

## Rasio Kalsium Fosfor, Glukosa Darah dan Kinerja Pertumbuhan Ikan Betok (*Anabas testudineus*) yang Diberi Prebiotik Inulin

*Calcium Phosphor Ratio, Blood Glucose and Growth Performance of Climbing Perch (*Anabas testudineus*) Supplemented with Inulin Prebiotic*

Anita Lestari Melinda Siburian<sup>1)</sup>, Irawadi Gunawan<sup>2)</sup>, Ricky Djauhari<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Universitas Palangka Raya

<sup>2)</sup>Staf Pengajar pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Universitas Palangka Raya  
E-mail: [djrickyaku@gmail.com](mailto:djrickyaku@gmail.com)

Diterima : 11 Januari 2020. Disetujui : 3 Maret 2020.

### ABSTRACT

The effect of inulin on calcium phosphor ratio, growth performance, survival, and blood glucose level were evaluated on three ponds culture conditions. Each ponds, namely pond A, B and C consists of treatments A3, D1, D3, B1 (pond A); B3, A1, D2, C2 (pond B); and C1, B2, C3, A2 (pond C). Inulin was added onto feed at 0 (A), 1.25 (B), 2.5 (C), and 5.0 g kg feed<sup>-1</sup> (D). Bioassays performed with treatments in triplicate, were conducted for 28 days. Feed supplemented with inulin at concentrations 1.25 g kg feed<sup>-1</sup> improved calcium phosphor ratio, blood glucose level and growth performance in climbing gouramy fish. The prebiotic inulin increased growth performance and decreased blood glucose level in climbing gouramy fish at concentration of 1.25 g kg feed<sup>-1</sup> is a good feed additive.

**Keywords :** Calcium phosphor ratio, blood glucose, growth performance, *Anabas testudineus*.

### ABSTRAK

Pengaruh pemberian inulin terhadap rasio kalsium fosfor, kinerja pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan kadar glukosa darah dievaluasi pada tiga kondisi budidaya ikan betok di kolam. Setiap kolam, yaitu kolam A, B dan C terdiri dari perlakuan A3, D1, D3, B1 (kolam A); B3, A1, D2, C2 (kolam B); dan C1, B2, C3, A2 (kolam C). Inulin ditambahkan ke pakan pada dosis 0 (A), 1,25 (B), 2,5 (C), dan 5 g/kg pakan (D). Penelitian dilakukan dengan empat perlakuan dan tiga ulangan, durasi selama 28 hari. Pakan ditambah inulin dengan dosis 1,25 g/kg pakan meningkatkan rasio kalsium fosfor, menurunkan kadar glukosa darah dan kinerja pertumbuhan terbaik ikan betok.

**Kata kunci :** Rasio kalsium fosfor, glukosa darah, kinerja pertumbuhan, *Anabas testudineus*.

### PENDAHULUAN

Ikan betok (*Anabas testudineus*) merupakan salah satu jenis ikan hidup di ekosistem rawa banjiran (*floodplain*) yang memegang peranan penting dalam menghasilkan berbagai jenis ikan air tawar ekonomis penting. Ikan ini umumnya hidup liar di perairan tawar sebagai salah satu jenis ikan penetap (*blackfishes*). Ikan betok termasuk jenis ikan lokal air tawar Indonesia yang banyak tersebar di beberapa perairan umum Pulau Kalimantan, Sumatera dan Jawa (Karmila *et al.* 2012). Harga ikan betok di pasar Indonesia berkisar antara Rp 40.000-60.000/kg, merupakan ikan konsumsi di pasaran Asia dan biasanya dijual dalam bentuk hidup (Pellokila 2009).

Prebiotik adalah imunopolisakarida yang tidak dapat dicerna inang namun secara selektif memberi efek menguntungkan dengan merangsang pertumbuhan dan aktivitas

metabolisme sejumlah bakteri menguntungkan di dalam usus, sehingga dapat memperbaiki keseimbangan dinamis populasi bakteri usus (Merrifield *et al.* 2010).

