

**DAMPAK TEKNIK PENGIRISAN DAN PENCETAKAN TERHADAP DAYA APUNG PAKAN IKAN YANG DIFERMENTASI MENGGUNAKAN *Rhizopus* sp.****Impact of Slicing and Moulding Techniques on the Floatability of the Fish Feed Fermented by *Rhizopus* sp.**Lulu Suliswati<sup>1</sup>, Catur Sriherwanto<sup>2,\*</sup>, Imam Suja'i<sup>2</sup><sup>1</sup>Fakultas Teknobiologi, Universitas Teknologi Sumbawa (UTS), Sumbawa, Nusa Tenggara Barat<sup>2</sup>Biotechnology Laboratory, BPPT, Building 630 PUSPIPTEK Area, Tangerang Selatan, Banten 15314\*E-mail: [catur.sriherwanto@bppt.go.id](mailto:catur.sriherwanto@bppt.go.id)**ABSTRACT**

The use of *Rhizopus* sp. mycelium as biocoating, biostabilizing, and biofloating agent in the production of floating fish feed through solid fermentation had already been studied as a much simpler alternative to mechanical extrusion. The fermented fish feed, however, had poor floatability in aerated water, probably due to structural damage during the size reduction process of the feed. Thus, this study used alternative size-reducing methods, namely slicing and moulding, to improve the floatability of the fermented feed. Other physical characteristics were also measured and compared to those of commercial sinking and floating fish feeds. Results showed that both the moulded and the sliced fermented-feeds had lower density as well as higher water stability, absorption capacity, floatability, and durability compared to those of the commercial sinking feed used as the fermentation substrate. The hydrophobicity of all the feeds tested were similar, however. The floatability of the fermented feeds obtained in this study was much higher than those of the previous studies.

**Keywords:** floatability, floating feed, sinking feed, water absorption, water stability

**ABSTRAK**

Penggunaan miselium *Rhizopus* sp. sebagai pelapis permukaan, penstabil, dan pengapung hayati dalam pembuatan pakan ikan apung melalui fermentasi padat telah diteliti sebagai alternatif yang jauh lebih sederhana dibandingkan dengan metode ekstrusi mesin. Namun, pakan ikan fermentasi ini memiliki daya apung yang buruk dalam air bergelembung udara, yang mungkin disebabkan kerusakan struktural selama proses pengecilan ukuran pakan. Karenanya, penelitian ini menggunakan metode lain untuk mengecilkan ukuran, yakni pencetakan dan pengirisan, dalam rangka meningkatkan daya apung pakan yang difermentasi. Karakteristik fisik lainnya juga diukur dan dibandingkan dengan pakan ikan tenggelam dan terapung komersial. Hasil menunjukkan bahwa proses fermentasi serta metode pengecilan dimensi yang digunakan menghasilkan pakan yang memiliki massa jenis lebih rendah, serta stabilitas air, daya serap air, daya apung, serta ketahanan benturan lebih tinggi dibandingkan dengan pakan tenggelam komersial yang digunakan sebagai substrat fermentasi. Namun, nilai hidrofobisitas semua pakan yang diuji adalah sama. Daya apung pakan fermentasi dalam penelitian ini jauh lebih tinggi daripada penelitian sebelumnya.

**Kata Kunci:** daya apung, daya serap air, stabilitas dalam air, pakan apung, pakan tenggelam

## PENDAHULUAN

Permukaan miselium kapang tepe *Rhizopus* sp. memiliki sifat hidrofobik atau anti-air, dan ini mudah dibuktikan dengan meneteskan air pada miseliumnya yang tumbuh pada medium agar (Gambar 1). Sifat hidrofobik miselium ini mungkin dikarenakan keberadaan protein hidrofobin yang melapisi permukaan hifa aerial dari miselia *Rhizopus* sp. tersebut. Meskipun keberadaan hidrofobin pada kapang *Rhizopus* sp. belum pernah dilaporkan, setidaknya keberadaan protein amfoterik ini telah ditemukan pada kapang-kapang filamen lain (Linder et al. 2005) seperti *Aspergillus fumigatus* (Valsecchi et al. 2018), *Trichoderma longibrachiatum* (Moscatiello et al. 2018), dan *Aspergillus niger* (Kolesnikov et al. 2016). Hidrofobitas atau sifat anti-air dari miselium kapang tepe tersebut berpotensi dimanfaatkan dalam pembuatan pakan ikan apung. Miselium kapang dapat difungsikan sebagai pelapis luar hayati (*biocoating*) permukaan pakan ikan yang mampu memperlambat masuknya air ke dalam pori-pori pakan, sehingga keutuhannya dapat dipertahankan dan pakan tidak mudah hancur dan tenggelam di dalam air.

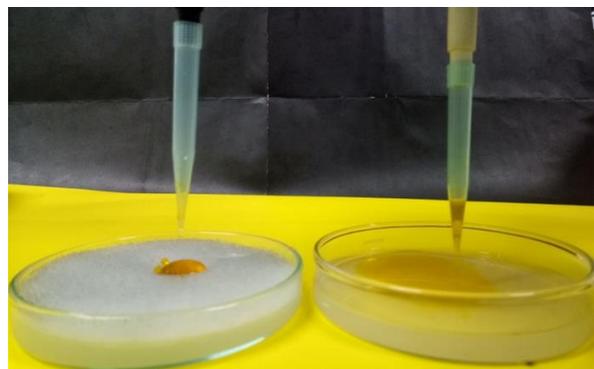
Sifat apung dan tidak mudah hancur ini penting dimiliki pakan ikan agar memaksimalkan pengonsumsi pakan oleh ikan dan meminimalkan pakan yang terbuang. Selain pemborosan pakan yang mahal harganya, hal tersebut dapat berdampak pada pencemaran air, berkurangnya kadar oksigen terlarut, peningkatan kebutuhan oksigen biologis (*biological oxygen demand*, BOD), dan beban populasi bakteri yang meningkat. Untuk menghindari hal tersebut, banyak pembudidaya ikan menggunakan pakan apung, yang diproduksi menggunakan mesin ekstruder, yang memudahkan pengamatan saat pemberian pakan, serta mempermudah dalam menentukan jumlah pakan yang diberikan (Craig et al. 2017).

Namun di sisi lain, pakan apung ekstrusi lebih mahal harganya dibandingkan pelet tenggelam dikarenakan biaya pembuatannya yang mahal di pabrik (Craig et al. 2017). Hal ini menjadikan pembudidaya ikan lebih memilih pakan tenggelam atau pakan yang berdaya apung lebih rendah (Windarti dan Sumiarsih 2012).

Oleh karenanya, perlu dikembangkan teknologi pengapungan pakan alternatif yang lebih murah dan mudah diterapkan.

