

## Mikroenkapsulasi protein sel tunggal dari berbagai jenis mikroalga

### Microencapsulation of single-cell protein from various microalgae species

Purnama Sukardi\*, Tjahjo Winanto, Hartoyo, Taufik Budhi Pramono,  
Eko Setyo Wibowo

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman  
GOR SUSU, Jalan Soerparno, Purwokerto, Jawa Tengah 53122

\*Surel: purnamaskd@gmail.com / purnamas@unsoed.ac.id

#### ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate nutritional values of microencapsulated diet made from single cell protein of microalgae. Complete randomized design was applied using three different types of microalgae for inclusion trials i.e. (A) *Nannochloropsis* sp., (B) *Chlorella* sp., and (C) *Spirulina* sp. with five replications respectively. Microencapsulated diet was produced by a modification method based on thermal cross-linking with stable temperature. Phytoplankton was cultured in sea water for which fertilized by a modification of Walne and Guillard fertilizer. The results showed that the highest value of nutrition content was *Spirulina* sp. and the average composition of protein, crude lipid, carbohydrate, ash, nitrogen free extract, and water content was 34.80%, 0.30%, 18.53%, 20.09%, 26.29%, and 13.32%, respectively. Organoleptically, microcapsule showed that the color of capsule was dark green and smell fresh phytoplankton.

Keywords: microcapsule, single-cell protein, thermal cross-linking, microalgae, phytoplankton

#### ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah mengevaluasi kandungan nutrisi pakan mikrokapsul protein sel tunggal (*single cell protein*) yang berasal dari berbagai jenis mikroalga (fitoplankton). Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap, dengan perlakuan inklusi mikrokapsul dari jenis fitoplankton (A) *Nannochloropsis* sp., (B) *Chlorella* sp., dan (C) *Spirulina* sp., masing-masing diulang lima kali. Pembuatan mikrokapsul dilakukan dengan menggunakan modifikasi metode dasar *thermal cross-linking*, serta menerapkan teknik pengeringan suhu konstan. Proses pembuatan mikrokapsul protein diawali dengan kultur fitoplankton jenis *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., dan *Spirulina* sp. Kultur dilakukan di dalam laboratorium menggunakan media air laut dan modifikasi pupuk Walne dan Guillard. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan nutrisi tertinggi terdapat pada jenis mikrokapsul protein sel tunggal yang berasal dari *Spirulina* sp., dengan rata-rata komposisi kandungan protein 34,80%, lemak 0,30%, karbohidrat 18,53%, abu 20,09%, dan BETN 26,29%. Mikrokapsul berwarna hijau tua dan aroma fitoplankton segar.

Kata kunci: mikrokapsul, protein sel tunggal, *thermal cross-linking*, mikroalga, fitoplankton

#### PENDAHULUAN

Pakan merupakan faktor pembatas bagi ikan-ikan yang dibudidayakan. Saat ini kualitas pakan buatan sangat bervariasi dan umumnya mempunyai kandungan nutrisi yang berbeda. Pakan buatan yang banyak beredar di pasaran umumnya berbentuk pelet, semakin kecil ukuran (mikropelet) maka harganya semakin mahal. Kebutuhan pakan untuk larva ikan laut terus meningkat seiring dengan berkembangnya *hatchery* dan meningkatnya permintaan benih.

Hingga saat ini tingkat kelangsungan hidup larva ikan-ikan laut masih sangat rendah

(10–15%), salah satu penyebabnya adalah ukuran pakan yang tidak sesuai (Murray *et al.*, 2010). Pakan buatan yang baik harus mempunyai ukuran yang lebih kecil dari bukaan mulut ikan, teknologi pembuatan pakan mikropelet di Indonesia sedang berkembang (Sim *et al.*, 2005). Solusinya adalah dengan menyediakan pakan yang berukuran kecil (mikron), tetapi mengandung nutrisi yang lengkap. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka dikembangkan mikroenkapsulasi berbagai jenis bahan alami yang mengandung nutrisi tinggi, misalnya ikan, kepiting, tiram, mikroalga, probiotik, dan lain-lain (Wu & Singh, 2011). Beberapa jenis mikroalga yang umum digunakan

pada *hatchery* ikan, udang dan kekerangan antara lain *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., *Tetraselmis* sp., *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*/*Monochrysis lutheri*, *Chromulina* sp., *Chaetoceros* sp., *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp., *Skeletonema* spp., *Dicrateria* sp., *Nitzschia* sp., dan *Navicula* sp. (Martinez-Fernandez *et al.*, 2006).