Beberapa prebiotik akuakultur yang sudah diaplikasikan termasuk fruktooligosakarida (FOS), transgalaktooligosakarida (TOS), mannanoligosakarida (MOS), laktosa dan inulin (Teitelbaum and Walker 2002; Vulevic *et al.* 2004). Inulin dan turunannya (oligofruktosa, fruktooligosakarida) umumnya dikenal sebagai fruktan dan pada dasarnya dibentuk oleh rantai linier fruktosa (Madrigal and Sangronis 2007). Beberapa jenis inulin di alam dan mereka berbeda dalam derajat polimerisasi dan berat molekulnya, tergantung pada sumber, waktu panen, dan kondisi pemrosesan (Vijn and Smeekens 1999). Suplementasi pakan akuakultur mengandung inulin dan atau FOS telah terbukti meningkatkan sistem kekebalan

dan laju pertumbuhan beberapa biota akuatik, seperti kura-kura cangkang lunak (Ji *et al.* 2004), larva turbot (Mahious *et al.* 2006), tilapia hybrid (*Oreochromis aureus* ♂ x *O. niloticus* ♀) (Hui-Yuan *et al.* 2007), salmon Atlantik (*Salmo salar*) (Bakke-McKellep *et al.* 2007), udang putih (Li *et al.* 2007; Zhou *et al.* 2007) dan modifikasi mikrobiota saluran pencernaan Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) (Ringø *et al.* 2006). Namun, sejauh ini belum ada data tentang respons ikan betok (*Anabas testudineus*) yang diberi suplementasi pakan mengandung inulin. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian prebiotik inulin pada pakan terhadap rasio kalsium fosfor tubuh, kadar glukosa darah dan kinerja pertumbuhan ikan betok (*Anabas testudineus*).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama 28 hari pada September-Oktober 2019 di Kelurahan Bukit Tunggal, Palangka Raya. Ikan uji yang digunakan yaitu ikan betok (*Anabas testudineus*) dengan bobot rata-rata 0,82 g diadaptasi selama 1 minggu. Penelitian ini menggunakan 3 kolam tanah, masing-masing dipasang 4 hapa. Pada kolam A ada A3, D1, D3 dan B1; di kolam B ada B3, A1, D2 dan C2; dan di kolam C ada C1, B2, C3 dan A2. Hapa yang digunakan berukuran (1x1x1) m<sup>3</sup> dengan jumlah ikan yang ditebar sebanyak 100 ekor per hapa.

Persiapan pakan uji dilakukan dengan menambahkan prebiotik inulin komersial dengan dosis 0 g/kg pakan (perlakuan A), 1,25 g/kg pakan (perlakuan B), 2,5 g/kg pakan (perlakuan C) dan 5 g/kg pakan (perlakuan D) (*w/w*). Pencampuran pakan dan prebiotik dilakukan dengan menambahkan 2% putih telur sebagai *binder* atau perekat. Sedangkan pada pakan kontrol tanpa pemberian prebiotik tetapi tetap diberi putih telur sebanyak 2%. Selanjutnya pakan dikeringudarkan selama kurang lebih 10 menit dan siap diberikan ke ikan uji. Pemberian pakan selama penelitian dilakukan secara *at satiation* dengan frekuensi 2 kali sehari (07.00 dan 17.00 WIB). Parameter eksperimen yang diukur meliputi kadar kalsium (Ca) dan fosfor (P) tubuh ikan, rasio Ca/P, glukosa darah, efisiensi pakan, rasio konversi pakan (FCR), laju pertumbuhan harian, tingkat pertambahan bobot tubuh (Wg) dan tingkat kelangsungan hidup ikan.