Pemanfaatan *Rhizopus* sp. untuk meningkatkan stabilitas dan daya apung pakan telah dilakukan sebelumnya (Sriherwanto et al. 2017; Leiskayanti et al. 2017; Zaman et al. 2018). Dalam proses fermentasi padat menggunakan kapang *Rhizopus* sp. ini tidak dilakukan sterilisasi alat maupun bahan, tidak tergantung pada jenis serta komposisi zat pengikat (*binding agent*), tidak menggunakan mesin ekstruder pakan apung, dan tidak melalui proses *deep frying* sebagaimana yang dilakukan Saputra (2016) dan Lindasari (2017). Dengan demikian, pengapungan fermentatif menggunakan kapang tepe ini lebih sederhana dan lebih hemat energi.

Pakan berhasil mengapung setelah difermentasi menggunakan *Rhizopus* sp. dan dikeringkan, namun daya apungnya belumlah sebaik pakan komersial, terutama pada kondisi air bergelombang (Sriherwanto et al. 2017, Leiskayanti et al. 2017). Penelitian Sriherwanto et al. (2017) menunjukkan bahwa pakan ikan apung komersial (kontrol positif) serta pakan ikan apung fermentasi sama-sama memiliki daya apung  $\geq 95\%$  selama 1 jam dalam kondisi air tenang. Namun, saat air diberi aerasi untuk memunculkan efek gelombang, daya apung pakan fermentasi menurun tajam menjadi 0-2,5%, sedangkan pada pakan apung komersial 82,5%. Hal yang sama didapatkan oleh Leiskayanti et al. (2017), dimana kondisi air tenang maupun bergelembung udara menghasilkan tingkat pengapungan di



**Gambar 1.** Saat ditetesi air berwarna kuning, agar dalam cawan yang tertutupi miselium kapang *Rhizopus* sp. menunjukkan sifat hidrofobik (kiri), sedang yang tidak tertutupi miselium tidak memperlihatkan sifat hidrofobik (kanan)

atas 94% hingga menit ke-40 untuk pakan apung komersial. Sebaliknya, pemberian gelembung udara dalam air menurunkan daya apung pakan apung fermentasi hingga kurang dari 16% di menit ke-5, dan kurang dari 5% di menit ke-40.

Rendahnya daya apung pakan fermentasi pada air bergelombang mungkin dikarenakan rusaknya struktur miselium permukaan pakan fermentasi dan/atau keretakan struktur bagian dalam pakan fermentasi akibat tumbukan alu mortar saat proses pengecilan dimensi pakan tersebut. Baik Sriherwanto et al. (2017) maupun Leiskayanti et al. (2017) melakukan fermentasi pakan menggunakan cawan petri berdiameter 9 cm. Hasil fermentasi yang bertekstur seperti tempe kedelai ini setelah dikeringkan lalu ditumbuk dalam mortar menggunakan alu untuk memperkecil ukuran pakan hingga diameternya berkisar 6-7 mm untuk memudahkan ikan mengonsumsinya.

Mempertimbangkan hasil percobaan sebelumnya tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuat pakan apung fermentasi dengan daya apung yang lebih baik. Upaya perbaikan daya apung ini dilakukan melalui dua cara pengecilan dimensi pakan fermentasi, yang meminimalkan kerusakan struktur miselia kapang *Rhizopus* sp. agar efek hidrofobitas dan stabilitas tetap terjaga. Selain daya apung, parameter fisik lain seperti massa jenis, hidrofobitas, stabilitas dalam air, daya serap air, dan ketahanan benturan juga diukur untuk dibandingkan dengan pakan tenggelam komersial (kontrol negatif) dan pakan apung komersial (kontrol positif).

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pakan, Balai Bioteknologi BPPT, Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, Banten pada tanggal 1 Maret sampai 28 April 2017. Penelitian ini menggunakan metode komparatif dengan 4 jenis sampel pakan ikan (Tabel 1).

Penelitian ini meliputi proses pembuatan inokulum kapang *Rhizopus* sp., fermentasi padat pakan ikan, serta pengujian karakteristik fisik pakan yang meliputi massa jenis, hidrofobitas, stabilitas dalam air, daya serap air, daya apung, dan ketahanan

**Tabel 1.** Perlakuan pakan ikan

No.	Kode	Perlakuan
1	PTK	Pakan Tenggelam Komersial, yakni pakan pabrikan untuk ikan budidaya air tawar merek Buana Mas™, PT. Balqis Sejahtera, Bandung Barat (Tabel 2), tanpa difermentasi dan digunakan sebagai kontrol negatif
2	PFI	Pakan Fermentasi Irisan, yakni pakan tenggelam komersial yang difermentasi dalam cawan petri dan kemudian ukurannya diperkecil menggunakan teknik pengirisan bentuk dadu 1 × 1 × 1 cm, lalu dikeringkan di dalam oven
3	PFC	Pakan Fermentasi Cetakan, yakni pakan tenggelam komersial yang telah difermentasi dalam lubang cetakan berbentuk dadu 1 × 1 × 1 cm dan terbuat dari bahan silikon, dan kemudian dikeringkan di dalam oven
4	PAK	Pakan Apung Komersial, yakni pakan ikan lele pabrikan merek Hi-Pro-Vite 781, PT. Central Proteina Prima Tbk, Jawa Timur (Tabel 2), tanpa difermentasi dan digunakan sebagai kontrol positif

terhadap benturan. Seluruh uji fisik dalam air dilakukan dengan pemberian efek gelombang melalui gelembung udara (aerasi) dengan volume maksimum 3,5 L udara/menit (aerator akuarium Luckiness, L828, Cina), menggunakan saringan plastik teh berukuran ±200 mesh (Erizal et al. 2016), dan pengeringan dilakukan dalam oven bersuhu 50°C (Memmert, 100-800).

### Pembuatan inokulum

Sebanyak 500 g onggok singkong (Alam Subur, Kedung Halang, Bogor, Jawa Barat) dicampur dengan 10 g ragi tempe (industri tempe lokal, Serpong, Tangerang Selatan) hingga rata, lalu 750 mL air kran ditambahkan, diaduk lagi hingga tercampur rata, dan campuran yang dihasilkan ini lalu dimasukkan ke dalam cawan petri hingga penuh. Setelah inkubasi 48 jam pada suhu 28°C, onggok hasil fermentasi dikeluarkan dari petri, dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam, dan kemudian dihaluskan menggunakan blender.