Mikroenkapsulasi pakan telah berkembang di bidang akuakultur, tujuannya adalah mencegah vitamin atau nutrisi yang ada di dalam pakan larut ke dalam air, sehingga pakan lebih ekonomis dan tidak mencemari air. Mikroenkapsulasi dapat juga dilakukan pada mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan terhadap penyakit tertentu (John *et al.*, 2011). Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kandungan nutrisi pakan mikrokapsul protein sel tunggal yang berasal dari berbagai jenis mikroalga (fitoplankton).

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan selama empat bulan di Laboratorium Bioteknologi Laut, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Unsoed. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap, dengan perlakuan inklusi mikrokapsul dari jenis fitoplankton (A) *Nannochloropsis* sp., (B) *Chlorella* sp., dan (C) *Spirulina* sp., masing-masing perlakuan diulang lima kali.

Bibit fitoplankton diperoleh dari Balai Besar Budidaya Laut Lampung. Media yang digunakan adalah Walne dan Guillard, dan teknik kultur fitoplankton dilakukan mengikuti petunjuk Vaillancourt *et al.* (2004) dan Azma *et al.* (2011). Perbanyakan fitoplankton skala laboratorium dilakukan hingga mencapai volume 15 L. Selanjutnya, dikembangkan kultur skala semimassal (80–100 L), kultur dilakukan di luar ruangan atau *semi-outdoor*. Pupuk yang digunakan untuk kultur semimassal adalah pupuk pertanian seperti urea, ZA dan TSP dengan perbandingan 3:2:2. Setelah hasil kultur semimassal cukup, kemudian bibit dikembangkan pada skala massal. Pemeliharaan dilakukan di ruangan *semi-outdoor*, dengan menggunakan bak fiber ukuran 1–2 ton yang dilengkapi aerasi. Pupuk yang digunakan sama dengan kultur semimassal, cara kerja kultur mengikuti petunjuk Sukardi dan Winanto (2011).

Kultur skala massal dipanen sekitar lima hingga tujuh hari. Jenis *Spirulina* sp. dapat dipanen menggunakan saringan (*plankton net* 25  $\mu$ m), sedangkan jenis *Nannochloropsis* sp.,

dan *Chlorella* sp. dijemurkan atau dibuat natan. Pengeringan fitoplankton dilakukan dengan oven pada temperatur 80–100 °C. Setelah diperoleh fitoplankton kering, selanjutnya dapat dibuat mikrokapsul.

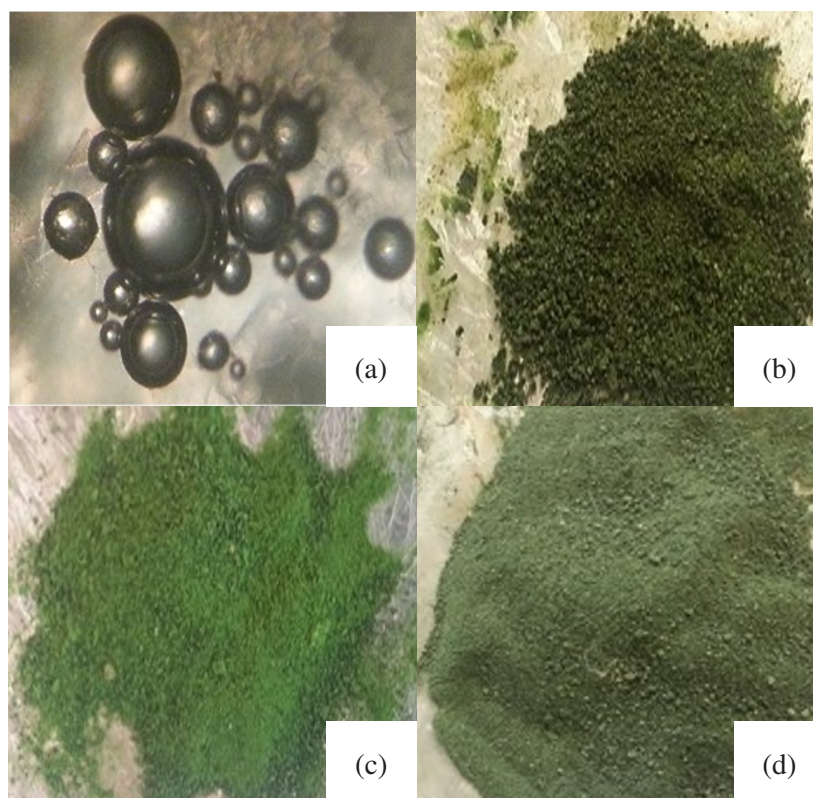
Pakan mikrokapsul dibuat dengan metode *suspension cross-linking* tanpa menggunakan bahan kimia sebagai *stabilizer* maupun bahan *cross-linking agent*, melainkan dengan temperatur tinggi. Temperatur antara 100–120 °C digunakan untuk menstabilkan dan mengeraskan produk mikrokapsul yang ber dinding lipida maupun albumin. Analisis proksimat terhadap mikrokapsul dilakukan di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Unsoed.