Pengukuran glukosa darah dilakukan sebagai indikator stres sekunder yang diakibatkan oleh perlakuan perbedaan padat tebar. Pengujian glukosa darah ikan betok dilakukan pada jam ke-72. Sebanyak satu ekor ikan betok pada setiap wadah diambil darahnya dan diuji dengan test kit glukosa darah (GlucodR Auto AGM 4000). Nilai yang tertera pada alat merupakan gambaran glukosa darah ikan yang ditampilkan dengan satuan mg/dL. Kualitas air dimonitor selama pemeliharaan dengan parameter dan kisaran: suhu 27-31 °C, DO 4,4-5 mg/L dan pH 4,7-6,2.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi prebiotik akuakultur telah banyak terbukti mampu meningkatkan laju pertumbuhan, respons imun dan mengubah struktur komunitas mikroba usus didominasi oleh bakteri menguntungkan (Li *et al.* 2007; Yousefian and Sheikholeslami 2009; Zhou *et al.* 2007). Hasil penelitian Li *et al.* (2007) penambahan FOS dalam pakan meningkatkan jumlah dan spesies mikroba usus, antara lain *Alkalibacillus* sp., *Micrococcus* sp. dan *Roseobacter* sp. dalam usus udang, serta termasuk juga mikroba yang tidak dapat dikultur secara *in vitro* (hanya dapat hidup dan berkembang biak dalam usus udang), sedangkan Zhou *et al.* (2007) menemukan dominasi bakteri *Vibrio parahaemolyticus*, *Aeromonas hydrophila*, *Lactobacillus* sp. dan *Streptococcus faecalis* dalam usus udang.

Hasil penelitian menunjukkan ikan betok yang diberi prebiotik inulin dosis 1,25 g/kg pakan terdapat peningkatan signifikan dalam efisiensi pakan, rasio konversi pakan (FCR), laju pertumbuhan harian dan tingkat pertambahan bobot tubuh (*weight gain*), namun tidak terdapat perbedaan signifikan dibandingkan kontrol (Tabel 1). Hasil ini konsisten dengan Luna-Gonzalez *et al.* (2012) tidak ada peningkatan nyata dalam laju pertumbuhan spesifik dan tingkat kelangsungan hidup *L. vannamei* yang diberi inulin dalam pakannya (0, 1,25, 2,5 dan 5 g/kg), namun mampu meningkatkan aktivitas fenoloksidase yang terkait erat dengan peningkatan sistem pertahanan tubuh, terbukti mampu mereduksi prevalensi WSSV pada dosis 2,5 dan 5 g/kg. Hasil ini juga konsisten dengan Li *et al.* (2007) tidak ada peningkatan signifikan dalam bobot dan tingkat kelangsungan hidup *L. vannamei* yang diberi fruktooligosakarida (FOS) dalam pakannya (0,025, 0,05, 0,075, 0,1, 0,2,

0,4 dan 0,8%). Sementara Zhou *et al.* (2007) menemukan peningkatan pertumbuhan *L. vannamei* yang signifikan diberi suplementasi FOS pada pakan (0, 0,4, 0,8, 1,2, dan 1,6 g/kg) pada dosis 0,4 hingga 1,6 g/kg, meskipun hasil terbaiknya 0,4 g/kg. Suplementasi inulin dosis 0,5% (5 g/kg) pada pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) ukuran 11 g selama 1 dan 2 bulan mampu meningkatkan hematokrit, NBT (aktivitas superoksida), aktivitas lisozim dan proteksi terhadap patogen *Aeromonas hydrophila* saat uji tantangan (Ibrahim *et al.* 2010).

**Tabel 1.** Nilai rata-rata efisiensi pakan (EP), rasio konversi pakan (FCR), laju pertumbuhan harian (LPH), tingkat pertambahan bobot tubuh (Wg) dan tingkat kelangsungan hidup (TKH) ikan betok (*Anabas testudineus*) yang diberi prebiotik inulin dosis berbeda selama 28 hari pemeliharaan.

Parameter/ Perlakuan	A	B	C	D
EP (%)	63,64	60,61	27,27	24,24
FCR	1,71	1,65	3,67	4,13
LPH (%)	2,92	3,18	0,83	0,75
Wg (%)	148,33	142,86	26,8	23,6
TKH (%)	73,5	78	63	61

Hasil penelitian menunjukkan bahwa inulin mampu meningkatkan kandungan kalsium (Ca) tubuh, mengindikasikan prebiotik memperbaiki penyerapan Ca oleh enterosit usus, dan inilah alasan peningkatan penyerapan jumlah Ca terutama terlokasi ke bagian jaringan tulang. Hasil yang sama juga terdapat pada manusia (Grifting *et al.* 2003) dan tikus putih (Lopez *et al.* 2000; Roberfroid *et al.* 2002), bahwa inulin mampu memperbaiki penyerapan mineral terutama Ca dan Mg, retensi Ca, Zn dan Cu masing-masing sebesar lebih dari 18, 35 dan 456% pada ayam broiler (Ortiz *et al.* 2009).