### Fermentasi pakan

Fermentasi pakan tenggelam komersial (PTK) dilakukan untuk membuat pakan apung fermentasi. Sebanyak 500 g

**Tabel 2** Komposisi nutrisi pakan ikan yang digunakan dalam penelitian

Komposisi nutrisi	Pakan tenggelam komersial Buana Mas™ (Nurlaila 2016)	Pakan apung komersial merek Hi-Pro-Vite 781 (Prima CP 2016)
Air	8,18%	910%
Abu	28,01%	Tidak tercantum
Serat kasar	0,76%	3-5%
Lemak	6,62%	4-6%
Protein	29,75%	31-33%
Karbohidrat	34,85%	Tidak tercantum

pakan tenggelam Buana Mas™ (Tabel 2) direndam dalam 1500 mL air kran selama 15 menit, air yang tersisa lalu dibuang dengan cara ditiriskan. Sebanyak 2% inokulum (2 g inokulum per 100 g pelet basah) ditambahkan dan dicampurkan hingga rata, lalu dimasukkan ke dalam cetakan silikon untuk mendapatkan PFC (Gambar 2), dan ke dalam cawan petri untuk membuat PFI (Gambar 3). Cetakan silikon yang sudah diisi substrat kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik berpori untuk mendapatkan kondisi mikroaerofilik. Inkubasi dilakukan pada suhu 28°C selama 24 jam. Selesai fermentasi, pakan fermentasi dalam cawan petri dipotong dengan bentuk menyerupai dadu berdimensi 1 × 1 × 1 cm, sedangkan pakan fermentasi dalam cetakan silikon dikeluarkan dari plastik berpori. Setelah itu, keduanya dikeringkan dalam oven 50°C (Memmert, 100-800) selama 24 jam sebelum diuji sejumlah karakteristik fisiknya.

### Massa jenis pakan

Massa jenis atau densitas pakan dihitung berdasarkan massa dan volume pakan tersebut. Untuk pakan fermentasi cetakan (PFC) maupun pakan fermentasi irisan (PFI) yang berbentuk dadu, volume dihitung dari hasil kali panjang, lebar, dan tingginya yang diukur menggunakan jangka sorong. Sedangkan volume pakan apung komersial (PAK) dan pakan tenggelam komersial (PTK) dihitung menggunakan rumus volume tabung, yakni luas alas kali tinggi berdasarkan hasil pengukuran diameter alas dan tingginya. Setelah diukur dimensinya, pakan kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik untuk memperoleh massanya. Massa jenis dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Massa jenis (g}\cdot\text{cm}^{-3}) = \frac{DW_o}{V}$$

dimana

$DW_o$  : berat kering pakan (g)

$V$  : volume kering pakan (cm<sup>3</sup>)

### Uji hidrofobisitas

Uji hidrofobisitas mengukur sudut kontak ( $\theta$ ) antara permukaan benda uji dan setetes air, dan dilakukan menggunakan metode Goldsmith et al. (2017) yang dimodifikasi. Pakan uji ditetesi 10  $\mu$ L air kran pada permukaannya, selanjutnya sudut kontak air yang terbentuk diukur berdasarkan hasil foto digital *close-up* (kamera *Handphone* Samsung Galaxy S5) yang diambil saat setetes air tersebut jatuh dan sampai pada permukaan pelet. Pengujian dilakukan pada 6 sisi pakan fermentasi, 2 sisi pada pakan komersial dan 3 sisi pada pakan tenggelam dengan masing-masing 3 kali pengulangan. Sudut kontak dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Sudut kontak } (\theta) = \frac{\theta_{kiri} - \theta_{kanan}}{2}$$

dimana

$\theta_{kiri}$  : sudut kontak kiri pada foto (°)

$\theta_{kanan}$  : sudut kontak kanan pada foto (°)

### Uji stabilitas dalam air

Uji stabilitas atau keutuhan pakan dalam air dilakukan mengikuti metode Misra et al. (2002) yang dimodifikasi. Sebanyak 0,2-2,5 g pakan ditimbang dan kemudian direndam dalam 500 mL air dalam gelas kimia dengan aerasi selama 2 jam. Selanjutnya, pelet yang telah menyerap air disaring menggunakan saringan teh, ditiriskan, dan dikeringkan dalam oven selama 20-48 jam pada suhu 50°C.

Stabilitas air dihitung dengan rumus sebagaimana berikut:

$$\text{Stabilitas dalam air (\%)} = \frac{DW_t}{DW_o} \times 100\%$$

dimana

$DW_t$  : berat kering setelah perendaman (g)

$DW_o$  : berat kering sebelum perendaman (g)

### Uji absorpsi air

Uji absorpsi air menggunakan metode Misra et al. (2002) yang dimodifikasi. Sebanyak 1 - 2,5 g sampel pakan ditimbang dalam saringan teh, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia berisi 500 mL air kran yang diberi gelembung udara. Pada menit ke-1, 3, 5, 10, 20, 40, 60, 90, dan 120 sampel diangkat, ditiriskan selama 1 menit, lalu ditimbang dalam keadaan basah. Pengujian diulang sebanyak 3 kali untuk setiap pakan. Daya serap atau absorpsi air dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{WW_t - DW_o}{DW_o} \times 100\%$$

dimana

$WW_t$  : berat basah setelah perendaman (g)

$DW_o$  : berat kering sebelum perendaman (g)

### Uji daya apung

Kemampuan mengapung diuji menggunakan metode De Cruz et al. (2015) yang dimodifikasi. Sepuluh butir pakan dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 mL yang berisi air 400 mL. Aerasi diberikan selama pengujian berlangsung. Jumlah pakan yang tenggelam dicatat pada menit ke- 0, 1, 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, dan 120. Setelah itu uji daya apung diteruskan hingga menit ke-345. Daya apung dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Daya apung (\%)} = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

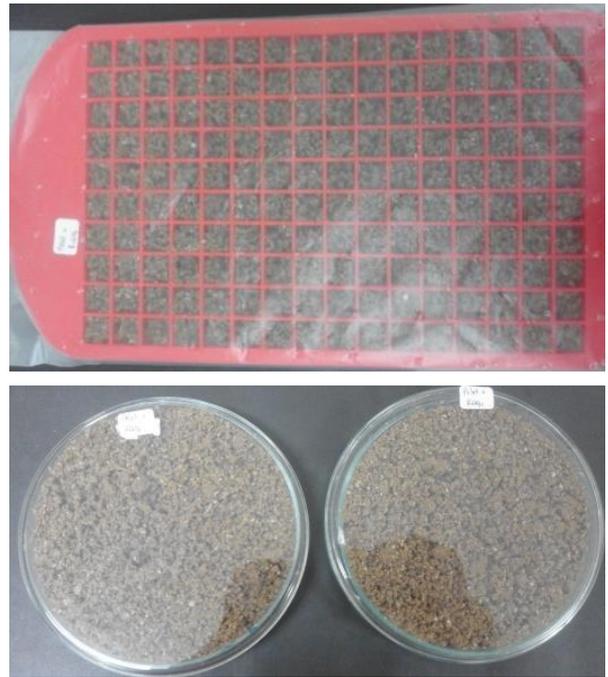
dimana

$N_t$  : jumlah pakan yang masih mengapung

$N_o$  : jumlah pakan di awal pengujian

### Uji ketahanan benturan

Ketahanan benturan diuji (durabilitas) dengan menggunakan metode uji tingkat



**Gambar 2.** Pakan ikan komersial tenggelam yang sudah dicampur air dan ragi *Rhizopus* sp. lalu dimasukkan ke dalam cetakan silikon dengan lubang berbentuk dadu (atas) dan cawan petri (bawah) setelah itu diinkubasi