Parameter pakan mikrokapsul yang diamati antara lain warna, aroma, kadar air dan kandungan protein, lemak kasar, serat kasar, abu. Data penelitian yang diperoleh selanjutnya ditabulasi dan dianalisis secara diskriptif. Data dianalisis dengan ANOVA untuk mengetahui perbedaan kandungan nutrisi pakan mikrokapsul yang digunakan. Apabila terdapat perbedaan nyata antarperlakuan, maka analisis dilanjutkan dengan uji *Tukey*. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan *software* SPSS versi 16 for Windows

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan terhadap karakteristik morfologi mikrokapsul menunjukkan bahwa warna mikrokapsul dipengaruhi oleh jenis bahan dasarnya atau jenis inklusi. Secara umum ketiga jenis mikrokapsul mempunyai bentuk dan warna yang hampir sama (Gambar 1) yaitu hijau sampai hijau tua, dengan aroma fitoplankton segar dan ukuran 5–88  $\mu$ m (Tabel 1). Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan nutrisi tertinggi terdapat pada jenis mikrokapsul protein sel tunggal *Spirulina* sp., dengan rata-rata komposisi kandungan protein 34,80%, lemak 0,30%, serat kasar 18,53%, abu 20,09%, serta kandungan air 13,32% (Tabel 2). Persentase protein, lemak, dan karbohidrat yang terkandung dalam pakan mikrokapsul pada setiap perlakuan menunjukkan adanya perbedaan yang nyata secara statistik ( $P \leq 0,05$ ).

Pada penelitian ini, secara umum warna mikrokapsul yang dibuat seperti warna matrik yang digunakan yaitu agar-agar berwarna bening. Setelah dicampur dengan inti bahan atau inklusi warna mikrokapsul menjadi berubah dan spesifikasi warnanya dipengaruhi oleh bahan



Gambar 1. (a) *Optical micrograph* dari enkapsulasi protein sel tunggal (perbesaran 400 kali), (b) Mikro kapsul inklusi *Nannochloropsis*, (c) Mikro kapsul inklusi *Chlorella* sp., (d) Mikro kapsul inklusi *Spirulina* sp.

inklusi. Warna mikro kapsul dipengaruhi oleh warna asal bahan dasar yang digunakan (Pahlevi *et al.*, 2008).

Demikian juga dengan aroma, ternyata aroma bahan dasar sama sekali tidak berubah, walaupun sudah dicampur dengan bahan lain dan mengalami perubahan saat pengeringan. Warna pakan biasanya selain menjadi daya tarik ikan, juga menarik minat pembeli. Preferensi larva dan benih ikan kerapu yang dibudidayakan sangat dipengaruhi oleh warna pakan buatan yang diberikan. Warna dasar yang cerah pada tempat pemeliharaan larva dapat meningkatkan konsumsi pakan karena pakan menjadi terlihat lebih jelas oleh larva (Strand *et al.*, 2007).

Ukuran dan bentuk pakan umumnya sama, karena metode yang digunakan sama. Dalam pembuatan pakan buatan, faktor utama yang harus diperhatikan adalah ukuran pakan, ukuran pakan harus sesuai (lebih kecil) dengan bukaan mulut ikan yang dibudidayakan. Preferensi larva terhadap pakan sangat tergantung pada ukuran dan spesies. Masing-masing jenis mempunyai kemampuan yang berbeda dalam memilah dan mengambil makanan yang disukai. Pada prinsipnya, mikroalga yang digunakan sebagai pakan larva tiram atau organisme laut lainnya

sebaiknya mempunyai ukuran yang sesuai dengan bukaan mulut larva, cepat dicerna, mengandung nilai nutrisi tinggi, potensial dikultur skala massal, cepat tumbuh dengan kepadatan tinggi dan tidak menghasilkan substansi racun (Ponis *et al.*, 2006; Das *et al.*, 2012).