Fermentasi inulin dan FOS oleh mikrobiota pada saluran pencernaan menurunkan pH melalui sintesis SCFA dan asam laktat. Selanjutnya penurunan pH meningkatkan kelarutan Ca yang berujung pada meningkatnya penyerapan Ca (Levrat *et al.* 1991; Trinidad *et al.* 1993). Adanya prebiotik inulin diduga juga mampu membuat permukaan sel penyerap nutrisi (mikrovilli) pada permukaan enterosit menjadi lebih luas dan meningkatkan permeabilitasnya, sehingga penyerapan mineral

pun meningkat (Trinidad *et al.* 1993; Kishi *et al.* 1996).

Mineral yang berperan penting dalam pertumbuhan ikan diantaranya adalah kalsium dan fosfor. Kalsium bersama dengan fosfor berfungsi untuk pembentukan dan pemeliharaan jaringan tulang, disamping itu kalsium sendiri juga berfungsi untuk kontraksi otot, penggumpalan darah, transmisi saraf, pemeliharaan integritas membran sel, aktivasi beberapa enzim dan sekresi hormon (Lall 2002; Sugiura *et al.* 2004). Adapun fosfor diperlukan untuk penyimpanan energi dalam bentuk ATP yang sangat diperlukan untuk mendukung aktivitas metabolisme serta jaringan tulang (Lall 2002; Lall dan Lewis-McCrea 2007).

Perbandingan kandungan Ca/P sangat penting dalam menentukan pertumbuhan ikan, selain itu juga menggambarkan kesehatan tulang yang baik, berperan dalam pembangunan tulang dan pemeliharaan sistem rangka (Lall dan Lewis-McCrea 2007; Stanek *et al.* 2013). Rasio Ca/P yang optimal bergantung pada jenis spesies ikan, rasio Ca/P beberapa spesies ikan berkisar 0,7-1,6 (Lall 2002). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai rasio Ca/P antar perlakuan (Tabel 2), nilai tertinggi sebesar 3,55% terdapat pada perlakuan dosis prebiotik 5 g/kg, dan terendah yakni 2,51% terdapat pada perlakuan dosis prebiotik 2,5 g/kg, sedangkan pada perlakuan dosis prebiotik 1,25 g/kg nilainya sebesar 2,66%. Berdasarkan nilai tersebut maka yang paling baik dalam menghasilkan pertumbuhan ikan betok adalah pada dosis prebiotik 1,25 g/kg.

Beberapa penelitian lain seperti pada ikan siklid Amerika (*Cichlasoma urophthalmus*) menghasilkan pertumbuhan optimal pada rasio Ca/P sebesar 1,3 (Chavez-Sanchez *et al.* 2000), juvenil ikan kerapu (*Epinephelus coioides*) pada rasio Ca/P sebesar 1 (Ye *et al.* 2006) dan juvenil *vundu catfish* (*Heterobranchus longifilis*) pada rasio Ca/P 0,92-1,1 (Toko *et al.* 2008). Rasio Ca/P yang terlalu tinggi dapat mengganggu penyerapan fosfor begitu juga sebaliknya dapat membatasi penyerapan kalsium (Chavez-Sanchez *et al.* 2000; Lall 2002; Lall dan Lewis-McCrea 2007), pada akhirnya terjadi penyimpangan dalam mineralisasi tulang, homeostasi dan metabolisme (Kumar *et al.* 2012). Rasio Ca/P lebih dari 2 ikan berpotensi mengalami kecacatan (Sugiura *et al.* 2004) dan rasio 3:2 dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan (Stanek *et al.* 2013).

