

PENINGKATAN RASIO EFISIENSI PROTEIN, PERTUMBUHAN DAN KELULUSHIDUPAN UDANG WINDU (*Penaeus monodon*) MELALUI PENAMBAHAN ENZIM FITASE DALAM PAKAN BUATAN

Diana Rachmawati¹, Istiyanto Samidjan¹, Heryoso Setiyoso²

¹Program Studi Budidaya Perairan, FPIK, Universitas Diponegoro

²Program Studi Oseanografi, FPIK, Universitas Diponegoro

E-mail: dianarachmawati1964@gmail.com

ABSTRAK

Keberhasilan budidaya udang windu tergantung pada ketersediaan pakan buatan. Sampai saat ini sumber protein nabati pakan buatan masih menggunakan bahan nabati seperti tepung kedelai. Penggunaan bahan nabati sebagai sumber proteinnabati pakan buatan perlu diperhatikan karena adanya asam fitat. Salah satu cara mengatasi permasalahan tersebut dengan penambahan enzim fitase. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh enzim fitase pada pakan buatan terhadap rasio efisiensi protein, pertumbuhan dan kelulushidupan juvenil udang windu (*Penaeus monodon*). Ikan uji adalah juvenil udang windu (*P. monodon*) dengan bobot rata-rata $1,19 \pm 0,06$ g/ekor dan padat tebar 1 ekor/L. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, Rancangan Acak Lengkap, 4 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah penambahan enzim fitase dalam pakan buatan dosis berbeda, yaitu A (0 FTU), B (500 FTU), C (1000 FTU) dan D (1500 FTU). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan enzim fitase dalam pakan buatan dosis berbeda berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap rasio efisiensi pakan (PER) dan laju pertumbuhan relatif (RGR), namun tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kelulushidupan (SR). Penambahan enzim fitase dalam pakan buatan dapat meningkatkan pertumbuhan juvenil udang windu. Disarankan menambahkan enzim fitase sebesar 1000 FTU/kg pakan pada pakan buatan karena merupakan dosis terbaik untuk rasio efisiensi protein dan pertumbuhan juvenil udang windu.

Kata Kunci: Udang windu (*Penaeus monodon*), enzim fitase, pertumbuhan, pakan buatan, rasio efisiensi protein

PENDAHULUAN

Udang windu merupakan udang asli Indonesia (endogenous spesies), namanya memudar setelah diintroduksikannya udang vannamei yang padat tebarnya lebih banyak dalam satu petak tambak dan tahan terhadap penyakit sehingga membuat harga jual tinggi (WWF Indonesia, 2014). Keberhasilan pengembangan budidaya udang windu secara intensif salah satunya tergantung pada ketersediaan pakan buatan yang ada di pasaran. Pakan buatan yang ada di pasaran sampai saat ini menggunakan bahan-bahan nabati seperti tepung kedelai sebagai sumber protein nabati. Kendala utama dalam penggunaan tepung kedelai sebagai sumber protein nabati terdapatnya zat anti-nutrisi yang disebut dengan asam fitat (Kumar *et al.*, 2011). Hasil penelitian Cao *et al.*, (2007), melaporkan bahwa asam fitat dalam bungkil kedelai sebesar 3.88 g/kg. Asam fitat mampu mengikat mineral-mineral bervalensi 2 atau 3 (kalsium, besi, seng, magnesium) untuk membentuk kompleks yang sukar diserap usus (Baruah *et al.*, 2007). Selain mineral, fitat juga membentuk kompleks dengan protein dan asam amino sehingga akan mengurangi pencernaan pakan (Ravindran, 2000). Asam fitat ini dapat menghambat penyerapan nutrisi oleh tubuh sehingga tingkat efisiensi pemanfaatan nutrient pakan kurang optimal (Sudarmadji *et al.*, 1976).

