



## **FERMENTASI MENGGUNAKAN RAGI TEMPE SEBAGAI CARA BIOLOGIS PENGAPUNGAN PAKAN IKAN**

### **Fermentation Using Tempe Starter as A Biological Method for Providing Buoyancy to Fish Feed**

**Yesi Leiskayanti<sup>1</sup>, Catur Sriherwanto<sup>2,\*</sup>, Imam Suja'i<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Teknologi Sumbawa, Jln. Raya Olat Maras, Moyo Hulu, Sumbawa, Nusa Tenggara Barat 84371

<sup>2</sup>Balai Bioteknologi, BPPT, Gedung 630 Kawasan PUSPIITEK, Tangerang Selatan, Banten 15314

\*E-mail: [catur.sriherwanto@bppt.go.id](mailto:catur.sriherwanto@bppt.go.id)

#### **ABSTRACT**

*Rhizopus sp. is known as the fungus in the making of the soybean tempeh, Rhizopus sp. fermentation brought about chemical as well as physical changes on the substrate including the buoyancy and water stability. These features may be used to biologically prepare floating aquafeed. In this study, tempeh starter was used as the biological agent in the fermentation of commercial sinking fish feed in which fermentation period was varied at 0, 22, 24, 26, 28, 30, 32, and 34 hours. The resulting fermented feeds were oven-dried and their physical qualities were measured and compared to the commercial floating fish feed (positive control). Results showed that the fermented feed gained better water stability, absorption capacity, and floatability compared to those of the commercial sinking feed. These values were however still lower than those of the commercial floating feeds. Thus, fermentation process using tempeh mould has potential to be further improved as a biological method of producing floating fish feed.*

**Keywords:** *fermentation, floatability, Rhizopus sp., water absorption, water stability*

#### **ABSTRAK**

*Rhizopus sp. dikenal sebagai jamur yang digunakan dalam pembuatan tempe kedelai. Fermentasi Rhizopus sp. menyebabkan perubahan kimia dan fisika pada substrat, termasuk daya apung dan stabilitas dalam air. Sifat ini bisa dimanfaatkan untuk membuat pakan ikan apung secara biologis. Dalam penelitian ini, ragi tempe digunakan sebagai agen hayati dalam fermentasi pakan ikan tenggelam komersial dimana periode fermentasi divariasikan selama 0, 22, 24, 26, 28, 30, 32, dan 34 jam. Pakan fermentasi yang dihasilkan dikeringkan dengan oven, selanjutnya kualitas fisiknya diukur dan dibandingkan dengan pakan ikan apung komersial (kontrol positif). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pakan fermentasi memiliki stabilitas dalam air, daya serap air, dan daya apung yang lebih baik dibandingkan dengan pakan tenggelam komersial. Namun nilai ini masih lebih rendah dibandingkan pakan apung komersial. Oleh karenanya, proses fermentasi menggunakan ragi tempe memiliki potensi untuk diperbaiki lebih lanjut sebagai metode biologis pembuatan pakan ikan apung.*

**Kata Kunci:** *daya apung, daya serap air, fermentasi, Rhizopus sp., stabilitas dalam air*

## PENDAHULUAN

Sebagai kapang filamen dari kelas Zygomycetes, *Rhizopus* sp. dikenal sebagai jamur yang penting dalam pembuatan makanan maupun pakan. Sebagai agen fermentasi, *Rhizopus* sp. sebagai komponen utama ragi tempe, sudah sangat dikenal dalam pembuatan makanan fermentasi asli Indonesia, yakni tempe kedelai. Pemanfaatan *Rhizopus* sp. juga telah meluas hingga mencakup bahan baku non-kedelai dan dilakukan di berbagai negara seperti kacang polong liar in India (Niveditha and Sridhar 2014), jewawut di Swedia (Feng et al. 2007), soba di Polandia (Wronkowska et al. 2015), jelai di India (Sandhu and Punia 2017), kacang rumput di Polandia (Starzyńska-Janiszewska et al. 2015), sereal di Swedia (Eklund-Jonsson et al. 2006), dan kacang lupin di Indonesia (Priatni et al. 2013). Selain makanan untuk manusia, *Rhizopus* sp. juga dikembangkan sebagai makanan hewan atau pakan, baik sebagai agen fermentasi untuk memperbaiki kualitas nutrisi bahan pakan (Umam et al. 2015; Kurniati et al. 2017; Valdez-González et al. 2017), maupun sebagai biomassa atau komponen bahan pakan kaya nutrisi, khususnya protein (Ferreira et al. 2013; Abro et al. 2014a; Abro et al. 2014b; Langeland et al. 2016; Satari et al. 2016; Vidakovic et al. 2016; FazeliNejad et al. 2016; Souza Filho et al. 2017).