kekerasan Aslamyeh dan Karim (2012) yang dimodifikasi, yakni dengan menjatuhkan beban berbentuk silinder seberat 250 g agar menumbuk 4-6 g pakan melalui pipa paralon panjang 1 m × diameter 1,25 inch. Pakan dimasukkan ke dalam pipa kemudian beban dijatuhkan sebanyak 5, 10 dan 20 kali. Pakan yang telah terkena benturan beban tersebut kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 710 µm. Pakan yang tidak melewati ayakan akan ditimbang sebagai berat setelah dibenturkan dan yang berhasil melewati ayakan akan dibuang. Rumus ketahanan benturan adalah:

$$\text{Durabilitas (\%)} = \frac{DW_o - DW_s}{DW_o} \times 100\%$$

dimana

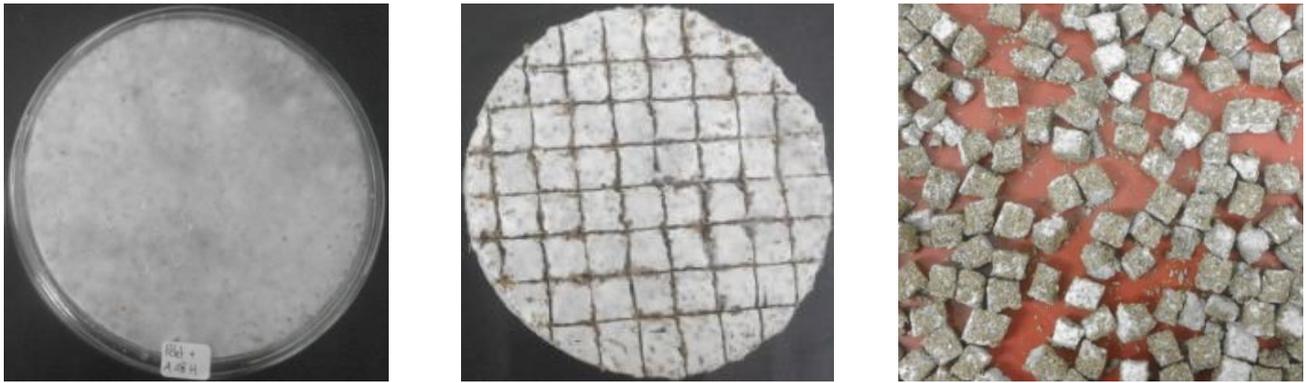
$DW_o$  : berat kering sebelum benturan (g)

$DW_s$  : berat kering yang lolos ayakan setelah benturan (g)

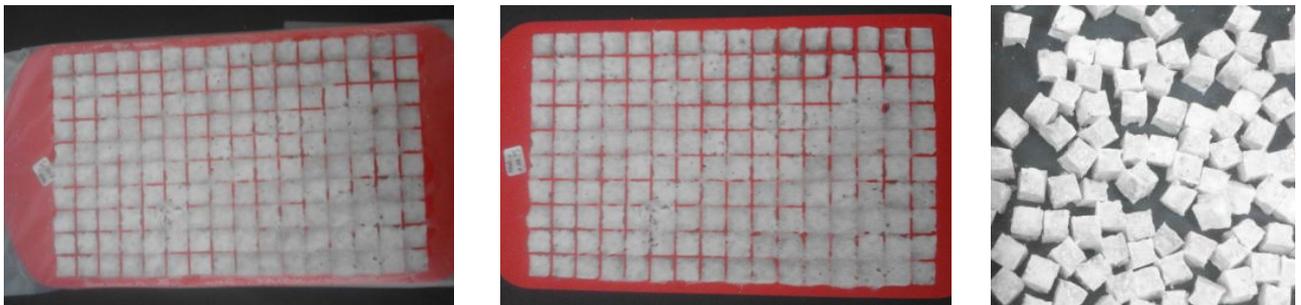
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pakan fermentasi

Pakan fermentasi yang dibuat menggunakan cawan petri, diiris terlebih dahulu sebelum dikeringkan, sehingga



**Gambar 3.** Pakan fermentasi berketebalan 1 cm dalam cawan petri berdiameter 9 cm (kiri) lalu diiris  $1 \times 1$  cm (tengah), dan kemudian dikeringkan dalam oven untuk mendapatkan pakan fermentasi irisan (PFI) (kanan).



**Gambar 4.** Pakan fermentasi dalam cetakan silikon berbentuk dadu  $1 \times 1 \times 1$  cm (kiri), dikeluarkan dari plastik penutup (tengah), lalu dikeringkan dalam oven untuk mendapatkan pakan fermentasi cetakan (PFI) (kanan).

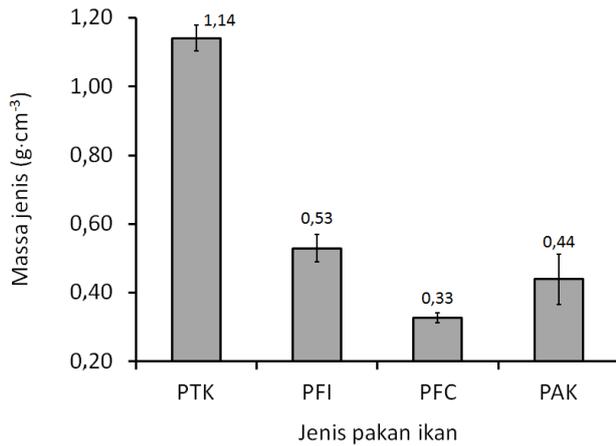
memiliki 4 sisi dengan struktur miselium yang teriris (Gambar 3). Pakan fermentasi yang dibuat menggunakan cetakan silikon (PFC) memiliki bentuk seragam seperti dadu berwarna putih kapas karena pada keenam sisinya diliputi oleh lapisan miselium *Rhizopus* sp. yang utuh (Gambar 4). Bentuk dadu ini menyesuaikan ketersediaan cetakan silikon yang ada di pasaran sehingga mudah didapatkan, dan belum mengikuti bentuk silindris ataupun bulat sebagaimana pakan komersial.

Pakan hasil fermentasi ini memiliki aroma yang kurang amis dibandingkan sebelum fermentasi. Bahkan aroma wangi khas tempe muncul pada pakan fermentasi ini. Hal ini karena saat fermentasi, kapang *Rhizopus* mampu menghasilkan senyawa mudah menguap (*volatile compounds*) yang meliputi asam organik, ester, alkohol, aldehida, furan, keton, senyawa aromatik, pirazin, dan senyawa belerang (Chukeatirote et al. 2017). Fermentasi pakan tenggelam komersial ini menaikkan sedikit (kurang dari 10%) kandungan protein, lemak, abu, dan serat kasar; sedangkan kadar karbohidrat mengalami penurunan hampir 7% (Paramadini 2017).

