

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>

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

Arif Rahman Hakim[#], Koko Kurniawan, dan Zaenal Arifin Siregar

¹ Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan
Jl. Imogiri Barat KM 11.5, Jetis Bantul, Kertan, Sumberagung, Kec. Jetis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55781

(Naskah diterima: 20 Mei 2019; Revisi final: 26 Juli 2019; Disetujui publikasi: 26 Juli 2019)

ABSTRAK

Saat ini harga tepung ikan yang merupakan sumber protein utama terus mengalami kenaikan sehingga 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 penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 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 menunjukkan 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* sp. memberikan efek terhadap turunnya kadar protein, turunnya rasio pengembangan dan kekerasan pakan namun tidak berpengaruh terhadap unit *density* dan daya apung pakan. Berdasarkan hasil ini tepung *Azolla* memiliki potensi sebagai pengganti sebagian tepung ikan dalam pembuatan pakan ikan terapung.

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

ABSTRACT: *The effects of replacing fish meal with Hermetia illucens larval and Azolla sp. meals on the quality of floating fish feed. By: Arif Rahman Hakim, Koko Kurniawan, and Zaenal Arifin Siregar*

Fish meal prices continue to increase, which has led to research efforts of finding other protein sources to replace fish meal in floating fish feed. The purpose of this study was to determine the effects of alternative fish meal replacements on the physical quality of feed. Alternative replacement ingredients were Hermetia illucens larval meal and Azolla meal. The research method used a completely randomized design (CRD) consisted of different ratios of fish meal with H. illucens larval meal and Azolla meal combination of 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, and 25%:75%, respectively. The parameters observed included protein content, expansion ratio, unit density, floatability, and hardness of feed. The study found that the larval meal produced similar protein content, reduced expansion ratios, increased unit density, decreased floatability and increased hardness of feed. The replacement of fish meal with Azolla meal had decreased the protein content, expansion ratio, and hardness of the feed. However, the substitution did not affect the unit density and floatability of feed. Based on this result Azolla meal has potential as replacement of fish meal partially in producing floating fish meal.

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

PENDAHULUAN

Pertumbuhan budidaya perikanan dalam beberapa tahun terus meningkat seiring meningkatnya

konsumsi ikan oleh masyarakat (KKP, 2018). Dalam usaha budidaya perikanan, penyediaan pakan merupakan biaya operasional terbesar (Wardono & Prabakusuma, 2016). Tepung ikan merupakan bahan baku utama dalam formulasi pakan ikan harganya terus mengalami peningkatan (Barrientos & Soria, 2015) sehingga ketergantungan terhadap tepung ikan akan menyebabkan usaha budidaya perikanan menjadi tidak menguntungkan. Oleh karena itu, diperlukan adanya

[#] Korespondensi: Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan. Jl. Imogiri Barat KM 11.5, Jetis Bantul, Kertan, Sumberagung, Kec. Jetis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia.
Tel. + 62 274 2810500
E-mail: arifrahmanh11@gmail.com

alternatif bahan sebagai sumber protein pengganti tepung ikan. Bahan yang digunakan tersebut harus memenuhi kriteria antara lain harga relatif murah, memiliki kandungan protein yang tinggi dan mudah diproduksi atau ketersediannya berkelanjutan.

Beberapa sumber protein yang bisa digunakan di antaranya larva *H. illucens*. Larva ini berasal dari jenis serangga yang termasuk dalam kelas insecta dan ordo Diptera (Hawkinson, 2005). Tepung larva ini memiliki banyak keunggulan yaitu kandungan proteinnya tinggi (44%-60%) dan komposisi asam aminonya lengkap (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 dari sayuran 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 (Panigrahi *et al.*, 2014; Melita *et al.*, 2018). *Azolla* sp. banyak dijumpai pada perairan tenang seperti di rawa-rawa. Di persawahan yang ditanami padi, *Azolla* sp. merupakan gulma, sehingga potensi pemanfaatannya cukup besar. Hasil penelitian Virnanto *et al.* (2016) menunjukkan 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 informasi di atas, 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 karakteristik tepung 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 penggunaan tepung larva *H. illucens* dan *Azolla* sp. 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 *Azolla* sp. sebagai bahan baku pembuatan pakan terhadap kualitas fisik pakan ikan terapung yang diproduksi menggunakan mesin ekstruder.