Salah satu penanggulangan masalah asam fitat seperti yang telah diuraikan di atas adalah dengan penambahan enzim eksogenus, yaitu enzim fitase (Chung, 2001) diperkuat pendapat Jobling (2002) dan NRC (1993) bahwa untuk mengurangi kandungan asam fitat dapat dilakukan secara enzimatik, yaitu dengan penambahan enzim fitase. Enzim fitase dalam pakan dapat menaikkan penyerapan nutrient dan mengatur ekskresi nutrient (seperti fosfor, nitrogen, dan mineral) serta dapat menghidrolisa asam fitat (cadangan unsur fosfat) dalam pakan ikan menjadi inositol dan asam fosfat. Enzim fitase menghidrolisa asam fitat sehingga unsur mineralnya terlepas dari ikatannya (Chung, 2001). Dijelaskan lebih lanjut oleh Baruah *et al.* (2007), menyatakan bahwa fitase adalah enzim yang mampu menghidrolisis asam fitat (mio-inositol heksahisfosfat) menjadi mio-inositol mono, di, tera dan pentafosfat serta fosfat organik. Selain membesakan P dari asam fitat, juga akan membebaskan nutrient lain yang mungkin terikat dalam kompleks fitat (Ravindran, 2000).

Sejumlah penelitian tentang enzim fitase dalam pakan buatan terhadap pertumbuhan dan ketersediaan fosfor antara lain : Rachmawati dan Hutabarat (2006), penambahan enzim fitase 1000 unit per kilogram

tepung kedelai meningkatkan pertumbuhan *Epinephelus fuscoguttatus*. Rachmawati dan Hutabarat (2010), penambahan enzim fitase 1000 unit per kilogram tepung kedelai meningkatkan pertumbuhan *Osphronemus gouramy*. Amin *et al.* (2010), penambahan enzim fitase 50 mg/100 g tepung kedelai meningkatkan pencernaan P dan pertumbuhan *Pangasius hypothalamus*. Amin *et al.* (2011), penambahan enzim fitase 50 mg/100 g tepung kedelai meningkatkan pencernaan P dan pertumbuhan *Clarias Sp.* Suprayudi *et al.* (2012), penambahan enzim fitase 500 unit per kilogram tepung kedelai mampu meningkatkan pencernaan P dan pertumbuhan *Lipopenaeus vannamei*. Shapawi *et al.* (2013), tepung kedelai 30% dengan suplementasi enzim fitase 2000 FTU/kg (200 mg/kg) merupakan perlakuan optimal untuk juvenil ikan kerapu macan *Epinephelus fuscoguttatus*. Rachmawati dan Samidjan (2014), penambahan enzim fitase 1000 mg/ kilogram tepung kedelai mampu meningkatkan pertumbuhan *Oreochromis niloticus*. Bulbul *et al.* (2015), suplementasi fitase dapat meningkatkan pencernaan dan meningkatkan kinerja pertumbuhan kuruma shrimp (*Marsupenaeus japonicas*). Danwitz *et al.* (2016), dosis fitase 2000 FTU/kg pakan meningkatkan pertumbuhan, pencernaan protein pakan dan fosfor dalam pakan ikan turbot (*Psetta maxima* L.). Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh enzim fitase pada pakan buatan terhadap rasio efisiensi protein, pertumbuhan dan kelulushidupan juvenil udang windu (*Penaeus monodon*).

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015 s/d Maret 2016 di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPAP), Jepara, Jawa Tengah. Ikan uji yang digunakan adalah juvenile udang windu (*P. monodon*) dengan bobot rerata $1,19 \pm 0,06$ gram/ekor diperoleh dari BBPAP. Ikan uji dipilih berdasarkan keseragaman ukuran, kelengkapan organ tubuh dan kesehatan secara fisik. Selanjutnya ikan uji dipuasakan selama 1 hari sebelum pelaksanaan untuk membuang sisa-sisa metabolisme dalam tubuh (Rachmawati dan Hutabarat, 2006). Pertumbuhan ikan uji dapat diketahui dengan cara sampling setiap minggu sekali selama 42 hari.

Wadah yang digunakan adalah ember hitam volume 25 liter sejumlah 12 buah. Wadah dibersihkan terlebih dahulu menggunakan kalium permanganat (K_2PO_4) dan dijemur di bawah sinar matahari sampai kering. Fungsi kalium permanganat (PK) yaitu untuk mensterilkan wadah dari bakteri. Wadah pemeliharaan yang sudah kering selanjutnya ditata secara acak. Ember diisi dengan air sebanyak 20 liter dari total volume ember tersebut kemudian diaerasi dan ditutup dengan plastik putih sebagai biosecurity.