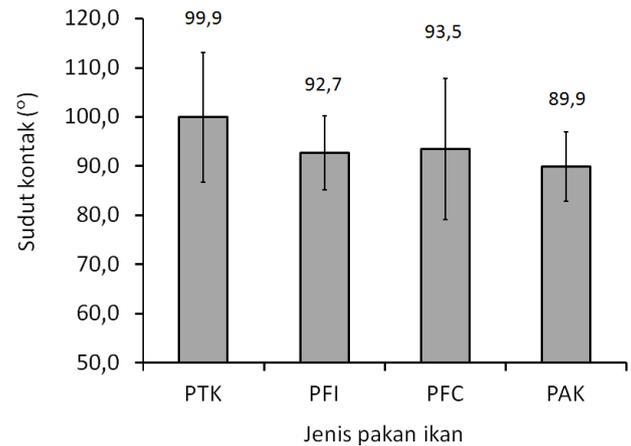
### Massa jenis

Sesuai namanya, PTK tenggelam dalam air karena massa jenis atau densitasnya melebihi air ( $>1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). Namun setelah difermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* sp., PKT berubah menjadi pakan fermentasi irisan (PFI) dan pakan fermentasi cetakan (PFC) yang keduanya memiliki massa jenis kurang dari  $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Penurunan massa jenis inilah yang menjadikan keduanya mengapung sebagaimana pakan apung komersial (PAK) (Gambar 5).

Massa jenis pakan tenggelam menjadi kurang dari  $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  setelah difermentasi. Ini mungkin karena saat dicampur air dan ragi kapang, butiran-butiran bahan pembentuk PKT merenggang, terpisah, dan tidak lagi menyatu padat. Saat proses fermentasi berlangsung, miselium *Rhizopus* sp. yang terbentuk menjalin dan menyatukan butiran-butiran substrat tersebut. Proses ini juga membentuk rongga-rongga mikro udara di dalamnya. Fenomena penurunan massa jenis ini dialami pula oleh Sriherwanto et al. (2017) yang melakukan fermentasi pada pakan tenggelam komersial. Pakan fermentasi yang dihasilkannya mampu pula mengapung pada permukaan air.



**Gambar 5.** Massa jenis pakan tenggelam komersial (PTK), pakan fermentasi irisan (PFI), pakan fermentasi cetakan (PFC), dan pakan apung komersial (PAK)



**Gambar 6.** Sudut kontak pakan tenggelam komersial (PTK), pakan fermentasi irisan (PFI), pakan fermentasi cetakan (PFC), dan pakan apung komersial (PAK)

**Hidrofobisitas**

Hidrofobisitas atau daya anti-air permukaan suatu benda dapat diketahui dari sudut kontak statis air pada permukaan tersebut. Suatu permukaan dikatakan hidrofobik jika sudut kontakannya lebih besar daripada sembilan puluh derajat ( $\theta > 90^\circ$ ) dan hidrofilik jika kurang dari sembilan puluh derajat ( $\theta < 90^\circ$ ) (Law 2014).

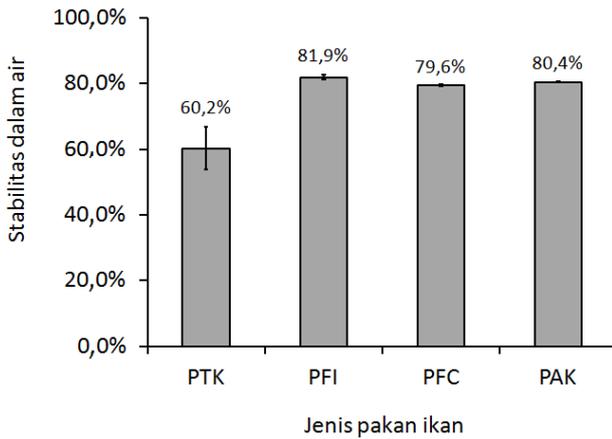
Dari keempat jenis pakan ikan yang diuji tingkat hidrofobitasnya, semua menunjukkan sudut kontak sekitar 90-an derajat dengan perbedaan yang tidak signifikan dilihat dari standard deviasinya (*error bar*). Ini menunjukkan permukaan PTK, PFI, PFC, maupun PAK bersifat hidrofobik.

Khusus untuk keenam permukaan pada PFI, hasil pengukuran sudut kontak pada sisi dengan miselium utuh dibandingkan pada sisi dengan miselium teriris menunjukkan nilai yang tidak berbeda signifikan, masing-masing  $90,3 \pm 8,5^\circ$  dan  $93,9 \pm 7,0^\circ$ . Hal ini menunjukkan bahwa, dengan metode yang digunakan, nilai hidrofobitas kedua jenis permukaan tersebut tidak terbukti memiliki perbedaan. Hal ini mungkin dikarenakan proses pengeringan di dalam oven dapat memunculkan kembali sifat hidrofobitas yang hilang akibat proses pengirisan. Terlepas dari itu, perlu dilakukan percobaan lanjutan dengan menggunakan metode pengukuran hidrofobitas yang lebih akurat untuk mengetahui dampak pengirisan tersebut.

**Stabilitas dalam air**

Stabilitas dalam air diukur untuk mengetahui seberapa kokoh dan utuhnya pakan saat berada di dalam air. Pakan ikan dengan stabilitas yang baik tidak akan mudah hancur saat berada di dalam air. Begitu pula sebaliknya, pakan yang mudah hancur di dalam air berarti memiliki nilai stabilitas yang rendah. Berdasarkan hasil pengujian stabilitas dalam air, PTK adalah yang paling mudah hancur dalam air. Namun setelah PTK ini dicampur air, difermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* sp., dan dikeringkan, maka dihasilkan PFI dan PFC yang memiliki stabilitas lebih baik daripada PTK, dan sebanding dengan stabilitas yang dimiliki PAK (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa miselium *Rhizopus* sp. memiliki peran sebagai bahan pengikat hayati (*bio-binding agent*) yang mampu tetap menyatukan butiran bahan pakan dengan sangat kuat saat berada di dalam air.