BAHAN DAN METODE

Bahan

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

Metode

Pakan yang dibuat terdiri tiga kelompok formula pakan yaitu kontrol (sumber protein utama hanya berupa tepung ikan), larva (sumber protein utama berasal dari tepung ikan dan tepung larva *H. illucens*) dan *Azolla* (sumber protein utama berasal dari 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 dan diaduk hingga homogen menggunakan *mixer* selama 20 menit. Formula tersebut lalu didiamkan selama satu jam untuk memperoleh kelembaban yang stabil.

Alat

Alat atau mesin utama pembuatan pakan ikan adalah *extruder* 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°C. Kecepatan ulir diatur menggunakan *inverter* dengan rentang kecepatan 150-660 rpm. Lubang pengeluaran (*dies*) berdiameter 3 mm berjumlah delapan buah. Dua buah pisau potong pakan berada diujung *dies* untuk memotong pakan yang keluar dari *extruder*.

Tabel 1. Komposisi kimia bahan baku pakan ikan (%)
 Table 1. Chemical composition of feed stuff (%)

Jenis bahan <i>Ingredients</i>	Air <i>Moisture (%)</i>	Lemak <i>Lipids (%)</i>	Serat <i>Fibre (%)</i>	Protein <i>Protein (%)</i>	Abu <i>Ash (%)</i>
Tepung ikan (<i>Fish meal</i>)	8.59	2.83	0.80	61.37	19.13
Tepung larva <i>H. illucens</i> (<i>Larva meal</i>)	5.46	6.52	3.01	45.66	14.89
Tepung <i>Azolla</i> sp. (<i>Azolla meal</i>)	7.26	0.43	17.38	22.70	22.41
Tepung jagung (<i>Corn flour</i>)	10.98	6.40	2.11	8.80	2.15
Tepung bungkil kedelai (<i>Soybean meal</i>)	9.41	9.68	4.84	45.55	6.42
Tepung tapioka (<i>Tapioca flour</i>)	9.67	0.3	Tidak terdeteksi	0.5	0.2

Tabel 2. Formula pakan ikan
 Table 2. Fish feed formulation

Bahan baku (tepung) <i>Ingredient (flour)</i>	Komposisi (% bahan) <i>Composition (% ingredient)</i>						
	Kontrol <i>Control</i>	Larva (<i>Larvae</i>)			<i>Azolla</i>		
		75:25:00	50:50:00	25:75	75:25:00	50:50:00	25:75
Ikan (<i>Fish</i>)	38	28.5	19	9.5	28.5	19	9.5
Larva (<i>Larvae</i>)	0	9.5	19	28.5	0	0	0
<i>Azolla</i> (<i>Azolla</i>)	0	0	0	0	9.5	19	28.5
Bungkil kedelai (<i>Soybean</i>)	22	22	22	22	22	22	22
Jagung (<i>Corn</i>)	22	22	22	22	22	22	22
Tapioka (<i>Tapioca</i>)	18	18	18	18	18	18	18

Proses Ekstrusi

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

Analisis Kualitas Pakan

Analisis karakteristik pakan meliputi parameter, unit *density*, daya apung, rasio pengembangan, tingkat kekerasan, dan kadar protein. Detail metode analisis 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*.

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

Daya apung. 30 butir pakan dituang ke dalam 1.000 mL *beaker glass* berisi 800 mL *aquades* pada suhu ruang. Jumlah pakan yang masih terapung (NF) selama 30 menit dibandingkan jumlah pakan awal (de Cruz *et al.*, 2015), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Daya apung} = \frac{\text{NF}}{30} \times 100 \quad (2)$$

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).

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

Kekerasan. Kekerasan pakan dianalisis 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. Analisis kadar protein pakan yang dihasilkan menggunakan metode *Kjeldal*.

Analisis Statistik

Semua perlakuan pembuatan pakan dikerjakan tiga kali ulangan. Hasil nilai yang diperoleh dianalisis dengan *one-way analysis of variance* (ANOVA) ($P < 0,05$). Uji lanjut menggunakan analisis Tukey dengan bantuan software Minitab 17.

HASIL DAN BAHASAN

Hasil pengujian pakan ikan yang diproduksi menggunakan mesin *extruder* 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 dianalisis.

