

Peningkatan kualitas pakan ikan nila berbahan tepung bungkil biji karet melalui suplementasi asam amino

Quality improvement of rubber seed meal diet for Nile tilapia with amino acid supplementetation

Didi Humaedi Yusuf, Muhammad Agus Suprayudi*, Dedi Jusadi

Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat 16680
Surel: agus.suprayudi1965@gmail.com

ABSTRACT

This experiment was conducted to improve the quality of rubber seed meal fermented using sheep rumen liquor based diet (RSMF) with amino acid supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. This experiment consisted of five treatments with three replications. The treatments were 0% protein from RSMF as control; 50% RSMF; 50% RSMF with lysine; 75% RSMF and 75% RSMF with lysine. Tilapia with an initial body weight of 6.29 ± 0.12 g were reared for 40 days and the fish were fed three times daily at satiation level (8.00 am, 12.00 pm and 16.00 pm). The data were statistically analysed by using one-way analysis of variance (ANOVA) using software SPSS version 16.0 at 95% ($p < 0.05$) confidence interval and Tukey test for the post hoc test. The results showed that the addition of lysine in the 75% RSMF diets could increased final weight, but did not significantly different to protein efficiency ratio (PER), decreased feed conversion ratio (FCR) and biochemical body composition. The data indicated that quality of 75% RSMF could improved after lysine supplementation, but still lower than using 50% RSMF and soybean meal as protein source.

Keywords: amino acid supplementation, *Oreochromis niloticus*, rubber seed meal

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas pakan dengan tepung bungkil biji karet yang difermentasi dengan cairan rumen domba (TBBKF) melalui suplementasi asam amino untuk ikan nila *Oreochromis niloticus*. Penelitian ini terdiri atas lima perlakuan dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas 0% protein dari TBBKF sebagai kontrol; 50% TBBKF; 50% TBBKF + Lisin; 75% TBBKF dan 75% TBBKF + lisin. Ikan nila dengan bobot awal $6,29 \pm 0,12$ g dipelihara selama 40 hari dan pemberian pakan dilakukan tiga kali sehari hingga sekenyangnya (08.00, 12.00 dan 16.00 WIB). Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dengan menggunakan *software* SPSS 16.0 dan diuji lanjut menggunakan uji Tukey. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lisin pada pakan 75% TBBKF meningkatkan bobot tubuh ikan akhir, tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap rasio efisiensi protein (PER), rasio konversi pakan (FCR) dan komposisi biokimia tubuh ikan nila. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas protein 75% TBBKF meningkat setelah suplementasi lisin, tetapi masih lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan 50% TBBKF dan tepung kedelai sebagai sumber protein.

Kata kunci: suplementasi asam amino, *Oreochromis niloticus*, tepung biji karet

PENDAHULUAN

Budidaya ikan air tawar menempatkan biaya pakan sebagai komponen biaya produksi dalam kegiatan budidaya (Hardy, 2010). Biaya pakan tersebut dipengaruhi oleh bahan baku. Bahan baku pakan yang umum digunakan sebagai sumber protein yaitu tepung bungkil kedelai dan tepung ikan yang diimpor dari luar negeri. Ketergantungan terhadap bahan pakan impor

berdampak pada ketersediaan pakan, sehingga perlu adanya inovasi penggunaan bahan baku lokal alternatif yang mampu menggantikan peranan tepung bungkil kedelai sebagai sumber protein nabati utama dalam pakan.

Biji karet merupakan salah satu kandidat bahan baku alternatif yang potensial dalam pembuatan pakan ikan (Suprayudi *et al.*, 2014a). Keberadaan biji karet di Indonesia cukup melimpah dan merupakan biji yang disia-siakan

atau belum dimanfaatkan. Selain itu, biji karet memiliki nutrisi cukup baik yaitu kandungan protein sebesar 21,9%; karbohidrat sebesar 61,5%; lemak 15,8%, dan kadar abu 2,3% (Oyewusi *et al.*, 2007). Biji karet mengandung zat antinutrien yaitu asam sianida (HCN), tetapi HCN ini dapat dihilangkan melalui pengukusan selama 30 menit (Rahmawan & Mansyur, 2008), serta melalui pemanasan (*steam physical activity*) (Sun & Jiang, 2010).