Selain perubahan secara biokimiawi, pengaruh perubahan fisik substrat akibat fermentasi *Rhizopus* sp. telah diteliti pula. Handoyo dan Morita (2006) meneliti struktur tempe kedelai hasil fermentasi menggunakan *Rhizopus oligosporus*, dimana terjadi disorganisasi organel sel-sel kedelai selama fermentasi berlangsung sedemikian hingga dinding sel, sitoplasma, dan vakuola sulit dibedakan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa struktur tempe yang difermentasi selama 48 jam memiliki modulus elastisitas ( $1,02 \times 10^9$  Pa), dan titik luluh ( $8,17 \times 10^6$  Pa) yang nilainya lebih tinggi daripada tempe yang difermentasi selama 48 dan 72 jam. Varzakas (1998) mengukur tingkat penetrasi hifa *Rhizopus oligosporus* ke dalam substrat butiran utuh kedelai dan substrat tepung bungkil kedelai pasca fermentasi selama 40 jam. Pengamatan yang dilakukan secara

histologis tersebut menunjukkan bahwa benang-benang hifa menembus kedua jenis substrat tersebut masing-masing hingga kedalaman 2 mm dan 5–7 mm. Kekuatan benang-benang hifa *Rhizopus* dalam mengikat keping biji kedelai meningkat hingga setelah sekitar 30 jam diinkubasi, dan melemah seiring tempe tersebut semakin matang dan mengalami penuaan (Ariffin et al. 1994). Menggunakan strain *Rhizopus* dan perlakuan kedelai yang berbeda prafermentasi untuk mengembangkan metode pengukuran tingkat pelunakan kedelai selama fermentasi tempe, Manurukchinakorn dan Fujio (1997) mengemukakan persamaan  $F = C(\Delta\varepsilon)^n$  berdasarkan kurva gaya-deformasi kedelai yang difermentasi *Rhizopus*. Nilai  $n$ , yakni pangkat dari persamaan tersebut, merupakan estimasi tingkat pelunakan (maserasi) kedelai fermentasi, yang bergantung pada strain *Rhizopus* yang digunakan. Hasil penelitian tersebut, yang melibatkan fermentasi selama 60 jam pada suhu 30°C, menunjukkan bahwa nilai  $n$  kurang dari 1,5 dianggap sebagai derajat pelunakan yang sangat tinggi oleh aktifitas *Rhizopus*. Olanipekun et al. (2009) meneliti perubahan fisik pada ekstrak pati tepung kedelai akibat fermentasi butiran kedelai oleh *Rhizopus oligosporus* antara jam ke-0 hingga ke-72. Hasilnya adalah, antara lain, terjadinya peningkatan kemampuan mengembang, kelarutan, daya serap, dan daya ikat air seiring dengan semakin bertambah lamanya waktu fermentasi. Namun, trend sebaliknya terjadi pada karakteristik pasta, dimana durasi fermentasi berpengaruh negatif terhadap nilai viskositas.

Fermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* sp. memunculkan kemampuan mengapung pada permukaan air (Umam et al. 2015; Pradana et al. 2017). Karakteristik ini dapat diterapkan, antara lain, dalam pengapungan pakan ikan. Pakan ikan yang mengapung memudahkan pemberian pakan sesuai kebutuhan. Pakan yang tersisa dalam kolam karena tidak habis dimakan ikan akan mengalami penguraian oleh bakteri heterotrofik yang mengonsumsi oksigen dalam air. Proses ini juga menaikkan konsentrasi amonia dan nitrit pada taraf yang dapat bersifat toksik terhadap ikan dalam waktu cepat (Somerville et al. 2014).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi menggunakan *Rhizopus* sp. terhadap sejumlah sifat fisik pakan ikan hasil fermentasi. Sifat fisik yang diukur meliputi daya apung, daya serap air, stabilitas dalam air, kehilangan berat kering, dan massa jenis, yang merupakan karakteristik yang biasa diuji dalam pembuatan pakan ikan apung. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi alternatif pengapungan pakan ikan melalui fermentasi menggunakan agen pengapung hayati (*bio-floating agent*) kapang *Rhizopus* yang jauh lebih murah dan mudah diterapkan dibandingkan mesin ekstruder yang mahal harganya, membutuhkan dana operasional yang tidak sedikit, serta ketrampilan khusus dalam menjalankan produksinya (FAO 2017).

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pakan, Balai Bioteknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Banten. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan 3 jenis sampel pakan ikan yang berbeda: 1). pakan tenggelam komersial (tanpa fermentasi, kontrol negatif), 2). pakan tenggelam komersial yang telah difermentasi (pakan fermentasi), dan 3). pakan apung komersial (kontrol positif). Khusus untuk sampel pakan yang difermentasi, terdapat 8 perlakuan lama fermentasi yang berbeda. Ketiga jenis sampel tersebut diuji beberapa kualitas fisiknya untuk kemudian dibandingkan. Setiap perlakuan fermentasi dan pengujian dilakukan 3 sebanyak kali (triplo).