Spesies fitoplankton yang digunakan dalam penelitian ini telah diseleksi berdasarkan ukuran yang sesuai dengan bukaan mulut larva (Engrola *et al.*, 2009) dan terutama profil biokimianya (Bishop & Zubeck, 2012; Martinez-Fernandez *et al.*, 2006), serta studi nutrisi pada spesies-spesies yang telah diketahui mempunyai kandungan nilai nutrisi super (Martinez-Fernandez *et al.*, 2006, Bishop & Zubeck, 2012).

Hal lain yang penting diperhatikan jika menggunakan inklusi mikroalga adalah waktu panen. Perkembangan mikroalga, utamanya pada akhir fase pertumbuhan logaritmik biasanya mengandung protein kasar 30–40%, lemak kasar 10–20%, dan serat kasar 5–15%. Ketika pertumbuhan mencapai fase stasioner, komposisi proksimat dari mikroalga dapat berubah secara signifikan bila dipanen antara lima sampai enam hari kultur. Hasil penelitian yang lain menjelaskan bahwa tidak ada korelasi kuat antara komposisi nilai proksimat mikroalga dan gizi. Selain

Tabel 1. Karakteristik morfologi mikrokapsul dengan bahan matrik agar-agar dan inklusi fitoplankton jenis *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., dan *Spirulina* sp.

Jenis bahan	Warna	Bentuk	Aroma	Ukuran
<i>Nannochloropsis</i> sp.	Hijau	Bulat	Fitoplankton segar	5,88
<i>Chlorella</i> sp.	Hijau tua	Bulat	Fitoplankton segar	5,88
<i>Spirulina</i> sp.	Hijau tua	Bulat	Fitoplankton segar	5,88

Tabel 2. Rata-rata kandungan nutrisi pakan mikrokapsul protein sel tunggal dengan inklusi (inti) fitoplankton jenis *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., dan *Spirulina* sp.

Jenis inklusi	Air (%)	Berat kering (%)	Berat kering (%)				
			Protein kasar	Lemak kasar	Serat kasar	Abu	BETN
<i>Nannochloropsis</i> sp.	8,15a	91,85	14,14a	1,32a	10,31a	49,83a	24,09a
<i>Chlorella</i> sp.	11,71b	88,29	10,32b	0,34b	14,33b	55,27b	19,74b
<i>Spirulina</i> sp.	13,32c	86,68	34,8c	0,30c	18,53c	20,09c	26,29c

Keterangan: BETN=bahan ekstrak tanpa nitrogen.

itu mikroalga juga mengandung asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) dalam proporsi yang memadai. PUFA yang berasal dari mikroalga antara lain asam dokosaheksanat (DHA), asam eikosapentanat (EPA) dan asam arakidonat (AA) yang diketahui sangat penting untuk berbagai jenis larva Eustigmatophyta (*Nannochloropsis* spp.) dan diatom memiliki persentase AA tertinggi (0–4%). Chlorophyta (*Dunaliella* spp. dan *Chlorella* spp.) memiliki kandungan C20 dan C22 PUFA sangat rendah, meskipun beberapa spesies memiliki sejumlah kecil EPA (hingga 3,2%).

Bertepatan dengan ukurannya yang kecil, maka setelah dilakukan mikroenkapsulasi pada jenis *Nannochloropsis*, *Chlorella*, dan *Spirulina* menghasilkan mikrokapsul yang berukuran 5–88 µm yang dapat digunakan untuk larva ikan, bivalvia, maupun oyster. Harapannya, jenis pakan mikrokapsul yang dibuat selain dapat menyediakan pakan khusus untuk larva, juga sebagai suplemen nutrisi yang lengkap. Aplikasi penggunaan mikrokapsul dari protein tunggal ini akan diberikan kepada beberapa jenis larva ikan sehingga dapat diketahui untuk larva ikan apa yang paling baik.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan nutrisi tertinggi terdapat pada jenis mikrokapsul protein sel tunggal yang berasal dari *Spirulina* sp., dengan rata-rata komposisi kandungan protein 34,80%, lemak 0,30%, karbohidrat 18,53%, abu 20,09% dan BETN