Fermentasi pakan tenggelam komersial menggunakan kapang tempe yang memunculkan stabilitas dalam air yang lebih baik juga telah dilakukan oleh Sriherwanto et al. (2017). Penelitian tersebut menguji keutuhan dalam air dari pakan tenggelam komersial yang tidak difermentasi dan yang difermentasi menggunakan kapang tempe. Pengujian dalam air tersebut dilakukan selama 40 menit. Hasilnya memperlihatkan bahwa nilai stabilitas dalam air sebesar 80,3-87,1% dimiliki oleh pakan fermentasi, sedangkan pakan tanpa fermentasi memiliki



**Gambar 7.** Stabilitas dalam air pada menit ke120 dari pakan tenggelam komersial (PTK), pakan fermentasi irisan (PFI), pakan fermentasi cetakan (PFC), dan pakan apung komersial (PAK)

nilai stabilitas yang lebih rendah, yakni 63,2%. Leiskayanti et al. (2017) juga melaporkan hal serupa, di mana stabilitas pakan tenggelam komersial meningkat dari 66,8% menjadi 80,8% setelah difermentasi selama 30 jam menggunakan ragi tempe.

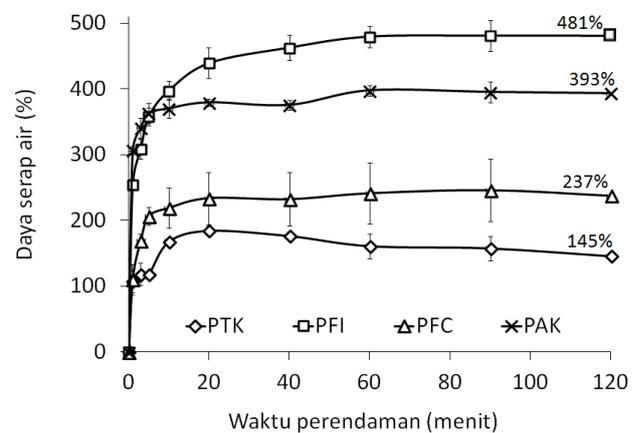
**Absorpsi air**

Absorpsi air merupakan kemampuan suatu benda dalam menyerap air. Berdasarkan hasil pengujian absorpsi air, daya serap air paling rendah dimiliki PTK, sedangkan yang paling tinggi terjadi pada PFI. Kemampuan penyerapan air oleh PAK lebih tinggi daripada PFC (Gambar 8).

Rendahnya penyerapan air oleh PTK yang massa jenisnya tertinggi dibandingkan yang lain ini (Gambar 5) mungkin diakibatkan oleh sangat padatnya struktur partikel bahan pakannya. Hal ini berdampak pada sulitnya air meresap ke dalam PTK. Penjelasan lain yang mungkin adalah, PTK sebenarnya memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi. Akan tetapi karena mudah hancur dalam air (Gambar 7), maka sebagian pakan yang hancur ini menjadikan berat basah PTK berkurang saat ditimbang, sehingga seolah terlihat nilai daya serap airnya rendah. Ini pulalah yang diduga menjadi alasan mengapa kurva daya serap air PTK cenderung menurun dari jam ke-20 hingga jam ke-120. Penurunan ini diakibatkan oleh semakin banyaknya material pakan yang hancur dan larut atau tersuspensi dalam air saat perendaman dalam air (Leiskayanti et al. 2017).

PFI memiliki daya serap air yang lebih besar dibandingkan PFC. Hal ini mungkin dikarenakan permukaan PFI kurang mampu menahan masuknya air ke dalam matriks pakan dibandingkan dengan permukaan PFC. Walau PFI dan PFC sama-sama berbentuk dadu dengan nilai hidrofobisitas permukaan yang relatif sama, namun kondisi integritas atau keutuhan permukaan keduanya berbeda. Semua keenam sisi PFC tertutupi oleh lapisan miselium kapang *Rhizopus sp.* utuh, sebaliknya hanya dua sisi saja yang tertutupi miselium utuh tanpa bekas irisan pada PFI. Keempat sisi PFI tersebut memiliki struktur miselium kapang *Rhizopus sp.* yang sudah rusak karena proses pengirisan, sehingga kurang mampu menahan masuknya air. Diduga melalui empat sisi inilah air mudah dan cepat terserap serta memasuki matriks PFI dalam volume yang lebih banyak ketimbang yang terserap oleh PFC.

Daya serap air PFI ini melebihi PAK, sedangkan nilai stabilitas dalam air kedua pakan tersebut sama, yakni sekitar 80% (Gambar 8). Artinya, zat pengikat yang digunakan pada PAK sama kuatnya dengan kemampuan miselium kapang *Rhizopus sp.* dalam mengikat butiran pakan. Bahkan bisa dikatakan bahwa daya ikat miselium pada PFI tersebut lebih kuat daripada zat pengikat pada PAK karena beban air yang terserap oleh PFI (481% pada menit ke-120) lebih besar daripada yang terserap oleh PAK (393% pada menit ke-120). Hasil serupa didapatkan oleh Zaman et al. (2018), dimana pakan ikan hasil fermentasi menggunakan



**Gambar 8.** Absorpsi air pakan tenggelam komersial (PTK), pakan fermentasi irisan (PFI), pakan fermentasi cetakan (PFC), dan pakan apung komersial (PAK)

**Tabel 3.** Daya apung pakan tenggelam komersial (PTK), pakan fermentasi irisan (PFI), pakan fermentasi cetakan (PFC), dan pakan apung komersial (PAK)

Menit ke-	Daya apung (%)			
	PTK	PFI	PFC	PAK
1	0	100	100	100
5	0	100	100	100
15	0	100	100	100
30	0	100	100	100
45	0	100	100	100
60	0	100	100	100
75	0	100	100	100
90	0	100	100	100
105	0	100	100	100
120	0	97	100	100
345	0	100	100	100

kapang *Rhizopus* sp. yang dimensinya diperkecil menggunakan metode pengirisan memiliki daya serap air lebih tinggi dibandingkan dengan pakan apung komersial. Pakan fermentasi yang dihasilkan peneliti tersebut juga memiliki profil stabilitas dalam air yang sama dengan pakan apung komersial yang digunakannya.

Kemampuan menyerap air pakan fermentasi yang dicetak maupun diiris ini lebih baik dibandingkan dengan hasil yang didapat oleh Leiskayanti et al. (2017) dan Sriherwanto et al. (2017). Keduanya menggunakan cara yang sama dalam memperkecil dimensi pakan ikan yang difermentasi *Rhizopus* sp., yakni dengan *crushing* atau tumbukan menggunakan alu dalam mortar, yang diikuti oleh pengayakan bertingkat untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Diduga, proses *crushing* ini merusak struktur pakan fermentasi yang mereka hasilkan, dan memunculkan porositas air yang lebih tinggi yang menjadikannya mudah dimasuki air. Dengan demikian, volume air yang diserap lebih besar, sehingga pakan pun mudah tenggelam.

### Daya apung

Daya apung adalah besaran untuk menunjukkan kemampuan suatu benda mengapung dan tidak tenggelam saat berada di dalam air. Fermentasi pakan tenggelam komersial (PTK) menghasilkan pakan fermentasi PFC dan PFI yang mampu mengapung selama 120 menit, atau sebaik pakan apung komersial (PAK) (Tabel 3). Ini

menunjukkan bahwa fermentasi padat menggunakan kapang *Rhizopus* sp. mampu menurunkan massa jenis pakan yang awalnya lebih besar dari massa jenis air ( $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) menjadi lebih kecil, sehingga mengapung.