Penggunaan biji karet sebagai bahan baku pakan telah dilaporkan oleh Alim (2013) yang menunjukkan bahwa tepung biji karet yang difermentasi cairan rumen domba mampu menyumbang hingga 50% dari total protein pakan ikan nila *Oreochromis niloticus*. Penggunaan cairan rumen domba digunakan sebagai bahan untuk hidrolisis tepung biji karet dikarenakan memiliki enzim-enzim pendeградasi partikel makanan (Suprayudi *et al.*, 2014b). Kandungan nutrisi biji karet yang difermentasi cairan rumen domba yaitu protein 39,57%; lemak 13,92% dan karbohidrat 40,44%. Enzim-enzim pada cairan rumen dapat menurunkan serat kasar pada biji karet dari 10,16% hingga 7,04% (Alim, 2013). Namun penggunaan biji karet lebih dari 50% pada pakan mengakibatkan penurunan pertumbuhan ikan nila. Hal ini disebabkan oleh kandungan lisin yang rendah, sehingga dilakukan suplementasi lisin untuk meningkatkan kualitas protein tepung biji karet.

Suplementasi asam amino merupakan strategi dalam pemenuhan keseimbangan asam amino pada pakan dan meningkatkan kualitas protein (Furuya & Furuya 2010; Dalibard *et al.* 2014). Suplementasi asam amino dilaporkan pada beberapa penelitian. Palavesam *et al.* (2008), menyatakan bahwa pemberian lisin 0,5% pada pakan berprotein 35% dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan ikan *Etroplus suratensis*. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi peningkatan kualitas pakan dengan tepung bungkil biji karet yang difermentasi dengan cairan rumen domba (TBBKF) melalui suplementasi asam amino untuk ikan nila *O. niloticus*.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan pakan uji

Biji karet yang digunakan berasal dari perkebunan karet rakyat di Padang Sidempuan, Sumatera Utara. Biji karet dikupas atau dipisahkan dengan cangkangnya kemudian dilakukan proses

penepungan menggunakan *discmill*. Selanjutnya biji karet dipress dengan menggunakan alat pengepress hidrolik dengan suhu 80 °C, kemudian dikukus pada suhu 90–105 °C selama 30 menit (Rahmawan & Mansyur, 2008). Tepung biji karet direndam dengan *hexane* dengan perbandingan 3:1 kemudian dikeringanginkan selama 24 jam. Setelah itu tepung biji karet dibilas dengan alkohol 70% dan dikeringkan selama 24 jam. Setelah kering, tepung biji karet difermentasi menggunakan *crude* enzim cairan domba dengan dosis 200 mL/kg bahan (Suprayudi *et al.*, 2011). Tepung biji karet kemudian dianalisis proksimat dan hasil analisis proksimat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tepung biji karet hasil fermentasi cairan rumen domba (TBBKF) ini kemudian digunakan dalam pembuatan pakan ikan dengan persentase sumbangan protein total sebesar 0% (kontrol), 50% dan 75% TBBKF tanpa lisin serta 50% dan 75% TBBKF dengan suplementasi lisin. Formulasi dan hasil proksimat pakan uji disajikan pada Tabel 2.

Pemeliharaan ikan

Ikan nila yang digunakan memiliki bobot rata-rata 6,29±0,12 g yang berasal dari Balai Pengembangan Budidaya Ikan Nila dan Mas (BPBINM) Wanayasa, Jawa Barat. Ikan dipelihara selama 40 hari di Laboratorium Nutrisi Ikan, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Pemeliharaan dilakukan dengan menggunakan 15 akuarium berukuran 100×40×50 cm³ dengan volume air sebanyak 175 L/akuarium dan padat penebaran ikan sebanyak 15 ekor/akuarium. Pemberian pakan dilakukan secara sekenyangnya dengan frekuensi sebanyak tiga kali sehari, yaitu pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00 WIB.