### Fermentasi pakan

Proses fermentasi dilakukan tanpa sterilisasi bahan dan alat, serta prosedur fermentasi yang tidak steril. Sebanyak 100 g substrat pakan tenggelam komersial (Buana Mas™, PT. Balqis Sejahtera, Bandung Barat) dengan kandungan nutrisi yang telah dianalisa sebelumnya (Tabel 1) ditambahkan air kran 100 mL, dibiarkan selama 60 menit sampai seluruh air diserap oleh substrat. Dalam keadaan basah, substrat dicampur 2 g inokulum ragi tempe ( $6,17 \times 10^6$  cfu koloni kapang *Rhizopus* sp./g) yang dibeli dari pengrajin tempe di kelurahan Serpong, kecamatan Serpong, kota Tangerang Selatan, Banten. Campuran diaduk rata, lalu dimasukkan ke dalam cawan petri (diameter 9 cm, Anumbra), dan diinkubasi pada suhu ruang ( $29 \pm 1^\circ\text{C}$ ) selama periode yang berbeda, yakni 0, 22, 24, 26, 28, 30, 32, dan 34 jam. Pakan fermentasi yang diperoleh kemudian dikeringkan di dalam oven (Mommert, 100-800) pada suhu  $50^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Pakan fermentasi sudah kering lalu dihancurkan dengan alu dan mortar, kemudian butiran-butirannya yang berukuran tidak seragam disortir menggunakan dua buah saringan bertingkat yang lubangnya berdiameter masing-masing 7 dan 6 mm untuk mendapatkan ukuran pelet antara 6 dan 7 mm. Pakan fermentasi ini, beserta pakan tenggelam komersial dan pakan apung komersial (merk Global Neo™, PT. Luxindo Internusa, Bekasi) (Tabel 1) lalu diuji karakteristik fisiknya yang mencakup: kehilangan berat kering selama fermentasi (*dry matter loss*), daya apung (*floatability* atau *buoyancy*), daya serap air (*water absorption*), dan stabilitas atau keutuhan (kekompakan) dalam air (*water stability*).

**Tabel 1** Komposisi nutrisi pakan tenggelam dan pakan apung komersial

No	Nutrisi	Pakan tenggelam komersial merek Buana Mas™ (Nurlaila 2016)	Pakan apung komersial merek Global Neo™
1	Air	8,18%	maks. 12%
2	Abu	28,01%	maks. 13%
3	Serat kasar	0,76%	maks. 8%
4	Lemak	6,62%	min. 5%
5	Protein	29,75%	min. 14-16%
6	Karbohidrat	34,85%	tidak tercantum

### Kehilangan bobot kering

Kehilangan bobot kering ditentukan melalui metode penimbangan, dimana berat kering hasil fermentasi selama 22-34 jam dibagi dengan berat kering substrat sebelum fermentasi (jam ke-0):

$$\text{kehilangan bobot kering (\%)} = \frac{\text{berat kering hasil fermentasi (g)}}{\text{berat kering sebelum fermentasi (g)}} \times 100\%$$

### Daya serap air

Sebanyak 1-1,5 g pelet (=berat awal) ditimbang (neraca analitik Ohaus, Pioneer, PA214, USA), diletakkan ke dalam saringan plastik teh berukuran  $\pm 200$  mesh (Erizal et al. 2016), lalu direndam dalam 400 mL air dalam gelas beaker 500 mL (Pyrex, Iwaki TE-32, Jepang) yang diberi gelembung udara sebanyak maksimum 3,5L/menit menggunakan aerator akuarium (Luckiness, L828, Cina). Pada menit ke-1, 3, 5, 10, 20 dan 40 sampel diangkat dan ditiriskan, lalu berat pasca perendaman ini (=berat akhir) ditimbang dalam keadaan basah. Daya serap atau absorpsi air dihitung dengan menggunakan rumus (Misra et al. 2002):

$$\text{absorpsi air (\%)} = \frac{\text{berat akhir (g)} - \text{berat awal (g)}}{\text{berat awal (g)}} \times 100\%$$

### Daya apung

Daya apung pakan diuji dengan dua cara yaitu dengan dan tanpa gelembung udara atau aerasi menggunakan aerator akuarium, masing-masing untuk mengetahui kemampuan mengapungnya pada kondisi air tenang dan kondisi air bergelombang atau beriak. Daya apung pada air bergelembung udara dilakukan dengan menjatuhkan 20 butir pakan ke dalam gelas beaker 500 mL yang berisi air 400 mL. Sampel yang masih mengapung dicatat pada menit ke-0, 1, 3, 5, 10, 20, 30, dan 40. Metode yang sama digunakan untuk menghitung daya apung tanpa aerasi, perbedaannya terletak pada jumlah pakan yang digunakan, yakni 10 butir, dan pencatatan sampel yang masih mengapung dilakukan pada menit ke-0, 5, 15, 30, 45, 60, dan 240. Rumus berikut ini digunakan untuk mendapatkan nilai daya apung masing-masing pakan ikan:

$$\text{daya apung (\%)} =$$

$$\frac{\text{jumlah pelet yang masih mengapung}}{\text{jumlah awal pelet}} \times 100\%$$

### Stabilitas dalam air

Pengukuran stabilitas (kekompakan) dalam air mengikuti metode Misra et al. (2002) yang telah dimodifikasi. Sebanyak 1-1,5 g sampel ditempatkan ke dalam saringan plastik teh, direndam dalam 500 mL air yang diwadahi gelas beaker, dan diberi gelembung udara melalui aerator selama 40 menit. Sisa sampel pakan yang tidak hancur dan basah karena menyerap air lalu ditiriskan, dikeringkan 19 jam di dalam oven bersuhu 50°C. Stabilitas dalam air dihitung sebagaimana berikut:

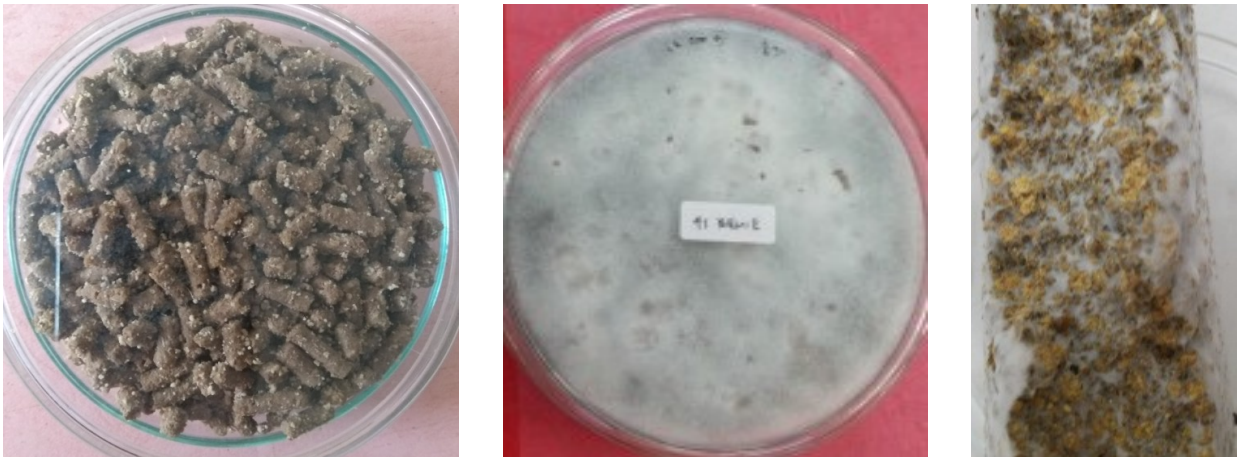
$$\text{stabilitas dalam air (\%)} = \frac{\text{berat kering pasca perendaman (g)}}{\text{berat kering pra perendaman (g)}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pakan apung fermentasi

Substrat berupa pakan tenggelam komersial, yang mulanya berbentuk butiran-butiran terpisah berwarna coklat, pasca 22-34 jam fermentasi menggunakan ragi tempe berubah menjadi padat kenyal persis seperti tempe kedelai. Tidak terlihat lagi granul pelet yang terpisah satu sama lain. Permukaan substrat diliputi miselia berwarna putih kapas diselingi warna keabu-abuan yang merupakan penampakan khas sporangia kapang *Rhizopus* sp. Rongga di sela-sela granul pun terisi penuh oleh miselia padat yang menyatukan butiran-butiran pelet pakan ikan (Gambar 1). Selama fermentasi, terlihat adanya kondensasi air pada permukaan bagian dalam tutup cawan petri. Hal ini disebabkan oleh uap air yang dihasilkan sebagai produk metabolisme kapang.

Setelah produk hasil fermentasi mengalami pengeringan, penumbukan, dan penyaringan, maka didapatkan butiran-butiran pakan apung fermentasi dengan bentuk kurang seragam dibandingkan dengan pakan tenggelam dan pakan apung komersial (Gambar 2). Namun demikian pakan apung fermentasi ini telah memiliki daya apung yang baik pada permukaan air. Seperti diketahui, substrat pakan awalnya, yakni pakan komersial tenggelam tidak mengapung (Gambar 3).



**Gambar 1.** Substrat pakan tenggelam komersial basah pasca perendaman dengan air sebelum (kiri) dan sesudah fermentasi oleh *Rhizopus sp.* (tengah), dan penampang iris melintangnya pasca fermentasi (kanan)

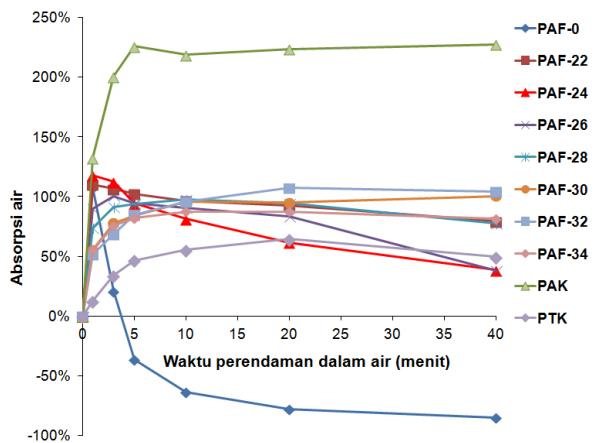


**Gambar 2.** Penampakan fisik pakan tenggelam komersial (kiri), pakan apung fermentasi (tengah), dan pakan apung komersial (kanan) dalam kemasan plastik



**Gambar 3.** Karakteristik daya apung dalam air dari pakan tenggelam komersial (kiri), pakan apung fermentasi (tengah), dan pakan apung komersial (kanan)