Penurunan massa jenis pakan ikan setelah difermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* sp. ini juga dialami oleh Leiskayanti et al. (2017) dan Sriherwanto et al. (2017). Penurunan massa jenis ini kemungkinan dikarenakan keberadaan rongga-rongga udara mikro yang terbentuk akibat pembentukan miselia kapang *Rhizopus* sp. yang memenuhi ruang antar butiran substrat. Dengan demikian, gabungan antara pakan ikan, miselia, dan rongga udara mikro ini memiliki massa jenis total kurang dari  $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , sehingga mengapung.

Kemampuan mengapung PFI dan PFC ini lebih baik daripada yang disyaratkan Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu minimal 15 menit untuk pakan lele dumbo (BSN 2006). Daya apung PFI dan PFC dalam kondisi air bergelombang ini juga lebih baik dibandingkan yang dicapai oleh Sriherwanto et al. (2017) maupun Leiskayanti et al. (2017), dimana pakan fermentasi buatan keduanya nyaris tenggelam semua di menit ke-60. Ini menunjukkan bahwa prosedur pengecilan dimensi pakan menggunakan cetakan dan pengirisan yang digunakan dalam penelitian ini memunculkan daya apung yang lebih baik dibandingkan dengan metode penumbukan (*crushing*) dan pengayakan bertingkat (*multi-level sieving*) yang digunakan oleh peneliti sebelumnya itu (Leiskayanti et al. 2017; Sriherwanto et al. 2017).

Setelah menit ke-120, uji apung tetap dilanjutkan hingga menit ke-345. Satu butir PFI yang awalnya tenggelam pada menit ke-120 kembali mengapung pada menit ke-345. Hal ini mungkin dikarenakan massa jenis satu butir pakan tersebut sedikit lebih besar daripada massa jenis air setelah menyerap air selama 120 menit, sehingga tenggelam. Namun, di menit ke-345, sebagian komponen pakan yang sedang diuji tersebut larut dalam air sehingga menjadikan air berubah keruh dengan warna kecoklatan (Gambar 9). Air keruh ini memiliki massa jenis yang lebih tinggi daripada air jernih saat awal uji apung, dan sedikit lebih tinggi daripada pakan yang tenggelam tersebut.



**Gambar 9.** Penampakan air setelah uji daya apung selama 345 menit. Dari kiri ke kanan: pakan tenggelam komersial (PTK), pakan fermentasi cetakan (PFC), pakan fermentasi irisan (PFI), dan pakan apung komersial (PAK)

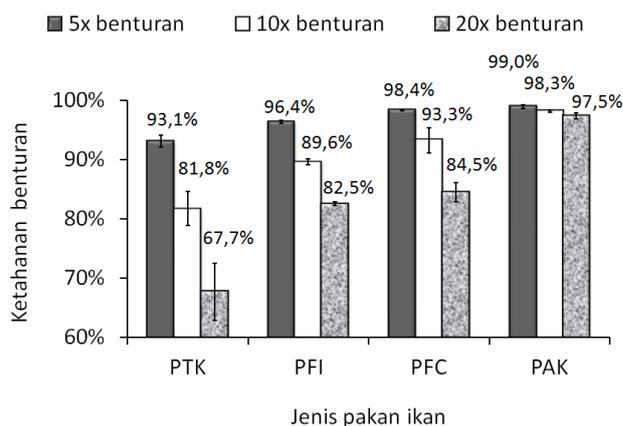
Oleh karenanya, pakan yang tadinya tenggelam, mengapung kembali.

Kualitas air (Gambar 9) yang keruh dan berwarna pasca uji daya apung menunjukkan bahwa terjadi *nutrition leaching* atau pelarutan nutrisi pakan yang berasal dari PTK, PFC, dan PFI ke dalam air. Hal ini tidak terjadi pada PAK, dimana airnya tetap jernih. Ini menunjukkan bahwa fermentasi padat menggunakan *Rhizopus* sp. belum mampu mempertahankan nutrisi mudah larut agar tidak hilang ke dalam air sebagaimana pada PAK. Perlu kajian lebih lanjut tentang strategi meminimalisir pelarutan nutrisi pakan ini.

### Uji ketahanan benturan

Ketahanan benturan diuji dalam rangka mengetahui tingkat ketahanan benturan antar pelet pada saat pengemasan (Akbar et al. 2017). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semua jenis pakan memiliki ketahanan yang baik (>90%) hingga benturan ke-5. Tapi setelah dikenai 10x dan 20x benturan, terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai ketahanan benturan keempat pakan tersebut. PAK memiliki ketahanan benturan tertinggi dengan nilai selalu di atas 97%, sedangkan PTK adalah yang terendah. Hanya 67,7% saja PTK yang tersisa setelah 20x benturan (Gambar 10).

Fermentasi PTK menghasilkan PFI dan PFC yang menunjukkan ketahanan benturan yang lebih baik daripada PTK. Nilai ketahanan benturan PFC sedikit lebih besar dibandingkan PFI. Hal ini mungkin dikarenakan pengirisan yang dilakukan pada PFI berdampak pada melemahnya struktur miselium dalam mengikat butiran-butiran komponen pakan, terutama yang berada



**Gambar 10.** Ketahanan benturan pakan tenggelam komersial (PTK), pakan fermentasi irisan (PFI), pakan fermentasi cetakan (PFC), dan pakan apung komersial (PAK)

pada bagian permukaan sisinya, sehingga mudah hancur saat terkena benturan.

### KESIMPULAN

Pada penelitian ini, pakan apung dibuat melalui fermentasi padat *Rhizopus* sp. pada substrat pakan tenggelam komersial (PTK). Pakan apung hasil fermentasi ini, baik yang dicetak (PFC) maupun yang diiris (PFI), mengalami peningkatan daya apung pada air bergelombang dibandingkan penelitian serupa sebelumnya. Daya apung ini setara dengan yang dimiliki pakan apung komersial (PAK). Hal ini dikarenakan fermentasi padat tersebut mampu menurunkan massa jenis PTK yang awalnya di atas  $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  menjadi di bawahnya, sehingga pakan fermentasi yang dihasilkan dapat mengapung. Tingkat hidrofobisitas permukaan memiliki nilai yang sama untuk keempat jenis pakan tersebut. Selain daya apung, parameter fisik lain berupa stabilitas dalam air, daya serap air, dan ketahanan terhadap benturan pada PFC dan PFI lebih baik nilainya dibandingkan pada PTK. Ini menunjukkan fermentasi padat menggunakan *Rhizopus* sp. juga mampu memperbaiki ketiga sifat fisik pakan ikan tersebut.