Pakan uji yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pakan buatan berbentuk *pellet* berdiameter 0,2-0,5 mm dengan kandungan protein minimum 38% (SNI, 2002) dan kandungan energi minimum 3200 kkal DE/kg (Suprayudi *et al.*, 2012). Pakan uji diberikan sebanyak 4 kali sehari pada pukul 07.00; 11.00; 15.00 19.00 secara *at satiation*. Bahan penyusun pakan uji terdiri dari tepung ikan sebagai sumber protein hewani, tepung kedelai sebagai sumber protein nabati, tepung jagung, tepung dedak dan tepung terigu sebagai sumber karbohidrat, minyak ikan dan minyak jagung sebagai sumber lemak, mineral dan vitamin mix (aquamin) sebagai sumber vitamin, CMC sebagai *binder* atau perekat, dan enzim fitase sebagai bahan input untuk memecah molekul asam fitat. Enzim fitase sebagai perlakuan dengan merek dagang Natuphos[®] 5000 diproduksi PT. BASF Indonesia. Formulasi pakan uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, Rancangan Acak lengkap (RAL), 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan penelitian ini adalah penambahan enzim fitase dalam pakan buatan dengan dosis berbeda, yaitu : A (0 FTU/kg pakan), B (500 FTU/kg pakan), C (1000FTU/kg pakan) dan D (1500FTU/kg pakan). Perlakuan penelitian ini memodifikasi penelitian Suprayudi *et al.* (2012), yang menyatakan bahwa penambahan enzim fitase sebanyak 750FTU/kg pakan merupakan dosis terbaik untuk udang vaname dengan bobot rerata $3,8 \pm 0,01$ gram yang menghasilkan peningkatan efisiensi pakan dan laju pertumbuhan relatif.

Variabel data meliputi rasio efisiensi protein, pertumbuhan kelulushidupan (SR) udang windu (*P. monodon*) dan kualitas air meliputi suhu, pH, DO dan salinitas dilakukan setiap hari, ammonia diukur pada awal dan akhir penelitian. Variabel data hasil penelitian dianalisa dengan analisa ragam (ANOVA). Apabila hasil analisis ragam berpengaruh nyata ($P < 0,05$) atau berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) maka dilakukan uji wilayah ganda Duncan untuk mengetahui perbedaan nilai tengah antara perlakuan (Steel and Torri, 1993). Analisa kualitas air dilakukan secara deskriptif.

Tabel 1. Formulasi dan Analisis Proksimat Pakan Uji yang Digunakan dalam Penelitian

Jenis Bahan Baku Penyusun Pakan	Komposisi			
	A	B	C	D
Enzim fitase (FTU)	0	500	1000	1500
Tepung ikan	28,00	28,00	28,00	27,90
Tepung kedelai	37,80	37,80	37,80	37,80
Tepung jagung	6,50	6,70	6,70	6,80
Tepung dedak	7,90	8,89	8,88	8,90
Tepung Terigu	13,00	11,90	12,00	11,99
Minyak ikan	2,99	3,00	3,00	2,90
Minyak jagung	2,00	2,00	2,00	1,99
Vit Min Mix	1,00	1,00	1,00	1,00
CMC	2,00	2,00	2,00	2,00
Hasil Analisa Proksimat				
Protein (%)*	38,12	38,13	38,14	38,09
Lemak (%)*	10,76	10,64	10,66	10,53
BETN (%)*	34,34	34,34	34,40	34,50
Energi (kkal)	306,42	305,49	305,80	304,89
Rasio E/P	8,04	8,01	8,02	8,00

Keterangan: A (0 FTU/kg pakan), B (500 FTU/kg pakan), C (1000 FTU/kg pakan), D (1500 FTU/kg pakan)