Tabel 1. Komposisi proksimat tepung bungkil biji karet yang difermentasi cairan rumen domba (% bobot kering)

Parameter	Tepung bungkil biji karet fermentasi (TBBKF)
Protein	40,36
Lemak	6,03
Kadar abu	5,86
Serat kasar	8,90
BETN	38,85

BETN = bahan ekstrak tanpa nitrogen

Selama masa pemeliharaan, kualitas air dijaga dalam kisaran yang layak untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila yaitu suhu berkisar 28–31 °C, kandungan oksigen terlarut berkisar 5,8–4,75 mg/L, pH berkisar 5,44–7,35 dan *total ammonia nitrogen* (TAN) berkisar 0,25–0,94 mg/L. Kualitas air dijaga dengan cara melakukan penyifonan setiap hari, serta melakukan pergantian air sebanyak 30% setiap tiga hari sekali. Pengukuran suhu air dilakukan dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari, sedangkan pengukuran pH, oksigen terlarut, dan TAN dilakukan tiga kali selama pemeliharaan yaitu pada awal pemeliharaan, hari ke-15 dan hari ke-30.

Analisis proksimat pada pakan uji dilakukan sebelum pemeliharaan ikan. Pada awal dan akhir pemeliharaan dilakukan penimbangan bobot tubuh ikan dan analisis proksimat pada tubuh ikan uji diantaranya kadar air, protein, lemak, serat kasar, abu dan BETN (bahan ekstrak tanpa nitrogen). Analisis kadar air dilakukan dengan metode gravimetrik, protein dengan metode Kjeldhal, lemak dengan metode Soxhlet, kadar abu dengan metode gravimetrik dan serat kasar dengan metode Vansus. Analisis proksimat ini sesuai dengan prosedur AOAC (1995). Sebelum analisis, ikan terlebih dahulu dihaluskan dengan cara dicincang hingga rata kemudian dilakukan analisis proksimat.

Analisis data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan dan tiga ulangan. Parameter pertumbuhan dan komposisi kimia tubuh dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) menggunakan program SPSS 16.0. Perbedaan nyata antar perlakuan diuji lanjut dengan uji lanjut Tukey.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Suplementasi lisin memberikan pengaruh terhadap bobot tubuh akhir (Bt), rasio efisiensi protein (PER) dan rasio konversi pakan (FCR) seperti disajikan pada Tabel 3. Suplementasi lisin pada 50% TBBKF tidak memberikan pengaruh terhadap bobot tubuh akhir, tetapi suplementasi lisin pada 75% TBBKF meningkatkan bobot tubuh akhir jika dibandingkan dengan 75% TBBKF tanpa lisin namun lebih kecil dibandingkan kontrol ($P < 0,05$). Hal sama juga pada nilai PER, bahwa suplementasi lisin pada 50% TBBKF

dan 75% TBBKF tidak memberikan pengaruh nyata terhadap PER jika dibandingkan dengan tanpa suplementasi lisin. Suplementasi lisin pada 75% TBBKF tidak berbeda nyata dengan 50% TBBKF tanpa lisin tetapi berbeda nyata dengan kontrol. Pada nilai FCR, suplementasi lisin tidak memberikan pengaruh nyata terhadap FCR pada 50% TBBKF maupun 75% TBBKF, tetapi suplementasi lisin pada 75% TBBKF tidak berbeda dengan perlakuan kontrol. Hasil analisis proksimat tubuh ikan akhir disajikan pada Tabel 4. Hasil analisis proksimat tubuh ikan menunjukkan bahwa suplementasi lisin tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar air, protein, lemak, kadar abu, serat kasar, dan BETN.