**Gambar 4.** Absorpsi air pakan tenggelam komersial (PTK), pakan apung komersial (PAK), dan pakan apung hasil fermentasi selama 0 jam (PAF-0), 22 jam (PAF-22), 24 jam (PAF-24), 26 jam (PAF-26), 28 jam (PAF-28), 30 jam (PAF-30), 32 jam (PAF-32), dan 34 jam (PAF-34)

Kemampuan mengapung pasca fermentasi menggunakan *Rhizopus* sp. ini juga sudah dilaporkan dalam penelitian sebelumnya (Umam et al. 2015; Pradana et al. 2017). Namun kedua penelitian tersebut tidak memberikan informasi lebih rinci tentang parameter fisiknya seperti daya apung, daya serap air, dan stabilitas dalam air.

### Kehilangan berat kering

Selama fermentasi, kapang *Rhizopus* sp. memetabolisme substrat pakan ikan tenggelam, dan sebagian substrat ini mengalami proses biokimiawi menjadi produk mudah menguap. Oleh karenanya, terjadi kehilangan massa akibat proses fermentasi ini. Fermentasi selama 22-34 jam menjadikan substrat kehilangan 10,0-14,1% berat keringnya (Tabel 2). Jumlah ini setara dengan kehilangan berat 12% pasca fermentasi *Rhizopus oligosporus* pada substrat kacang arab (Paredes-López et al. 1991). Aneka senyawa mudah menguap (*volatile compounds*) yang dihasilkan melalui fermentasi *Rhizopus* telah dilaporkan sebelumnya, dan senyawa ini meliputi asam, ester, alkohol, aldehida, keton, furan, senyawa aromatik, pirazin, senyawa belerang (Chukeatirote et al. 2017), dan karbondioksida (Christen et al. 2000).

### Daya serap air

Secara umum, daya serap air dari semua perlakuan, yakni pakan tenggelam komersial, pakan apung fermentasi, dan

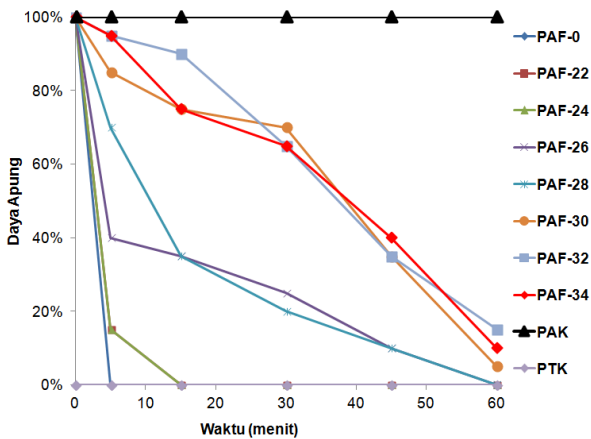
**Table 1.** Hasil uji stabilitas dalam air dan kehilangan berat kering

Sampel uji	Stabilitas dalam air (%)	Kehilangan berat kering (%)
PAF-0	6,67 ± 1,35 <sup>a</sup>	6,2
PAF-22	69,21 ± 3,14 <sup>b</sup>	10,0
PAF-24	49,51 ± 8,24 <sup>c</sup>	12,1
PAF-26	69,06 ± 2,00 <sup>b</sup>	12,4
PAF-28	64,38 ± 5,92 <sup>bcd</sup>	14,1
PAF-30	80,78 ± 1,10 <sup>be</sup>	13,1
PAF-32	79,90 ± 0,14 <sup>b</sup>	12,5
PAF-34	72,38 ± 1,35 <sup>b</sup>	13,1
PAK	85,11 ± 1,84 <sup>e</sup>	-
PTK	66,81 ± 5,75 <sup>b</sup>	-

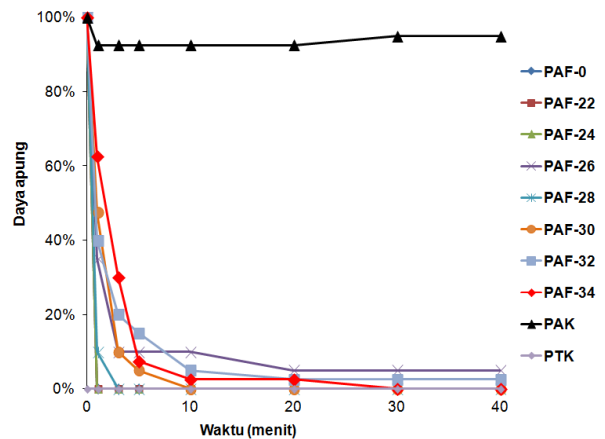
\*Nilai dengan abjad yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan pasca uji *Tukey's post hoc* (p>0,05)

pakan apung komersial, meningkat drastis hingga 5 menit pertama (Gambar 4). Setelah itu, kurva garis cenderung stabil atau menurun perlahan dari menit ke-10 hingga ke-40. Dilihat dari kurva untuk 20 menit pertama pengujian absorpsi air, perlakuan fermentasi (PAF-22 hingga PAF-34) menaikkan hingga mendekati dua kali lipat daya serap air yang dimiliki substrat asalnya, yakni pakan tenggelam komersial (PTK). Pakan apung komersial memiliki daya serap air tertinggi, yakni hingga sekitar 220% dari bobot awalnya. Ini menunjukkan bahwa pakan apung komersial tersebut mengandung komponen berdaya serap air tinggi. Diantara komponen pakan ikan yang biasa digunakan sebagai zat pengikat dan memiliki daya absorpsi air tinggi antara lain adalah agar-agar, pektin, karaginan, dan gelatin (Paolucci et al. 2012).