- Dihitung berdasarkan pada *Digestible Energy* menurut Wilson (1982) untuk 1 g protein adalah 3,5 kkal/g, 1 g lemak adalah 8,1 kkal/g, dan 1 g karbohidrat adalah 2,5 kkal/g.
- Menurut De Silva (1987) nilai E/P bagi pertumbuhan optimal ikan berkisar antara 8-12 kkal/g.
- *Laboratorium Ilmu Makanan Ternak, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro (2015)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan variabel data yang diamati selama penelitian tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Rasio efisiensi protein (PER), laju pertumbuhan spesifik (SGR) dan kelulushidupan (SR) juvenil udang windu selama penelitian

Data	Perlakuan			
	A	B	C	D
PER	0,76±0,004 ^c	0,85±0,02 ^b	1,03±0,99 ^a	0,96±0,07 ^b
RGR (%/hari)	4,49±0,77 ^c	5,06±0,52 ^b	7,93±0,69 ^a	4,19±0,44 ^b
SR (%)	93,33±5,77 ^a	90,00±5,77 ^a	93,33±5,77 ^a	93,33±5,77 ^a

Keterangan: Nilai dengan *Superscript* yang sama pada kolom menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata

Hasil pengukuran kualitas air media budidaya udang windu (*Penaeus monodon*) selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran kualitas air media budidaya juvenil udang windu (*P. monodon*) selama penelitian

Perlakuan	Kisaran Nilai Kualitas Air			
	Suhu (°C)	pH	DO (mg/l)	Amonia Total (mg/l)
A	26– 32	6,8– 7,3	4,03– 5,5	0,000 – 0,030
B	26– 32	6,8– 7,3	4,04– 5,6	0,000 – 0,028
C	26– 32	6,8– 7,3	4,06– 5,6	0,000 – 0,022
D	26– 32	6,8– 7,3	4,03– 5,15	0,000 – 0,025
Nilai Kisaran	23 – 33*	7 – 8,5*	<3*	<0,10*

Keterangan: * : FAO (2005)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa enzim fitase dalam pakan buatan dengan dosis berbeda berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap rasio efisiensi protein (PER) dan laju pertumbuhan relatif (RGR) dan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kelulushidupan juvenil udang windu (*P. monodon*). Rachmawati dan Samidjan (2014), rasio efisiensi protein merupakan angka yang menyatakan jumlah bobot ikan yang dihasilkan dari setiap unit protein dalam pakan. Berdasarkan penjelasan tersebut terbukti dengan diperoleh hasil nilai rasio efisiensi protein tertinggi pada perlakuan C sebesar $1,03 \pm 0,99$. Tingginya nilai rasio efisiensi protein pada perlakuan C (1000 FTU/kg pakan) diduga enzim fitase yang terdapat dalam pakan tersebut bekerja efektif sehingga mampu menguraikan ikatan asam fitat dengan protein sehingga protein dapat diubah menjadi senyawa asam amino sederhana yang mudah dicerna. Hal tersebut diperkuat oleh pendapat Suprayudi *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa penambahan enzim fitase dalam pakan buatan mampu meningkatkan nilai pencernaan protein dan pencernaan total pakan, dikarenakan asam fitat yang terdapat dalam pakan sudah dipecah oleh enzim fitase sehingga protein dalam senyawa kompleks fitat dibebaskan. Diperkuat oleh pendapat Rachmawati dan Samidjan (2014), bahwa protein yang terbebas dari ikatan kompleks fitat akan memberikan pengaruh terhadap enzim-enzim pencernaan khususnya enzim pemecah protein dalam menguraikan protein menjadi asam amino penyusunnya. Terurainya protein dalam pakan akan dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk pertumbuhan. Penjelasan tersebut berbeda apabila dibandingkan dengan perlakuan A tanpa penambahan enzim fitase yang memberikan nilai rasio efisiensi protein terkecil yaitu sebesar $0,76 \pm 0,004$. Hasil nilai rasio efisiensi protein tersebut diduga karena protein pakan sulit dicerna dan diserap akibat adanya asam fitat dalam bahan baku pakan. Asam fitat yang terkandung dalam bahan baku pakan dapat mengikat protein dengan ikatan kompleks yang susah dilepas. Menurut Suprayudi *et al.* (2012), asam fitat merupakan zat anti nutrisi yang biasa terdapat pada bahan-bahan nabati seperti tepung bungkil kedelai. Diperjelas oleh Fox *et al.* (2006) bahwa enzim fitase sebagai faktor anti nutrisi yang terkandung dalam biji-bijian sebanyak 80%. Ditambahkan oleh Lie *et al.* (2011), bahwa dalam kedelai terdapat zat anti gizi seperti inhibitor tripsin dan asam fitat. Inhibitor tripsin bersifat panas labil dan biasanya dilemahkan dalam produksi bungkil kedelai. Berbeda dengan asam fitat yang bersifat panas stabil. Diperkuat kembali oleh Cao (2007) bahwa asam fitat bersifat panas stabil sehingga tidak rusak walaupun dilakukan pemanasan saat pembuatan pakan, dan hanya bisa dihidrolisis dengan enzim fitase. Sesuai keterangan Lie *et al.* (2011), bahwa perlu penambahan enzim fitase untuk menghidrolisis asam fitat. Enzim fitase merupakan enzim *phosphohydrolitic* yang membebaskan fosfor dari asam fitat atau inositol *hexaphosphate*.