Pembahasan

Hasil pemeliharaan selama 40 hari menunjukkan bahwa suplementasi lisin pada penggunaan sumbangan protein sebesar 75% TBBKF meningkatkan bobot tubuh akhir, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap FCR pada ikan nila (Tabel 3). Penggunaan 75% TBBKF tanpa lisin menunjukkan bobot tubuh paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya, namun meningkat setelah suplementasi lisin dari 13,21 g hingga 14,91 g (meningkat 12,8%). Kenaikan bobot tubuh akhir pada 75% TBBKF masih lebih rendah dibandingkan dengan kontrol atau tanpa penggunaan TBBKF.

Hasil menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kualitas pakan melalui suplementasi lisin. Lisin berperan dalam penyedia energi, pertumbuhan tulang dan pembentukan otot. Pada proses penyediaan energi, lisin merupakan prekursor sintesis karnitin. Karnitin merupakan senyawa pembawa asam lemak rantai panjang dalam menembus membran mitokondria untuk proses β -oksidasi asam lemak. Penambahan lisin ke dalam pakan dapat meningkatkan terbentuknya karnitin sehingga terjadi peningkatan proses β -oksidasi untuk produksi energi dan pertumbuhan ikan meningkat (Li *et al.*, 2008).

Lisin berperan dalam membantu penyerapan kalsium yang dibutuhkan dalam pembentukan tulang untuk pertumbuhan (Ovie & Eze, 2013). Menurut Li *et al.* (2008), bahwa suplementasi asam amino dapat memperbaiki nilai nutrisi pada pakan sehingga memengaruhi pada peningkatan pertumbuhan ikan. Hal ini dibuktikan oleh Yang *et al.* (2010) melaporkan bahwa suplementasi lisin dan metionin dapat meningkatkan bobot tubuh akhir dan menurunkan FCR pada ikan *grass carp Ctenopharyngodon idella*. Ovie dan

Eze (2013) juga melaporkan bahwa suplementasi lisin dapat meningkatkan biomassa akhir, rasio efisiensi pakan, PER, dan laju pertumbuhan harian (LPH) pada ikan nila. Salama *et al.* (2013) juga melaporkan bahwa penambahan lisin dan metionin+sistin dapat meningkatkan bobot tubuh, laju pertumbuhan spesifik pada larva ikan *sea bass Dentarshus laborax*.

Kualitas protein dapat ditinjau dari PER. Pada perlakuan 75% TBBKF tanpa suplementasi lisin menunjukkan PER paling rendah, hal ini disebabkan oleh ketersediaan lisin rendah

sehingga lisin merupakan asam amino pembatas pada TBBKF. Alim (2013) dan Gatlin *et al.* (2007) menyebutkan bahwa, lisin merupakan asam amino pembatas pada tepung biji karet, sehingga peningkatan penggunaan tepung biji karet pada pakan mengakibatkan penurunan pertumbuhan. Keberadaan asam amino pembatas pada pakan akan mempengaruhi efisiensi sintesis protein yang mengakibatkan protein yang disimpan rendah dan pertumbuhan rendah (Conde Aguilera *et al.*, 2013; Hu *et al.*, 2013; Vaverde *et al.*, 2013; Wu *et al.*, 2013; Dalibard

Tabel 2. Komposisi dan hasil analisis proksimat pakan uji (%)

	Sumbangan Protein TBBKF				
	0%	50%	50% + lisin	75%	75% + lisin
Bahan baku (%)					
Tepung ikan	1,4	2	2	1,4	1,4
<i>Meat bone meal</i>	12	11	11	8,2	8,2
Tepung kedelai	36	1,3	1,3	0	0
TBBKF	0	40	40	60	60
Pollard	44	39	39	21	21
Minyak ikan	1	1	1	1	1
Minyak jagung	1	1	1	1	1
Tepung tapioka	2	2	2	2	2
Lisin	0	0	0,15	0	0,30
Binder	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Premix	3,97	3,97	3,97	3,97	3,97
Proksimat pakan (% bobot kering)					
Protein	33,93	31,87	33,28	33,79	34,14
Lemak	7,10	10,14	10,37	10,66	10,81
Abu	10,89	10,34	9,94	9,59	9,75
Serat kasar	4,12	8,05	5,01	7,25	4,72
BETN	43,97	39,59	41,42	38,71	40,57

TBBKF = tepung bungkil biji karet fermentasi. BETN = bahan ekstrak tanpa nitrogen.