Protein

Tabel 3 menunjukkan kadar protein pakan dengan perlakuan sumber protein tepung ikan tanpa penambahan tepung larva atau tepung *Azolla* mencapai 34,94%. Nilai ini tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan perlakuan pakan dengan kombinasi tepung ikan dan tepung larva (33,84%-35,19%). Namun kadar protein keduanya berbeda nyata dengan perlakuan kombinasi tepung ikan dan tepung *Azolla* dengan perbandingan 50:50 yaitu 26,69%.

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).

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, di antaranya Rachmawati & Samidjan (2013) melaporkan bahwa tepung larva *H. illucens* sampai 25% mampu menggantikan tepung ikan sebagai bahan pakan ikan patin. Pakan dengan kandungan bahan tersebut menghasilkan bobot mutlak dan laju pertumbuhan spesifik terbaik di antara perlakuan lainnya. Belghit *et*

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 proportions of fish meal

Sumber protein Protein sources	Rasio Ratio	Protein Protein (%)	Rasio pengembangan (kali) Expansion ratio (fold)	Unit density (mg/mm ³)	Daya apung Floatability (%)	Kekerasan Hardness (N)
Tepung ikan <i>Fish meal</i>		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}
Tepung ikan: tepung <i>H. illucens</i> <i>Fish meal: H. illucens meal</i>	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
Tepung ikan: tepung <i>Azolla</i> <i>Fish meal: Azolla meal</i>	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 ± 0.03 ^{ab}	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 ($P < 0,05$)
 Note: Values in the same column with different letters indicate significantly different ($P < 0.05$)

Tabel 4. Waktu proses ekstrusi
Table 4. Extrusion process time

Sumber protein Protein sources	Rasio Ratio	Waktu ekstrusi (menit) Extrusion time (minutes)
Tepung ikan Fish meal		7.57 ± 0.56 ^b
Tepung ikan : tepung <i>H. illucens</i> Fish meal : <i>H. illucens meal</i>	75:25	5.11 ± 0.16 ^c
	50:50	4.82 ± 0.13 ^c
	25:75	4.61 ± 0.26 ^c
Tepung ikan : tepung <i>Azolla</i> Fish meal : <i>Azolla meal</i>	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 ($P < 0.05$)
Note: Values in the same column with different letters indicate significantly different ($P < 0.05$)

al. (2019) menyimpulkan penggantian tepung ikan dengan tepung larva *H. illucens* pada pakan ikan salmon (*Atlantic salmon*) tidak berpengaruh signifikan terhadap koefisien pencernaan (*digestibility coefficients*) protein, lemak, asam amino, dan asam lemak. Pertumbuhan harian ikan juga tetap meningkat, tetapi *feed conversion ratio* (FCR) tidak berubah signifikan, 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 penggunaan 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., memiliki kandungan protein yang nilainya lebih rendah dari 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 dengan kandungan protein masing-masing sebesar 22,64% dan 24,66%. Pada penelitian tersebut pakan tidak diproses menggunakan *extruder* 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 $1,56 \pm 0,01$ 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 $1,42 \pm 0,03$ kali (Tabel 3).

Rasio pengembangan pakan dengan penggantian tepung ikan sebanyak 25%-75% dengan tepung larva mengalami penurunan hingga hanya mengembang sebesar $1,08 \pm 0,02$ 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 *extruder*. Bahan baku yang mengandung senyawa pati akan mengalami proses gelatinisasi. Pada saat bahan keluar dari *dies* (ujung lubang *extruder*) akan terjadi *puffing*, kemudian tekanan turun dengan tiba-tiba yang mengakibatkan uap air keluar dari produk meninggalkan lubang/pori di dalamnya. Faktor yang memengaruhi 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. Kandungan lipid 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 ekstrusi memberikan pengaruh negatif terhadap parameter rasio pengembangan. Kandungan lipid yang tinggi pada bahan baku ini menyebabkan menurunnya viskositas dan energi mekanik *extruder*. 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 kompleks. 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/mm^3). Hasil percobaan menunjukkan perlakuan pakan mengandung tepung ikan, tanpa penambahan tepung larva *H. illucens* maupun tepung *Azolla*, memiliki rata-rata unit *density* sebesar $0,616 \pm 0,01 \text{ mg/mm}^3$. Pakan yang mengandung tepung larva memiliki unit *density* rata-rata lebih tinggi dibandingkan pakan kontrol, yaitu $0,959 \pm 0,11$ - $1,032 \pm 0,05 \text{ mg/mm}^3$. 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 $0,669 \pm 0,02$ - $0,705 \pm 0,05 \text{ mg/mm}^3$.