### SARAN

Penelitian ini agar dilanjutkan dengan penelitian yang menganalisa pengaruh fermentasi *Rhizopus* sp. pada kandungan nutrisi pakan. Baik pakan tenggelam komersial maupun pakan apung komersial

yang akan digunakan dalam penelitian selanjutnya hendaknya berasal dari perusahaan yang sama. Bahkan jika memungkinkan, komposisi bahan dan nutrisi pakan tenggelam dan apung komersial diupayakan sama, keduanya berbeda pada sifat apung dan tenggelamnya saja. Bentuk dan ukuran pakan fermentasi agar sama dengan bentuk dan ukuran pakan apung dan pakan tenggelam komersial yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar MRL, Suci DM, Wijayanti I (2017) Evaluasi kualitas pellet pakan itik yang disuplementasi tepung daun mengkudu (*Morinda citrifolia*) dan disimpan selama 6 minggu. *Bul Ilmu Makanan Ternak* 104:31-48
- Aslamyah S, Karim MY (2012) Uji organoleptik, fisik dan kimiawi pakan buatan untuk ikan bandeng yang disubstitusi dengan tepung cacing tanah (*Lumbricus* sp). *J Akuakultur Indones* 11:124-131. doi: /10.19027/jai.11.124-131
- BSN (2006) Pakan buatan untuk ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) pada budidaya intensif. Standar Nasional Indonesia, SNI 01-4087-2006:1-12, Badan Standardisasi Nasional
- Chukeatirote E, Eungwanichayapant PD, Kanghae A (2017) Determination of volatile components in fermented soybean prepared by a co-culture of *Bacillus subtilis* and *Rhizopus oligosporus*. *Food Res* 1:225–233
- Craig S, Helfrich LA, Kuhn D, Schwarz MH (2017) Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Publication 420–256. Virginia Cooperative Extension, Yorktown, Virginia:4
- De Cruz CR, Kamarudin MS, Saad CR, Ramezani-Fard E (2015) Effects of extruder die temperature on the physical properties of extruded fish pellets containing taro and broken rice starch. *Anim Feed Sci Tech* 199:137-145. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.11.010
- Erizal E, Lana M, Setyo R, Abbas B (2016) Sintesis dan karakterisasi hidrogel superabsorben berbasis asam akrilat hasil iradiasi gamma. *J Ilm Apl Isot dan Radiasi* 11:27-38. doi: 10.17146/jair.2015.11.1.2697
- Goldsmith GR, Bentley LP, Shenkin A, Salinas N, Blonder B, Martin RE, Castro-Crossco R, Chambi-Porroa P, Diaz S, Enquist BJ, Asner GP, Malhi Y (2017) Variation in leaf wettability traits along a tropical montane elevation gradient. *New Phytologist* 214:989-1001. doi: 10.1111/nph.14121
- Kolesnikov B, Khrapatov N, Shamtsyan M (2016) Obtaining of hydrophobin-type proteins from mycelia biomass of *Aspergillus niger*. *J EcoAgriTourism* 12:44-48
- Law KY (2014) Definitions for hydrophilicity, hydrophobicity, and superhydrophobicity: getting the basics right. *J Phys Chem Lett* 5:686-688. doi: 10.1021/jz402762h
- Leiskayanti Y, Sriherwanto C, Suja'i I (2017) Fermentasi menggunakan ragi tempe sebagai cara biologis pengapungan pakan ikan. *J Bioteknol Biosains Indones* 4:54-63. doi: 10.29122/jbbi.v4i2.2503
- Lindasari A (2017) Pembuatan pakan terapung terfermentasi *Saccharomyces cerevisiae* melalui proses non-ekstrusi. Skripsi, Bogor Agricultural University
- Linder MB, Szilvay GR, Nakari-Setälä T, Penttilä ME (2005) Hydrophobins: the protein-amphiphiles of filamentous fungi. *FEMS Microbiol Rev* 29:877-896. doi: 10.1016/j.femsre.2005.01.004
- Misra CK, Sahu NP, Jain KK (2002) Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, water absorption and physical response of *Macrobrachium rosenbergii*. *Asian Australas J Anim Sci* 15:1354-1358. doi: 10.5713/ajas.2002.1354
- Moscatiello R, Sello S, Ruocco M, Barbulova A, Cortese E, Nigris S, Baldan B, Chiurazzi M, Mariani P, Lorito M, Navazio L (2018) The Hydrophobin HYTLO1 secreted by the biocontrol fungus *Trichoderma longibrachiatum* triggers a NAADP-mediated calcium signalling pathway in *Lotus japonicus*. *Int J Mol Sci* 19:2596. doi: 10.3390/ijms19092596
- Nurlaila (2016) Hasil uji pakan ikan PT. Balqis Sejahtera. Laboratorium Penguji, Balai Bioteknologi, BPPT.

- Sertifikat hasil uji no. 142-SHU-07-2016, 13 Juli 2016
- Paramadini SA (2017) Analisa Kimia Proksimat Pakan Ikan Apung Hasil Fermentasi Menggunakan Kapang *Rhizopus oryzae*. Laporan Magang di Balai Bioteknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Tangerang Selatan. Departemen Kimia-Program Sarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia
- Prima CP (2016) Bidang usaha: Hi-Pro-Vite 781 pakan ikan lele, kandungan, tipe, kemasan, komposisi produk. <https://www.cpp.co.id/id/our-business/feed-business/fish/hi-pro-vite-781-pakan-ikan-lele>. Diakses pada 24 Oktober 2018, pukul 15.47 WIB
- Saputra RA (2016) Uji kualitas fisik pakan terapung terfermentasi *Saccharomyces cerevisiae* melalui proses non-ekstrusi dan deep frying. Skripsi, Bogor Agricultural University
- Sriherwanto C, Suja'i I, Soraya S (2017) Pemanfaatan kapang *Rhizopus* sp. sebagai agen hayati pengapung pakan ikan. *J Mikol Indones* 1:70-81
- Valsecchi I, Dupres V, Stephen-Victor E, Guijarro JI, Gibbons J, Beau R, Bayry J, Coppee JY, Lafont F, Latgé JP, Beauvais A (2018) Role of Hydrophobins in *Aspergillus fumigatus*. *J Fungi* 4:2. doi: 10.3390/jof4010002
- Windarti, Sumiarsih E (2012) Pemanfaatan ikan untuk mengurangi penumpukan materi organik di bawah karamba, penelitian skala laboratorium. *J Perikanan Kelautan* 14:160-173
- Zaman AB, Sriherwanto C, Yunita E, Suja'i I (2018) Karakteristik fisik pakan ikan apung non-ekstrusi yang dibuat melalui fermentasi *Rhizopus oryzae*. *J Bioteknol Biosains Indones* 5:29-37. doi: 10.29122/jbbi.v5i1.2793