Tabel 3. Bobot tubuh awal (Bo), bobot tubuh akhir (Bt), rasio efisiensi protein (PER) dan rasio konversi pakan (FCR) pada ikan nila

Parameter	Sumbangan Protein TBBKF				
	0%	50%	50% + lisin	75%	75%+lisin
Bo (g/ekor)	6,41±0,99a	6,24±0,19a	6,22±0,04a	6,25±0,14a	6,33±0,01a
Bt (g/ekor)	16,95±0,77a	16,68±0,53a	17,50±0,17a	13,21±0,22c	14,91±0,19b
PER	1,78±0,16a	1,63±0,06ab	1,96±0,07a	1,15±0,17c	1,35±0,14bc
FCR	1,67±0,16bc	1,93±0,07bc	1,54±0,05bc	2,61±0,40a	2,18±0,22ab

Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh perlakuan yang berbeda nyata ($P < 0,05$). Nilai yang tertera merupakan nilai rata-rata dan simpangan baku.

Tabel 4. Hasil analisis proksimat tubuh ikan pada awal dan akhir penelitian (% bobot basah)

Parameter	Awal	Sumbangan Protein TBBKF				
		0%	50%	50%+lisin	75%	75%+lisin
Kadar air	79,82	76,25±0,55a	75,72±0,91a	75,75±0,95a	75,33±0,26a	75,74±0,58a
Protein	10,19	13,47±0,56a	13,88±0,18a	13,74±0,81a	13,22±0,36a	13,95±0,23a
Lemak	1,68	3,45±0,08a	4,10±0,57ab	4,72±0,41bc	5,01±0,38bc	5,13±0,12d
Kadar abu	6,52	5,17±0,45a	4,66±0,23a	5,04±0,25a	4,75±0,44a	4,37±0,37a
Serat kasar	0,75	0,89±0,05a	0,85±0,09a	0,58±0,34a	0,70±0,40a	0,34±0,37a
BETN	1,04	0,77±0,36a	0,79±0,21a	0,44±0,21a	0,98±0,15a	0,47±0,24a

Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh perlakuan yang berbeda nyata ($P < 0,05$). Nilai yang tertera merupakan nilai rata-rata dan simpangan baku.

et al., 2014; Nunes *et al.*, 2014; Wu, 2014; Chia *et al.*, 2015). Lysin merupakan asam amino esensial yang keberadaannya sangat dibutuhkan oleh ikan. Nunes *et al.* (2014) menyatakan bahwa suplementasi lysin pada pakan yang rendah lysin dapat memperbaiki kualitas protein. Hal ini ditandai dengan meningkatnya PER pada 75% TBBKF setelah suplementasi lysin. Hal sama juga dilaporkan oleh Ovie dan Eze (2013), bahwa PER meningkat pada ikan nila yang diberi pakan dengan suplementasi lysin. Sardar *et al.* (2009) juga melaporkan bahwa peningkatan kualitas protein pakan berbahan dasar kedelai melalui penambahan lysin dan metionin terbukti dapat meningkatkan PER pada ikan rohu *Labeo rohita*.