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 menaikkan nilai 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 $95,28 \pm 2,93$ (%) dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan tepung *Azolla* sp. yaitu $94,13 \pm 2,10$ (%). Sedangkan pada perlakuan tepung larva *H. illucens*, daya apung pakan sebesar $22,73 \pm 2,84$ - $31,27 \pm 1,25$ (%). 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 memengaruhi 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 Azzollini *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 *extruder* gagal diproduksi.

Kekerasan

Nilai kekerasan tertinggi ialah pada perlakuan proporsi tepung ikan dengan tepung larva *H. illucens* 25:75, yaitu sebesar $46,18 \pm 1,24$ (N). Sedangkan nilai kekerasan terendah diperoleh pada perlakuan proporsi tepung ikan dan tepung *Azolla* sp. 50:50, yaitu sebesar $34,61 \pm 2,19$ (N). Dibandingkan dengan perlakuan kontrol ($41,17 \pm 1,34$ 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 di antaranya 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 *extruder*. Menurut Bouvier & Campanella (2014), keberadaan protein dapat memengaruhi struktur pori yang diakibatkan proses pelelehan sehingga mengakibatkan berkurangnya pengembangan ukuran pori dan struktur sel bahan menjadi lebih padat.

KESIMPULAN

Penggantian sebagian tepung ikan dengan tepung larva *H. illucens* atau tepung *Azolla* sp. dalam formula pakan ikan terapan menghasilkan kualitas fisik pakan yang berbeda. Penggantian tepung ikan dengan tepung larva *H. illucens* sampai dengan rasio 25:75 menghasilkan kadar protein yang tidak berbeda nyata, berkurangnya rasio pengembangan, meningkatnya unit *density*, turunnya daya apung, dan meningkatnya kekerasan pakan. Sedangkan penggantian tepung ikan dengan tepung *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 Saudara Widiarto Sarwono

selaku teknisi 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: thermo mechanical cooking and food product texturization. In Bouvier, J.M., & Campanella, O.H. (Eds.). *Extrusion Processing Technology: Food and Non-food Biomaterials*. John Wiley and Sons, Ltd., p. 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 properties of 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, J., & Webster, C.D. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal 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, extrusion and frying. In Brennan, J.G. (Ed.), *Food processing handbook*. Weinheim, Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, p. 237-290.
- Draganovic, V., Van der Goot, A.J., Boo, R., & Jonkers, J. (2011). Assessment of the effects of fish meal, wheat gluten, soy protein concentrate 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 tuna menggunakan 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 taro and 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 tepung maggot dalam pakan komersil terhadap pertumbuhan benih ikan bawal air tawar (*Colossoma macroponum*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4), 77-184.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP]. (2018). Laporan Tahunan Tahun 2017. Kementerian Kelautan dan Perikanan RI. 68 hlm; ISBN: 978-602-52195-0-4.
- Kraugerud, O.F., Jørgensen, H.Y., & Svihus, B. (2011). Physical properties of extruded fish feed with inclusion of different plant (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.
- Panigrahi, S., Choudhary, D., Sahoo, J.K., Das, S.S., & Rath, R.K. (2014). Effect of dietary supplementation of *Azolla* on growth and survivability of Labeo rohita fingerlings. *Asian Journal Animal Sci*, 9, 33-37.
- Philipp, C., Oey, I., Silcock, P., Beck, S.M., & Buckow, R. (2017). Impact of protein content on physical and microstructural properties of extruded rice starch-pea protein snacks. *Journal of Food Engineering*, 212, 165-173.
- Rachmawati, D. & Samidjan, I. (2013). Efektivitas substitusi tepung ikan dengan tepung maggot 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., & Kannadhasan, 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 sustainable source of n-3 long-chain PUFA in fish feed—Effects on the 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 black soldier 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 insect farming. *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., DeVolder, 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 of fish meal by black soldier fly (*Hermetia illucens*) maggot meal in the diet on 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.