Dosis prebiotik yang tinggi merupakan faktor kritis karena memiliki potensi sebagai sumber stres, salah satu indikator untuk melihat respons stres adalah nilai kadar glukosa darah yang disajikan pada Tabel 2. Nilai rata-rata kadar glukosa darah berkisar antara 68,33-135,33 mg/dL, untuk perlakuan A, B, C dan D masing-masing 91 mg/dL, 68,33 mg/dL, 135,33 dan 83 mg/dL yang cenderung berbeda nyata. Mazeaud & Mazeaud (1981) menyebutkan bahwa keberadaan glukosa darah ditentukan oleh stres. Hiperglisemia merupakan indikator terjadinya stres awal, karena tingkat glukosa darah sangat sensitif terhadap hormon stres. Pengukuran glukosa darah dilakukan pada saat saluran pencernaan kosong (puasa 48 jam) sehingga tidak ada lagi pasok glukosa dari pakan. Stres adalah kondisi saat terganggunya keseimbangan dinamis dari organisme (homeostasi) sebagai akibat dari faktor lingkungan. Respons terhadap stres dianggap sebagai mekanisme adaptif ikan untuk mempertahankan homeostasi (Bonga 1997; Barton 2002). Respons fisiologis ikan dalam menghadapi stres dibagi atas respons primer, sekunder dan tersier (Barton 2002). Respons primer dicirikan dengan meningkatnya hormon katekolamin dan kortikosteroid, respons sekunder menyebabkan perubahan metabolisme yaitu peningkatan kadar glukosa, laktat, penurunan glikogen, gangguan osmoregulasi, serta perubahan fungsi imunitas sedangkan respons tersier yaitu terjadinya perubahan performa hewan secara keseluruhan seperti pertumbuhan, respons imun, ketahanan terhadap penyakit dan perubahan tingkah laku (Barton 2002; Nardocci *et al.* 2014).

Indikator yang umum digunakan untuk melihat respons stres adalah kadar kortisol dan glukosa darah, pada keadaan stres akut, konsentrasi kortisol dapat meningkat 10–100 kalinya (Bonga 1997). Ikan memiliki rentang yang luas terhadap respons stress yaitu bergantung pada spesies ikan, jumlah ikan dalam spesies yang sama, populasi, ikan liar, faktor genetik, tingkah laku (Barton 2002). Respons stres dapat dilihat dari peningkatan kadar kortisol dan glukosa darah. Glukosa

sangat penting untuk memenuhi kebutuhan energi yang tinggi akibat stres, karena stres akan mengalihkan energi dari proses metabolisme normal menjadi energi yang digunakan untuk mengaktifkan sistem fisiologis menghadapi stres (Andrade *et al.* 2015).

**Tabel 2.** Nilai rata-rata kandungan kalsium (Ca), fosfor (P), rasio kalsium fosfor (Ca/P) tubuh dan glukosa darah ikan betok (*Anabas testudineus*) yang diberi prebiotik inulin dosis berbeda selama 28 hari pemeliharaan.

Parameter/ Perlakuan	A	B	C	D
Ca (%)	2,93	2,66	3,61	3,48
P (%)	1	1	1,44	0,98
Ca/P	2,93	2,66	2,51	3,55
Glukosa darah (mg/dL)	91	68,33	135,33	83

Menurunnya kadar glukosa darah mengindikasikan bahwa ikan memanfaatkan energi dari glukosa untuk merespons dan beradaptasi terhadap stres. Kemampuan ikan beradaptasi terhadap lingkungan, lamanya dan besarnya respons stres bergantung pada jenis spesies, intensitas dan durasi respons (Bonga 1997). Pada ikan, khususnya spesies karnivora, umumnya justru terjadi fenomena kadar glukosa darah tinggi (hiperglisemia) jangka panjang teramati bahkan setelah ikan mengkonsumsi pakan kaya karbohidrat (Cowey and Walton 1989; Wilson 1994; Moon 2001). Hal ini mencerminkan efek lebih kuat (dominan) dari asam-asam amino dibanding glukosa sebagai stimulator sekresi insulin (Mommsen and Plisetskaya 1991).

Menurut Watkins (2008), kebutuhan energi untuk memperbaiki homeostasi selama stres dipenuhi oleh proses glikogenolisis dan glukoneogenesis yang menghasilkan glukosa.

Kadar glukosa darah dipertahankan homeostasinya oleh organ hati melalui metabolisme glukosa (Piliang and Djojosebagio 2000). Beberapa mekanisme yang berperan dalam mempertahankan homeostasi glukosa darah adalah glikolisis, glukoneogenesis, glikogenesis dan glikogenolisis (Leung and Woo 2012).