Komposisi biokimia tubuh ikan pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan lysin tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan protein tubuh ikan (Tabel 4). Hal ini sesuai dengan penelitian Ovie dan Eze (2013) bahwa penambahan level lysin yang diberikan pada ikan nila tidak menunjukkan perbedaan signifikan tetapi cenderung meningkatkan protein tubuh ikan nila. Palavesam *et al.* (2008) juga melaporkan bahwa penambahan lysin pada pakan berprotein berbeda meningkatkan kandungan protein tubuh ikan *Etropus suratensis*. Hal yang sama juga dilaporkan pada ikan *gilthead seabream* (Peres & Oliva-Teles, 2009) dan ikan *grass carp* (Yang *et al.*, 2010). Peningkatan kadar protein tubuh mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan penyimpanan protein pada tubuh. Suplementasi lysin juga tidak mempengaruhi pada kadar air, lemak dan kadar abu pada tubuh juvenil ikan cobia (Zhou *et al.*, 2007). Suplementasi lysin juga tidak berpengaruh terhadap komposisi kimia tubuh *gibel carp* (Hu *et al.*, 2008). Hal sama juga yang dilaporkan oleh Ghomi & Alizadehnajd (2012) bahwa suplementasi lysin

tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan protein, lemak, abu dan kadar air pada tubuh juvenil ikan *Abramis brama orientalis*.

KESIMPULAN

Kualitas pakan dengan sumbangan protein 75% dari tepung biji karet fermentasi cairan rumen domba meningkat setelah penambahan lysin, tetapi masih lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan 50% tepung biji karet fermentasi cairan rumen domba dan tepung kedelai sebagai sumber protein pada pakan ikan nila *Oreochromis niloticus*.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official methods of analysis of AOAC international. 16th Edition. USA: Association of Analytical Communities, Arlington.
- Alim S. 2013. Evaluasi tepung bungkil biji karet *Hevea brasiliensis* difermentasi cairan rumen domba sebagai sumber protein pakan ikan nila *Oreochromis niloticus*. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Chia MA, Lombardi AT, Melão MDGG, Parrish CC. 2015. Combined nitrogen limitation and cadmium stress stimulate total carbohydrates, lipids, protein, and amino acid accumulation in *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae). *Aquatic Toxicology* 160: 87–95.
- Conde-Aguilera JA, Cobo-Ortega C, Tesseraud S, Lessire M, Mercier Y, Van Milgen J. 2013. Changes in body composition in broilers by a sulfur amino acid deficiency during growth. *Poultry Science* 92: 1.266–1.275.
- Dalibard P, Hess V, Tutour LL, Peisker M, Peris