Hal yang berbeda terlihat pada profil kurva sampel pakan tenggelam komersial yang diberi perlakuan penambahan 50% air namun tidak difermentasi (PAF-0), di mana terjadi penyerapan air hingga menit ke-3 saja, lalu grafik mengalami penurunan tajam hingga menit ke-5. Penurunan lebih landai terus dialami sampel ini hingga menit ke-40. Penurunan absorpsi air ini, hingga mencapai nilai negatif, menunjukkan bahwa setelah menit ke-3, sampel PAF-0 mengalami kehilangan berat, karena sebagian materialnya mengalami kehancuran dan larut atau tersuspensi dalam air. Di sini terlihat bahwa fermentasi 22-34 jam yang



**Gambar 5.** Daya apung dalam air tanpa aerasi dari pakan tenggelam komersial (PTK), pakan apung komersial (PAK), dan pakan apung hasil fermentasi selama 0 jam (PAF-0), 22 jam (PAF-22), 24 jam (PAF-24), 26 jam (PAF-26), 28 jam (PAF-28), 30 jam (PAF-30), 32 jam (PAF-32), dan 34 jam (PAF-34)



**Gambar 6.** Daya apung dalam air dengan aerasi dari pakan tenggelam komersial (PTK), pakan apung komersial (PAK), dan pakan apung hasil fermentasi selama 0 jam (PAF-0), 22 jam (PAF-22), 24 jam (PAF-24), 26 jam (PAF-26), 28 jam (PAF-28), 30 jam (PAF-30), 32 jam (PAF-32), dan 34 jam (PAF-34)

menumbuhkan miselia kapang *Rhizopus sp.* memiliki peran sangat signifikan dalam menyatukan butiran-butiran substrat dengan kuat sehingga memiliki stabilitas yang baik di dalam air.

### Daya apung

Hasil pengujian daya apung dalam kondisi air tenang dan air yang diberi gelembung udara tidak berpengaruh nyata pada pakan apung komersial dengan tingkat pengapungan di atas 94% hingga menit ke-40. Namun pemberian gelembung udara mempercepat proses tenggelamnya pakan apung fermentasi, di mana kurang dari 16% saja yang masih mengapung pada menit ke-5, dan kurang dari 5% pada menit ke-40.

Terdapat variasi daya apung diantara pakan apung fermentasi ketika air tidak diberi aerasi. Perlakuan fermentasi selama 0, 22, dan 24 jam menghasilkan daya apung paling buruk, di mana 100% sampel tenggelam dalam waktu 15 menit. Memanjangkan waktu fermentasi hingga 26 dan 28 jam memperbaiki daya apung hingga 35% pada menit ke-15, dan pada menit ke-60 semua sampel tenggelam. Daya apung terbaik untuk pakan fermentasi dicapai pasca fermentasi selama 30, 32, dan 34 jam, di mana 75-90% pakan masih mengapung pada menit ke-15. Perbedaan ini mungkin dikarenakan fermentasi 30-34 jam memunculkan miselia lebih padat dan kuat dibandingkan fermentasi 0-24 jam. Hal ini diduga karena miselia yang semakin padat

berarti semakin banyak benang-benang hifa yang menjalin dan menyatukan substrat, memperkuat tekstur produk fermentasinya, dan ruang kosong antar-partikel substrat pun semakin padat dipenuhi miselia sehingga memperlambat penyerapan air. Semakin lambat penyerapan air menjadikan pakan fermentasi semakin tidak mudah tenggelam. Namun demikian, penjelasan ini adalah hipotesis yang masih perlu penelitian lanjutan.

Secara umum daya apung pakan fermentasi belum sebaik pakan apung komersial. Ini mungkin dikarenakan rusaknya struktur miselia permukaan butiran pakan fermentasi akibat metode penghancuran yang digunakan dalam memperkecil ukuran pakan fermentasi. Penyebab lain adalah adanya keretakan struktur bagian dalam pakan fermentasi yang diakibatkan tumbukan alu mortar yang digunakan. Oleh karenanya, metode alternatif penyeragaman ukuran pakan fermentasi yang tidak merusak struktur pakan fermentasi perlu dikaji. Selain itu, penelitian lanjutan dengan durasi fermentasi yang lebih lama perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas fisik pakan pasca fermentasi lebih dari 34 jam.

### Stabilitas dalam air

Pakan buatan untuk ikan harus memiliki tingkat kekompakan yang baik saat berada di dalam air. Sebab selain tidak efisien dikonsumsi oleh ikan untuk

pertumbuhannya, pakan yang mudah hancur dalam air mudah mengotori dan mencemari air kolam. Perombakan sisa-sisa pakan tersebut oleh mikroorganisme dalam air membutuhkan oksigen, sehingga mengurangi oksigen terlarut (Sorensen 2015).