Hasil laju pertumbuhan relatif tertinggi diperoleh pada perlakuan C sebesar $7,93 \pm 0,69\%$ /hari. Perlakuan C dengan penambahan enzim fitase dosis 1000 FTU/kg pakan menunjukkan hasil yang tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal tersebut diduga bahwa dosis 1000 FTU/kg pakan merupakan dosis yang tepat untuk menghidrolisis asam fitat dalam pakan, sehingga penyerapan nutrisi dan mineral dalam tubuh menjadi maksimal dan dapat digunakan udang windu untuk tumbuh optimal. Fox *et al.* (2006) menambahkan bahwa penambahan enzim fitase dapat meningkatkan pencernaan mineral dalam pakan. Hal ini sesuai dengan pendapat Chung (2001) menyatakan bahwa enzim fitase dalam pakan dapat menghidrolisis asam fitat (cadangan unsur fosfat) dalam pakan udang menjadi inositol dan asam fosfat, sehingga dapat menaikkan penyerapan nutrisi dan mengatur ekskresi nutrisi (seperti fosfor, nitrogen, dan mineral).

Juvenil udang windu dapat memanfaatkan pakan yang diberikan dengan baik dikarenakan ikatan asam fitat dengan protein dan mineral penting telah terputus oleh hidrolisis enzim fitase sehingga terjadi penurunan kadar asam fitat yang menyebabkan protein dan mineral penting terserap lebih sempurna sehingga udang windu dapat tumbuh optimal. Menurut Chung (2001), bahwa enzim fitase dalam pakan dapat menaikkan penyerapan nutrisi dan mengatur ekskresi nutrisi (seperti fosfor, nitrogen, dan mineral) serta dapat menghidrolisis asam fitat dalam pakan ikan menjadi inositol dan asam fosfat. Menurut Rachmawati dan Samidjan (2014), bahwa inositol merupakan salah satu vitamin yang diperlukan untuk pertumbuhan normal tubuh, pemeliharaan, serta reproduksi. Terurainya zat anti nutrisi asam fitat ini, maka proses-proses metabolisme seperti pemecahan protein dan mineral kompleks dalam tubuh dapat berjalan dengan baik. Enzim fitase mampu menghidrolisis asam fitat dikarenakan sesuai fungsinya mampu menyebabkan reaksi hidrolisis. Berbeda halnya laju pertumbuhan relatif udang windu pada perlakuan A dengan pemberian pakan tanpa penambahan enzim fitase memiliki nilai terendah sebesar $4,49 \pm 0,775\%$ /hari, hal ini diduga asam fitat dalam pakan tidak terurai dan tidak mengalami hidrolisis menjadi inositol dan asam fosfat sehingga penyerapan nutrisi dan mineral tidak maksimal. Fox *et al.* (2006) menambahkan bahwa asam fitat yang tidak terurai akan mengikat protein dan fosfor menjadi sulit dicerna. Berbeda dengan pada perlakuan D diduga pada dosis tersebut terjadi kelebihan konsentrasi yang menjadikan penurunan pertumbuhan udang windu. Menurut Rachmawati dan Samidjan (2014), bahwa kelebihan konsentrasi fitase menyebabkan asam fitat yang terkandung dalam pakan banyak yang terurai. Hal ini dapat menyebabkan protein dan fosfor yang terikat pada asam fitat juga banyak yang terurai, sehingga pertumbuhan menjadi menurun. Diperjelas kembali oleh pendapat Aminet *et al.* (2011), bahwa penggunaan pakan yang tidak efisien akan mengurangi fosfor yang