- S, Gutierrez AP, Redshaw M. 2014. Amino acids in animal nutrition. Belgium: Fevana Publication with Compliments from Evonik Industries.
- Furuya WM, Furuya VRB. 2010. Nutritional innovations on amino acids supplementation in Nile tilapia diets. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39: 88–94.
- Gatlin III DM, Barrows FT, Brown P, Dabrowski K, Gaylord TG, Hardy RW, Herman E, Hu G, Krogdahl Å, Nelson R, Overturf K, Rust M, Sealey W, Skonberg D, Souza EJ, Stone D, Wilson R, Wurtele E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research* 38: 551–579.
- Ghomi NR, Alizadehnajd A. 2012. Dietary lysine and methionine requirement of bream *Abramis brama orientalis* juvenile. *Brazilian Journal Aquatic Science Technology* 16:79–82.
- Hardy WR. 2010. Utilization of proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal: a review. *Aquaculture Research* 41: 770–776.
- Hu L, Yun B, Xue M, Wang J, Wu X, Zheng Y, Han F. 2013. Effects of fish meal quality and fish meal substitution by animal protein blend on growth performance, flesh quality, and liver histology of Japanese seabass *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture* 372: 52–61.
- Hu M, Wang Y, Wang Q, Zhao M, Xiong B, Qian X, Zhao Y, Luo Z. 2008. Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients with lysine and methionine supplementation to practical diets for gibel carp *Carassius auratus gibelio*. *Aquaculture* 275: 260–265.
- Li P, Mai K, Trushenski J, Wu G. 2008. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids* 37: 43–53.
- Nunes AJ, Sá MV, Browdy CL, Vazquez-Anon M. 2014. Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. *Aquaculture* 431: 20–27.
- Nunes AJP, Sa MVC, Browdy CL, Vazquez-Anon M. 2014. Review: Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. *Aquaculture* 431: 20–27.
- Ovie SO, Eze SS. 2013. Lysine requirement and its effect on the body composition of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 8: 94–100.
- Oyewusi PA, Akintayo ET, Olaofe O. 2007. The proximate and amino acid composition of defatted rubber seed meal. *Journal of Food Agriculture and Environment* 5: 115–118.
- Palavesam S, Beena G, Immanuel. 2008. Effect of L-lysine supplementation with different protein levels in diets on growth, body composition and protein metabolism in pearl spot *Etroplus suratensis* Bloch. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8: 133–139.
- Peres H, Oliva-Teles A. 2009. The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream *Sparus aurata* juveniles. *Aquaculture* 296: 81–86.
- Rahmawan O, Mansyur. 2008. Detoksifikasi HCN dari bungkil biji karet (BBK) melalui berbagai perlakuan fisik. *In: Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner* 2008: 789–796.
- Salama M, EL-Abed HF, El-Dahhar AA. 2013. Effect of amino acids (lysine and methionine + cystine) supplementation rate on growth performance and feed utilization of sea bass *Dentracarus laborax* larvae. *Journal of The Arabian Aquaculture Society* 8: 37–52.
- Sardar P, Abid M, Randhawa HS, Prabhakar SK. 2009. Effect of dietary lysine and methionine supplementation on growth, nutrient utilization, carcass compositions and haemato-biochemical status in Indian major carp, Rohu *Labeo rohita* fed soy protein-based diet. *Aquaculture Nutrition* 15: 339–346.
- Sun K, Jiang JC. 2010. Preparation and characterization of activated carbon from rubber-seed shell by physical activation with steam. *Journal Biomass and Bioenergy* 34: 539–544.
- Suprayudi MA, Dimahesa W, Jusadi D, Setiawati M, Ekasari J. 2011. Suplementasi *crude* enzim rumen domba pada pakan berbasis sumber protein nabati dalam memacu pertumbuhan ikan nila *Oreochromis niloticus*. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 11: 177–183.
- Suprayudi MA, Inara C, Ekasari J, Priyoutomo N, Haga Y, Takeuchi T, Satoh S. 2014a. Preliminary nutritional evaluation of rubber seed and defatted rubber seed meals as plant protein sources for common carp *Cyprinus carpio* L. juvenile diet. *Aquaculture Research* 2014: 1–10.
- Suprayudi MA, Irawan WS, Utomo NBP. 2014b. Evaluasi tepung bungkil biji karet difermentasi cairan rumen domba pada pakan ikan patin. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 13: 146–151.
- Valverde, Cerezo J, Martínez-Llorens S, Vidal

- AT, Jover M, Rodríguez C, Estefanell J, Gairín JI, Domingues PM, Rodríguez CJ, García BG. 2013. Amino acids composition and protein quality evaluation of marine species and meals for feed formulations in Cephalopods. *Aquaculture International* 21: 413–433.
- Wu G, Wu Z, Dai Z, Yang Y, Wang W, Liu C, Wang B, Wang J, Yin Y. 2013. Dietary requirements of nutritionally non-essential amino acids by animals and humans. *Amino Acids* 44: 1.107–1.113.
- Wu G. 2014. Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift in protein nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 5: 1–7.
- Yang HJ, Liu YJ, Tian LX, Liang GY, Lin HR. 2010. Effects of supplemental lysine and methionine on growth performance and body composition for grass carp *Ctenopharyngodon idella*. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 5: 222–227.
- Zhou QC, Wu ZH, Chi SY, Yang QH. 2007. Dietary lysine requirement of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 273: 634–640.