Stabilitas dalam air pakan ikan apung komersial lebih tinggi dibandingkan pakan ikan tenggelam komersial (Tabel 1). Nilai ini menurun hingga di bawah 7% saat pakan tenggelam tersebut dibasahi dengan 50% air tanpa fermentasi (PAF-0) sebelum pengujian stabilitas dalam air. Ini menunjukkan bahwa zat pengikat yang digunakan oleh pabrik pada pembuatan pakan tenggelam mudah larut dalam air dan mudah terurai sehingga tidak mampu mengikat butiran-butiran komponen pakan dalam waktu lama di dalam air. Namun setelah fermentasi menggunakan *Rhizopus* sp. selama 22-34 jam, nilai stabilitas ini naik dari 6,67% menjadi 49,51-80,78%. Ini membuktikan bahwa fungsi zat pengikat atau perekat yang dilemahkan pada perlakuan prafermentasi, yakni penambahan air pada substrat pakan tenggelam, mampu digantikan oleh miselia *Rhizopus* sp. Nilai stabilitas ini sudah hampir menyamai pakan apung komersial (85,11%).

## KESIMPULAN

Fermentasi menggunakan ragi tempe menyebabkan substrat kehilangan berat kering sebesar 10,0-14,1%, memiliki daya serap air sekitar dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan substrat pakan tenggelam, dan mengalami kenaikan stabilitas dalam air dari 6,67% menjadi 49,51-80,78%. Fermentasi selama 30, 32, dan 34 jam memunculkan daya apung sebesar 75-90% di menit ke-15. Meskipun sifat apung hasil fermentasi ini belum sebaik pada pakan apung komersial, namun stabilitas pakan fermentasi dalam air sudah mendekati pakan apung komersial.

## DAFTAR PUSTAKA

Abro R, Moazzami AA, Lindberg JE, Lundh T (2014a) Metabolic insights in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed with zygomycetes and fish meal diets as assessed in liver using nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. *Int Aquat Res* 6:63

Abro R, Sundell K, Sandblom E, Sundh H, Brännäs E, Kiessling A, Lindberg JE, Lundh T (2014b) Evaluation of chitinolytic activities and membrane integrity in gut tissues of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed fish meal and zygomycete biomass. *Comp Biochem Physiol Part B Biochem Mol Biol* 175:1–8.

doi:10.1016/j.cbpb.2014.06.003

Ariffin R, Apostolopoulos C, Graffham A, MacDougall D, Owens JD (1994) Assessment of hyphal binding in tempe. *Lett Appl Microbiol* 18:32-34

Christen P, Bramorski A, Revah S, Soccol CR (2000) Characterization of volatile compounds produced by *Rhizopus* strains grown on agro-industrial solid wastes. *Bioresour Technol* 71:211–215. doi:10.1016/S0960-8524(99)00084-X

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

Eklund-Jonsson C, Sandberg AS, Alminger ML (2006) Reduction of phytate content while preserving minerals during whole grain cereal tempe fermentation. *J Cereal Scie* 44:154-160

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

FAO (2017) Table 9. Type of formulated feed used for tilapia culture with advantage and disadvantage and the type of processing. In: *Aquac. Feed Fertil. Resour. Inf. Syst.* [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/affris/img/Niletilapia\\_table/Nile\\_tilapia\\_table\\_9\\_01.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/img/Niletilapia_table/Nile_tilapia_table_9_01.pdf). Accessed 1 Jan 2017

FazeliNejad S, Ferreira JA, Brandberg T, Lennartsson PR, Taherzadeh MJ (2016) Fungal protein and ethanol from lignocelluloses using *Rhizopus* pellets under simultaneous saccharification, filtration and fermentation (SSFF). *Biofuel Res J* 3:372–378. doi: 10.18331/BRJ2016.3.1.7

