N.,& Ramezani-Fard, N. (2018). Effects of extruder die head temperature and pre-gelatinized taroand broken rice flour level on physical properties of floating fish pellets. *Animal Feed Science and Technology,* 236, 122-130

Kardana, D., Haetami, K., &Subhan, U. (2012). Efektivitas penambahan tepungmaggot dalam pakan komersil terhadap pertumbuhan benih ikan bawal airtawar (*Colossoma macroponum*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4), 77-184

KKP.(2018). Laporan Tahunan Tahun 2017.Kementerian Kelautan dan Perikanan RI.68 Hal.ISBN : 978-602-52195-0-4

Kraugerud, O.F., Jørgensen, H.Y., &Svihus, B. (2011). Physical properties of extruded fish feed with inclusion of differentplant (legumes, oilseeds, or cereals) meals. *Animal Feed Science and Technology,* 163, 244-254

Melita, S.N., Muryani, R., &Mangisah, I.(2018). Pengaruh tepung *Azolla microphylla* terfermentasi dalam pakan terhadap penggunaan protein pada ayam kampung persilangan. *Jurnal Peternakan Indonesia*,20(1), 8-14

Nguyen, T.T., Tomberlin, J.K., &Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of black soldier fly(Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environ. Entomol.*, 44(2),1–5

Philipp,C., Oey, I., Silcock, P., Beck, S.M., &Buckow, R. (2017). Impact of protein content on physical and microstructural propertiesof extruded rice starch-pea protein snacks. *Journal of Food Engineering,* 212,165-173

Rachmawati, D.& Samidjan, I. (2013). Efektivitas substitusi tepung ikan dengan tepungmaggot dalam pakan buatan terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan patin(*Pangasius pangasius*). *Jurnal Saintek Perikanan*, 9(1), 62-67

Rachmawati., Buchori, D., Hidayat, P., Hem, S., &Fahmi, M.R. (2010). Perkembangan dan kandungan nutrisi larva *Hermetia illucens* pada bungkil kelapa sawit. *Journal Entomol. Indon*., 7(1), 28-41.

Rosentrater, K.A., Muthukumarappan, K., &Kannadhason, S. (2009). Effects of ingredients and extrusion parameters on aquafeeds containing DDGS and potato starch. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, 1 (1), 22-38. ISSN : 2070-1667

Samuelsen, T.A., Oterhals, A., &Kousoulaki, K. (2018). High lipid microalgae (*Schizochytrium* sp.) inclusion as asustainable source of n-3 long-chain PUFA in fish feed—Effects onthe extrusion process and physical pellet quality. *Animal Feed Science and Technology*, 236, 14–28

Saragi, E.S., &Bagastyo, A.Y. (2015). Reduction of organic solid waste by blacksoldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *The 5th Environmental Technology and Management Conference “Green Technology towards Sustainable Environment”*. Bandung, Indonesia.

Surendra, K.C., Olivier, R., Jeffery, K., Tomberlin, Jha, R., &Khanal, S.K.(2016).Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insectfarming. *Journal of Renewable Energy*, 98, 197-202.

Wang, Y.Y., &Ryu, G.H. (2013).Physical properties of extruded corn grits with corn fibre by CO2 injection extrusion.*Journal of Food Engineering*, 116, 14-20

Wasserman, E. A., De Volder, C. L., & Coppage, D. J. (1992). Nonsimilarity-based conceptualization in pigeons via secondary or mediated generalization. *Psychological Science*, 3, 374-379.

Wardono, B. & Prabakusuma, A.S.(2016). Analisis usaha pakan ikan mandiri di kabupaten Gunungkidul.*Jurnal Kebijakan Sosek KP.,* 6 (1), 75-85

Wicaksono,A., Muhammad,F., Hidayat, J.W., &Suryanto, D. (2018).Pengaruh komposisi *Azolla pinnata* pada pakan terhadap pertumbuhan ikan bandeng(*Chanos chanos*Forskal) di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. *Bioma*, 20 (2), 113-112

Widjastuti, T., Wiradimadja, R., &Rusmana, D. (2014). The effect of substitution offish meal by black soldier fly (*Hermetia illucens*) maggot meal in the dieton production performance of quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Scientific Papers*. Series D, Animal Science, Vol LVII.

Virnanto, L.A., Rachmawati, D., &Samidjan, I. (2016). Pemanfaatan tepung hasil fermentasi azolla (*Azolla microphylla*) sebagai campuran pakan buatan untuk meningkatkan pertumbuhan dan kelulushidupan ikan gurame (*Osphronemus gouramy*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*,5(1), 1-17