Homeostasi glukosa dalam darah dipertahankan oleh beberapa hormon. Insulin merupakan salah satu hormon yang berperan menurunkan kadar glukosa dalam darah. Terjadinya katabolisme protein untuk membentuk glukosa juga menghasilkan asam amino, sehingga asam amino dalam darah mengalami peningkatan. Meningkatnya asam amino dalam darah akan mengaktifasi insulin kembali sehingga mampu melakukan transpor glukosa, sehingga glukosa dalam darah akan menurun kembali (Wendelaar 1997).

### KESIMPULAN

Suplementasi prebiotik inulin dosis 1,25 g/kg pakan mampu memperbaiki rasio kalsium fosfor tubuh, menurunkan kadar glukosa darah dan meningkatkan kinerja pertumbuhan ikan betok (*Anabas testudineus*).

### DAFTAR PUSTAKA

- Andrade T, Afonso A, Peres-Jimenez A, Oliva-Teles A, de Las Heras V, Mancera JM, Serradeiro R, Costas B. 2015. Evaluation of different stocking densities in a Senegalese sole (*Solea senegalensis*) farm: Implications for growth, humoral immune parameters and oxidative status. *Aquaculture* 438: 6-11.
- Bakke-McKellep AM, Penn MH, Salas PM, Refstie S, Sperstad S, Landsverk T, Ringó E, Krogdahl A. 2007. Effects of dietary soybean meal, inulin and oxytetracycline on gastrointestinal histological characteristics, distal intestine cell proliferation and intestinal microbiota in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Br. J. Nutr.*, 97, 699–713.
- Barton BA. 2002. Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology* 42: 517-525.
- Berka R. 1986. The transport of live fish. EIFAC Tech. Pap. No. 48. p.52.
- Bonga SEW. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews* 77 (3): 591-625.
- Brown JA. 1993. Endocrine Responses to Environmental Pollutions, p: 276-292. In J.F. Rankin & F.B. Jemsen (Eds.). *Fish Ecology-siology*. Chapman & Hall, London.
- Chavez-Sanchez C, Martinez-Palacios CA, Martinez-Perez G, Ross LG. 2000. Phosphorus and calcium requirements in the diet of the American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Aquaculture Nutrition* 6: 1-9.
- Cowey CB, Walton MJ. 1989. Intermediary metabolism. In: Halver JE (ed) *Fish nutrition*. Academic Press, San Diego, pp 260–329.
- Faturrohman K. 2017. Penentuan kadar oksigen terlarut optimum untuk pertumbuhan benih kepiting bakau *Scylla serrata* dalam sistem resirkulasi. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Fujaya Y. 1999. *Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Gracia LA, Rosas VC, Brito PR. 2006. Effects of salinity on physiological conditions in juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 145:340–45.
- Grifting IJ, Hics PMD, Heaney RP, Abrams SA. 2003. Enriched chicory inulin increases calcium absorption in girls with lower calcium absorption. *Nutr. Res.*, 23, 901–909.
- Hui-Yuan L, Zhigang Z, Rudeaux F, Responde KF. 2007. Effects of dietary short chain fructo-oligosaccharides on intestinal microflora, mortality and growth performance of *Oreochromis aureus* ♂ 9 O. niloticus ♀. *Chin. J. Anim. Nutr.*, 19, 1–6.
- Ibrahim MD, Fathi M, Meslhy S, El-Aty AMA. 2010. Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth hematology, innate immunity and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish. Shellfish Immunol.* 29: 241-246.
- Ji G, Liu Z, Leng X. 2004. Effects of dietary beta-glucan and fructooligosaccharides on the growth and activities of superoxide dismutase and lysozyme of *Trionyx sinensis*. *Journal of Shanghai Fisheries University* 13, 36–40.
- Julian, William GR, Stephanie EW, Albert JS. 2003. Oxygen Consumption in weakly electric neotropical fishes. *Journal of Oecologia* 2003, 137:502-511.
- Karmila, Muslim, Effachmi. 2012. Analisis Tingkat Kematangan Gonad Ikan Betok (*Anabas testudineus*) Di Perairan Rawa