Feng XM, Passoth V, Eklund-Jonsson C,



- Alminger ML, Schnürer J (2007) *Rhizopus oligosporus* and yeast co-cultivation during barley tempeh fermentation—nutritional impact and real-time PCR quantification of fungal growth dynamics. *Food Microbiol* 24:393-402
- Ferreira JA, Lennartsson PR, Edebo L, Taherzadeh MJ (2013) Zygomyces-based biorefinery: Present status and future prospects. *Bioresour Technol* 135: 523–532. doi: 10.1016/j.biortech.2012.09.064
- Handoyo T, Morita N (2006) Structural and functional properties of fermented soybean (Tempeh) by using *Rhizopus oligosporus*. *Int J Food Prop* 9:347–355
- Kurniati T, Nurlaila L, Lim (2017) Effect of inoculum dosage *Aspergillus niger* and *Rhizopus oryzae* mixture with fermentation time of oil seed cake (*Jatropha curcas* L) to the content of protein and crude fiber. *J Phys Conf Ser* 824:12064
- Langeland M, Vidakovic A, Vielma J, Lindberg JE, Kiessling A, Lundh T (2016) Digestibility of microbial and mussel meal for Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). *Aquac Nutr* 22:485–495. doi: 10.1111/anu.12268
- Manurukchinakorn S, Fujio Y (1997) Effect of enzymes on the degree of maceration of soybean fermented by *Rhizopus* strains. *J Fac Agric Kyushu Univ* 41:231-237
- 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
- Niveditha VR, Sridhar KR (2014) Antioxidant activity of raw, cooked and *Rhizopus oligosporus* fermented beans of *Canavalia* of coastal sand dunes of Southwest India. *J Food Sci Technol* 51:3253–3260. doi:10.1007/s13197-012-0830-9
- Nurlaila (2016) Hasil uji pakan ikan PT. Balqis Sejahtera. Laboratorium Pengujian, Balai Bioteknologi, BPPT. Sertifikat hasil uji no. 142-SHU-07-2016, 13 Juli 2016
- Olanipekun BF, Otunola ET, Adelakun OE, Oyelade OJ (2009) Effect of fermentation with *Rhizopus oligosporus* on some physico-chemical properties of starch extracts from soybean flour. *Food Chem Toxicol* 47:1401-1405
- Paolucci M, Fabbrocini A, Volpe MG, Varricchio E, Coccia E (2012) Development of biopolymers as binders for feed for farmed aquatic organisms. In: Muchlisin Z (ed) *Aquaculture*, InTech, Rijeka, Croatia, pp 3-34. <http://cdn.intechweb.org/pdfs/27101.pdf>. Accessed 10 October 2017.
- Paredes-López O, González-Castañeda J, Cárabez-Trejo A (1991) Influence of solid substrate fermentation on the chemical composition of chickpea. *J Ferment Bioeng* 71:58–62. doi: 10.1016/0922-338X(91)90304-Y
- Pradana Y, Sriherwanto C, Yunita E, Suja'i I (2017) Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry fed with coconut testa-cassava bagasse mixed substrate fermented by *Rhizopus oryzae*. *J Bioteknologi Biosains Indones* 4:1–11
- Priatni S, Devi AF, Kardono LBS, Jayasena V (2013) Evaluasi sensorik dan kualitas tempe dari kacang lupin berbagai ukuran partikel. *J Teknol dan Ind Pangan* 24:209
- Sandhu KS, Punia S (2017) Enhancement of bioactive compounds in barley cultivars by solid substrate fermentation. *J Food Meas Charact* 1–7. doi:10.1007/s11694-017-9513-6
- Satari B, Karimi K, Taherzadeh MJ, Zamani A (2016) Co-Production of fungal biomass derived constituents and ethanol from citrus wastes free sugars without auxiliary nutrients in airlift bioreactor. *Int J Mol Sci* 17:302
- Somerville C, Cohen M, Pantanella E, Stankus A, Lovatelli A (2014) Fish in aquaponics. In: *Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming*, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp 103–121
- Sorensen M (2015) Nutritional and Physical Quality of Aqua Feeds. In: 4.

- International Conference “Fishery” Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun, Serbia, May, 27-29. 2009. Belgrade-Zemun, pp 105–110
- Souza Filho PF, Zamani A, Taherzadeh MJ (2017) Production of edible fungi from potato protein liquor (PPL) in Airlift Bioreactor. *Fermentation* 3:1–12. doi:10.3390/fermentation3010012
- Starzyńska-Janiszewska A, Stodolak B, Wikiera A (2015) Proteolysis in tempeh-type products obtained with *Rhizopus* and *Aspergillus* strains from grass pea (*Lathyrus sativus*) seeds. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 14:125–132
- Umam RD, Sriherwanto C, Yunita E, Suja'i I (2015) growth of carp (*Cyprinus carpio* L.) fed with rice bran-coconut bagasse mixed substrate fermented using *Rhizopus oryzae*. *J Bioteknol Biosains Indones* 2:81–87
- Valdez-González F, Gutiérrez-Dorado R, Hernández-Llamas A, García-Ulloa M, Sánchez-Magaña L, Cuevas-Rodríguez B, Rodríguez-González H (2017) Bioprocessing of common beans in diets for tilapia. In vivo digestibility and antinutritional factors. *J Sci Food Agric* 97:4087–4093. doi: 10.1002/jsfa.8275
- Varzakas T (1998) *Rhizopus oligosporus* mycelial penetration and enzyme diffusion in soya bean tempe. *Process Biochem* 33:741-747
- Vidakovic A, Langeland M, Sundh H, Sundell K, Olstorpe M, Vielma J, Kiessling A, Lundh T (2016) Evaluation of growth performance and intestinal barrier function in Arctic Charr (*Salvelinus alpinus*) fed yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), fungi (*Rhizopus oryzae*) and blue mussel (*Mytilus edulis*). *Aquac Nutr* 22:1348–1360. doi: 10.1111/anu.12344
- Wronkowska M, Christa K, Ciska E, Soral-Śmietana M (2015) Chemical characteristics and sensory evaluation of raw and roasted buckwheat groats fermented by *Rhizopus oligosporus*. *J Food Qual* 38:130–138. doi: 10.1111/jfq.12127