26,29%. Mikrokapsul berwarna hijau tua, aroma fitoplankton segar dan kadar air 13,37%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azma M, Mohamed MS, Mohamad R, Rahim RA, Ariff AB. 2011. Improvement of medium composition for heterotrophic cultivation of green microalgae *Tetraselmis suecica* using response surface methodology. *Biochemical Engineering Journal* 53: 187–195.
- Bishop WM, Zubeck HM. 2012. Evaluation of microalgae for use as nutraceuticals and nutritional supplements. *Journal of Nutrition and Food Science* 2: 147–152.
- Das P, Mandal SC, Bhagabati SK, Akhtar MS, Singh SK. 2012. Important live food organisms and their role in aquaculture. *In: Sukham M (ed). Frontiers in Aquaculture. New Delhi, India: Narendra Publishing House. Hlm. 69–86.*
- Ding L, Ma Y, Huang B, Chen S. 2013. Effects of seawater salinity and temperature on growth and pigment contents in *Hypnea cervicornis* J. Agardh (Gigartinales, Rhodophyta). *BioMed Research International* 2013: 1–10.
- Engrola S, Figueira L, Conceição LE, Gavaia PJ, Ribeiro L, Dinis MT. 2009. Co-feeding in Senegalese sole larvae with inert diet from mouth opening promotes growth at weaning. *Aquaculture* 288: 264–272.
- Jentoft S, Øxnevad S, Aastveit AH, Andersen Ø. 2006. Effects of tank wall color and up-welling water flow on growth and survival of Eurasian perch larvae *Perca fluviatilis*. *Journal of the*



- World Aquaculture Society 37: 313–317.
- John RP, Tyagi RD, Brar SK, Surampalli RY, Prévost D. 2011. Bio-encapsulation of microbial cells for targeted agricultural delivery. *Critical Reviews in Biotechnology* 31: 211–226.
- Lopez C, Ano, Delaino L, Navarro AS, Martino M. 2012. Encapsulación de compuestos bioactivos con alginatos para la industria de alimentos. *Ciencia Tecnología Alimentaria* 59: 18–27.
- Martinez-Fernandez E, Acosta SH, Rangel-Davalos C. 2004. Ingestion and digestion of ten species of microalgae by wing pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) larvae. *Aquaculture* 230: 417–423.
- Martinez-Fernandez E, Acosta SH, Southgate PC. 2006. The nutritional value of seven species of tropical microalgae for black-lip pearl oyster *Pinctada margaritifera* L. larvae. *Aquaculture* 257: 491–503.
- Murray HM, Lall SP, Rajaselvam R, Boutilier LA, Flight RM, Blanchard B, Colombo S, Mohindra V, Yufera M, Douglas SE. 2010. Effect of early introduction of microencapsulated diet to larval Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. by microarray analysis. *Marine Biotechnology* 12: 214–229.
- Pahlevi YW, Estiasih T, Saparianti E. 2008. Mikroenkapsulasi ekstrak karoten dari spora kapang oncom merah *Neurospora* sp. dengan bahan penyalut berbasis protein menggunakan metode pengeringan semprot. *Jurnal Teknologi Pertanian* 9: 31–39.
- Ponis E, Probert I, Veron B, Le Coz JR, Mathieu M, Robert R. 2006. Nutritional value of six Pavlovaceae for *Crassostrea gigas* and *Pecten maximus* larvae. *Aquaculture* 254: 544–553.
- Sim SY, Rimmer M, Williams K, Toledo JD, Sugama K, Rumengan I, Phillips MJ. 2005. Pedoman Praktis Pemberian dan Pengelolaan Pakan untuk Ikan Kerapu yang di Budidaya. Asia-Pacific Marine Finfish Aquaculture Network 2. Hlm. 18.
- Strand Å, Alanärä A, Staffan F, Magnhagen C. 2007. Effects of tank colour and light intensity on feed intake, growth rate, and energy expenditure of juvenile Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. *Aquaculture* 272: 312–318.
- Sukardi P, Winanto T. 2011. Pakan Alami. Manfaat, Jenis, dan Metode Kultur. Purwokerto: UPT. Percetakan dan Penerbitan Unsoed.
- Vaillancourt RD, Brown CW, Guillard RRL, Balch WM. 2004. Light backscattering properties of marine phytoplankton: relationships to cell size, chemical composition and taxonomy. *Journal of Plankton Research*
- Wu M, Singh AK. 2011. Single-cell protein analysis. *Current Opinion in Biotechnology* 23: 1–6.