terserap dalam tubuh dan retensi protein yang diperoleh juga rendah. Rendahnya retensi protein dan kurangnya unsur fosfor akan menyebabkan rendahnya pertumbuhan.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan enzim fitase pada pakan tidak berpengaruh nyata terhadap kelulushidupan ($P > 0,05$) juvenil udang windu (*P. monodon*). Hasil penelitian ini diduga tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan penambahan enzim fitase dibandingkan dengan pakan yang tidak diberi enzim fitase. Hasil penelitian yang sama diperkuat oleh Suprayudi *et al.* (2012) bahwa penambahan enzim fitase sebesar 500-1000 unit enzim fitase/kg pakan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan bobot rerata $3,8 \pm 0,01$ tidak berbeda nyata setiap perlakuan. Selama penelitian, kelangsungan hidup udang windu relatif tinggi dan tidak berbeda pada setiap perlakuannya. Tingginya nilai kelangsungan hidup menunjukkan kualitas dan kuantitas pakan yang diberikan sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan pokok udang sehingga dapat menunjang pertumbuhan udang. Kelangsungan hidup yang tinggi, sekaligus menunjukkan bahwa kualitas air media pemeliharaan sudah mendukung untuk kelangsungan hidup udang vaname (Suprayudi *et al.*, 2012). Beberapa faktor yang mempengaruhi kelulushidupan antara lain faktor biotik (persaingan, parasit, umur, predator, kepadatan dan penanganan manusia) dan faktor abiotik (sifat fisika dan kimia dalam perairan) (Effendi, 1991).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan enzim fitase dalam pakan buatan dapat meningkatkan rasio efisiensi protein dan pertumbuhan juvenil udang windu dan disarankan menambahkan enzim fitase sebesar 1000 FTU/Kg pakan dalam pakan buatan karena merupakan dosis terbaik untuk rasio efisiensi protein dan pertumbuhan juvenil udang windu (*P. monodon*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Sugeng Raharjo, A.Pi selaku Kepala Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPAP), Jepara, Jawa Tengah yang telah menyediakan sarana dan prasarana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Jubaedah, D., Sasanti, A. D., & Nurman, A. (2010). Penggunaan enzim fitase dalam pembuatan pakan ramah lingkungan untuk pakan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Prosiding Forum Inovasi Akuakultur*. Hal : 781-789.
- Amin, M., Jusadi, D., & Ing Mokoginta (2011). Penggunaan enzim fitase untuk meningkatkan ketersediaan fosfor dari sumber bahan nabati pakan dan pertumbuhan ikan lele (*Clarias Sp.*). *Jurnal Saintek Perikanan*, 6(3), 52-60.
- Baruah, K., Sahu, N. P., Pal, A. K., Debnath, D., & Mukherjee, S. C. (2007). Dietary Microbial phytase and citric Acid synergistically enhances nutrient digestibility and growth performance of *Labeo rohita* (Hamilton) Juveniles At Sub-Optimal Protein Level. *Aquaculture Research*, 38(2), 109-120.
- Bulbul, M., Kader, Md. A., Ambak, M. A., Hossain, Md. S., Ishikawa, M., & Koshio, S. (2015). Effects of crystalline amino acids, phytase and fish soluble supplements in improving nutritive values of high plant protein based diets for Kuruma Shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture Elsevier*, 438, 98-104.
- Cao, L., Wang, W., Yang, C., Yang, Y., Diana, J., Yakupitiyage, A., Luo, Z., & Li, D. (2007). Review : Application of microbial phytase in fish feed. *Enzyme and Microbial Technology*. Elsevier, 11 p.
- Chung, T. K. (2001). Sustaining livestock production and environment. Food and Agriculture Asia Pacific Development. Singapore. Pp: 52-54.
- Danwitz, A. Vonvan Bussel, C. G. J., Klatt, S. F., & Schulz, C. (2016). Dietary Phytase Supplementation in Rapeseed Protein based Diets Influences Growth Performance, Digestibility and Nutrient Utilisation in Turbot (*Psetta maxima* L.). *Aquaculture Elsevier*, 450, 405-411.
- De Silva, S. S. (1987). Finfish nutrition research in Asia. *Proceeding of The Second Asian Fish Nutrition Network Meeting*. Heinemann, Singapore. 128 pp.
- Effendi, M. I. (1991). *Biologi perikanan*. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 216 hal.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. (2005). Cultivated Species Information Programme *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). Fisheries and Aquaculture Departement. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_monodon/en (8 Mei 2016).
- Fox, J. M., Addison, L. L., Anthony, J. S. III., Alien, D., Denis, R. M., Elizabeth, C. S., & Tzachi, M. S. (2006). Phytase Supplementation in Aquaculture Diets Improves Fish, Shrimp Growth Performance. *Global Aquaculture Alliance* : 64 – 66.
- Jobling, M., Gomes, E., & Diaz, J. (2002). Feed types manufacture and ingredients. In Houlihan D, Boujard T, Jobling M (eds). *Food Intake in Fish*. Oxford, UK : Blackwell Science, pp : 25-48.

- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., De Boeck, G., & Becker, K. (2012). Review Article : phytate And phytase In Fish Nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Blackwell Verlag GmbH, pp. 335–364.
- Lie, X. G., & Porres, J. M. (2011). Phytase: An Enzyme to Improve Soybean Nutrition. Intech. 15 Hal.
- NRC. (1993). *Nutrient requirement of fish*. National Academy of Science. National Press. USA. Pp 39-53.
- Rachmawati, D., & Hutabarat (2006). Efek Rhonozyme P dalam pakan buatan terhadap pemanfaatan pakan dan pertumbuhan ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*). *Jurnal Ilmu Kelautan*, 11(4), 192-200.
- Rachmawati, D., & Samidjan, I. (2014). Penambahan fitase dalam pakan buatan sebagai upaya peningkatan pencernaan, laju pertumbuhan spesifik dan kelulushidupan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Saintek Perikanan*, 10(1), 48-55.
- Ravindran, V. (2000). *Effect of Natuphos Phytase on the bioavailability of protein and amino acids – a review*. Monogastric Research Center Institute of Food Nutrition and Human Health Massey University, Palmerston North New Zealand, p : 1-10.
- Shapawi, R., Ebi, I., Yong, A., Chong, M., Chee, L. K., & Sade, A. (2013). Soybean meal as a source of protein in formulated diets for Tiger Grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* Juvenile. Part II: Improving Diet Performances with Phytase Supplementation. *Agricultural Sciences*, 4(6A), 19-24.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. (2002). Pakan Buatan untuk Udang Windu (*Panaeus monodon* Fab. 1798). Badan Standarisasi Nasional Indonesia. No. 01-2724.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1993). *Prinsip dan prosedur statistika (Suatu Pendekatan Biometrik)*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (Diterjemahkan oleh Bambang Sumantri). 610 hal.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi (1976). *Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 254 hal.
- Suprayudi, M. A., Harianto, D., & Jusadi, D. (2012). Kecernaan pakan dan pertumbuhan udang putih (*Penaeus monodon*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 11(2), 102-108.
- Wilson, R. P. (1982). Energy Relationships in Catfish Diets. In: R.R. Stickney and R.T. Lovell (Eds.). *Nutrition and Feeding of Channel Catfish*. Southern Cooperative Series.
- WWF. (2014). Mengembalikan udang windu sebagai udang asli Indonesia. Diakses tanggal 28 Februari 2016.