- Banjir Desa Pulokerto Kecamatan Gandus Kota Palembang. *Jurnal Fisheries*. **1(1)**:25-29.
- Kishi K, Goda T, Takase S. 1996. Maltitol increases transepithelial diffusional transfer of calcium in rat ileum. *Life Sci.*, 59, 1133–1140.
- Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, De Boeck G, Becker K. 2012. Phytate and phytase in fish nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96 (3): 335-364.
- Lall SP. 2002. The Minerals. Ed Halver JE, Hardy RW. *Fish Nutrition*. Third edition. Academic Press California (US) pp 260-309.
- Lall SP, Lewis-Mcrea LM. 2007. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - An overview. *Aquaculture* 267: 3-19.
- Leung LY, Woo NYS. 2012. Influence of dietary carbohydrate level on endocrine status and hepatic carbohydrate metabolism in the marine fish *Sparus sarba*. *Fish Physiol Biochem* 38:543-554.
- Levrat MA, Remesy C, Demigne C. 1991. High propionic acid fermentation and mineral accumulation in the cecum of rats adapted to different levels of inulin. *J. Nutr.*, 121, 1730–1737.
- Li P, Burr GS, Gatlin DM, Home ME, Patnaik S, Castille FL, Lawrence AL. 2007. Dietary supplementation of short-chain fructooligosaccharides influences gastrointestinal microbiota composition and immunity characteristics of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, cultured in a recirculating system. *Journal of Nutrition* 137, 2763–2768.
- Li E, Chen L, Zeng C, Chen X, Yu N, Lai Q, Qin JG. 2007. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* at different salinities. *Elsevier Aquaculture*. 265:385–390.
- Lopez HW, Coudray C, Levrat-Verney M, Feilletcoudray C, Demigne C, Remesy C. 2000. Fructooligosaccharides enhance mineral apparent absorption and counteract the deleterious effects of phytic acid on mineral homeostasis in rats. *J. Nutr. Biochem.*, 11, 500–508.
- Luna-González A, Almaraz-Salas JC, Fierro-Coronado JA, del Carmen Flores-Miranda M, González-Ocampo HA, Peraza-Gómez V. 2012. The prebiotic inulin increases the phenoloxidase activity and reduces the prevalence of WSSV in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured under laboratory conditions. *Aquaculture* 362-363: 28–32.
- Madrigal L, Sangronis E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 57, 387–396.
- Mahious AS, Gatesoupe FJ, Hervi M, Metailler R, Ollevier F. 2006. Effects of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot *Psetta maxima* (Linneaus, C. 1758). *Aquaculture International* 14, 219–229.
- Mallya YJ. 2007. The effects of dissolved oxygen on fish growth in aquaculture. *UNU-Fisheries Training Programme*. Tanzania.
- Mazeaud MM, Mazeaud F. 1981. Andrenergic responses to stress in fish, p: 49-75. *In* A.D. Pickering. (Ed.). *Stress and Fish*. Academic Press, London.
- Merrifield DL, Dimitroglou A, Foey A, Davies SJ, Baker RTM, Børgwald J, Castex M, Ringø E. 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture* 302:1–18.
- Mommsen TP, Plisetskaya EM. 1991. Insulin in fishes and agnathans: history, structure and metabolic regulation. *Rev Aquat Sci* 4:225–259.
- Moon TW. 2001. Glucose intolerance in teleost fish: face or fiction? *Comp Biochem Physiol* 129B:243–249.
- Nardocci G, Navarro C, Cortes PP, Imarai M, Montoya M, Valenzuela B, Jara P, Acuna-Castillo C, Fernandez R. 2014. Neuroendocrine mechanisms for immune system regulation during stress in fish. *Fish & Shellfish Immunology* 40: 531–538.
- [NRC] National Research Council. 1977. *Nutrient Requirement of Warmwater Fishes and Shellfishes Revised Edition*. Washinton D.C (US): National Academy Press. hlm 102.
- Ortiz LT, Rodriguez ML, Alzueta C, Rebole A, Trevino J. 2009. Effect of inulin on growth performance, intestinal tract sizes, mineral retention and tibial bone mineralization in

- broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, 50, 325–332.
- Pellock NAY. 2009. Biologi Reproduksi Ikan Betok (*Anabas testudineus* Bloch, 1792) di Rawa Banjiran DAS Mahakam, Kalimantan Timur. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 106 hlm.
- Piliang WG, Djojoseobagio S. 2000. Fisiologi Nutrisi, Volume I. Institut Pertanian Bogor ISBN 979-8212-06-1, Bogor. 289 hal.
- Putra AN. 2015. Laju Metabolisme Pada Ikan Nila Berdasarkan Pengukuran Tingkat Konsumsi Oksigen. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 5(1):13-18.
- Ringø E, Sperstad S, Myklebust R, Mayhew T, Olsen RE. 2006. The effect of dietary inulin on bacteria associated with hindgut of Arctic charr (*Savelinus alpinus* L.). *Aquacult. Res.*, 37, 891–897.
- Roberfroid MB, Cumps J, Devogelaer JP. 2002. Dietary chicory inulin increases whole body bone mineral density in growing male rats. *J. Nutr.*, 132, 3599–3602.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Jurnal Oseana*. 30(3):1–6.
- Stanek M, Peter E, Janicki B. 2013. Content of the calcium and phosphorus in the meat of Prussian carp (*Carassius auratus gibelio* BLOCH, 1783) from the Lake Gop<sup>3</sup>o (Poland). *Journal of Central European Agriculture* 14(1): 1-10.
- Steward M. 1991. *Animal Physiology*. Thomson Litho Ltd., London. 486 p.
- Sugiura SH, Hardy RW, Roberts RJ. 2004. The pathology of phosphorus deficiency in fish – a review. *Journal of Fish Diseases* 27: 255-265.
- Suryaningrum TD, Sari A, Indarti N. 2000. Pengaruh Kapasitas Angkut Terhadap Sintasan dan Kondosi Ikan pada Transportasi Kerapu Hidup Sistem Basah. Dalam Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan 1999/2000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Eksplorasi Laut dan Perikanan Jakarta. P: 259-268.
- Teitelbaum JE, Walker WA. 2002. Nutritional impact of pre- and probiotics as protective gastrointestinal organisms. *Annual Review of Nutrition* 22, 107–138.
- Toko II, Fiogbe ED, Kestemont P. 2008. Growth, feed efficiency and body mineral composition of juveniles of vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*, Valenciennes 1840) in relation to various dietary levels of soybean or cottonseed meals. *Aquaculture Nutrition* 14: 193-203.
- Trinidad TP, Wolever TMS, Tompson LV. 1993. Interactive effects of calcium and short-chain fatty acids on absorption in the distal colon of man. *Nutr. Res.*, 13, 417–425.
- Vijn I, Smeekens S. 1999. Fructan: more than a reserve carbohydrate? *Plant Physiology* 120 (2), 351–359.
- Vulevic J, Rastall RA, Gibson GR. 2004. Developing a quantitative approach for determining the in vitro prebiotic potential of dietary oligosaccharides. *FEMS Microbiology Letters* 236, 153–159.
- Watkins D, Cooperstein SJ, Lazarow A. 2008. Effect of alloxan on permeability of pancreatic islet tissue in vitro. *American Journal of Physiology*. 207(2):436–440.
- Wendelaar BSE. 1997. The stress response in fish. *Physiol. Rev.*, 77:591-625.
- Wibowo S, Utomo BSV, Suryaningrum TD. 1987. Kajian Sifat Fisiologi Ikan Sebagai Dasar Dalam Pengembangan Transportasi Ikan Kerapu Lumpur (*Epinephelus tauvina*) Hidup untuk Ekspor. Makalah disampaikan sebagai penelitian unggulan Puslitbang Perikanan.
- Wilson RP. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture* 124:67–80.
- Ye CX, Hu XJ, Tian LX, Mai KS, Du ZY, Yang HY, Niu J. 2006. Effect of dietary calcium and phosphorus on growth, feed efficiency, mineral content and body composition of juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquaculture* 255: 263-271.
- Yousefian M, Sheikholeslami M. 2009. A review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp. *African Journal of Biotechnology* 8 (25), 7313–7318.
- Zhou Z, Ding Z, Huiyuan LV. 2007. Effects of dietary short-chain fructooligosaccharides on intestinal microflora, survival and growth performance of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society* 38, 2–8.