

# I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara maritim yang memiliki potensi budidaya laut yang tinggi perlu meningkatkan perannya sebagai penyedia produk marikultur dengan mengembangkan budidaya jenis ikan laut lokal. Salah satu jenis ikan yang berpotensi untuk dikembangkan dalam kegiatan marikultur adalah ikan kerapu hibrid cangang (*Epinephelus lanceolatus*♂ × *Epinephelus fuscoguttatus*♀) yang memiliki nilai komersial yang tinggi dengan harga mencapai Rp 120.000,00 per kg dan merupakan satu produk ekspor dengan negara tujuan ekspor, seperti Hongkong, Taiwan, Cina, Jepang, Korea Selatan, Vietnam, dan Singapura. Namun, kegiatan budidaya ikan ini masih terkendala pada masa pemeliharaan yang relatif lama karena pertumbuhan yang belum optimal sehingga memerlukan waktu lebih dari tujuh bulan untuk mencapai ukuran konsumsi (Jiet dan Musa 2018), rasio konversi pakan yang masih lebih dari satu persen (Hendriansyah *et al.* 2018) dan penurunan kesehatan akibat stres dan penyakit yang dapat menyebabkan kematian massal (Dedi *et al.* 2018; Dahlia *et al.* 2017; Irawanto *et al.* 2018).

Kinerja pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh kualitas pakan. Pakan buatan diformulasikan dengan kombinasi berbagai bahan pakan (*raw material*) agar dapat diperoleh komposisi nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan ikan. Selain bahan pakan sebagai sumber nutrisi, kualitas pakan dapat ditingkatkan dengan suplementasi senyawa aditif yang bertujuan meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi pakan dan fungsi lainnya seperti meningkatkan kesehatan dan daya tahan tubuh terhadap stres dan penyakit. Salah satu senyawa yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai suplemen aditif dengan fungsi tersebut dalam pakan ikan terutama ikan laut adalah betain.

Betain adalah senyawa *zwitterionic quaternary ammonium* yang juga dikenal sebagai *trimethyl-glycine*, *glycine betaine*, *lysine* dan *oxyneurine*. Senyawa ini memiliki fungsi fisiologis sebagai osmolit organik untuk melindungi sel ketika dalam kondisi stres atau sebagai sumber gugus metil dalam proses katabolisme melalui transmetilasi untuk berbagai jalur biokimia (Knight *et al.* 2017; Craig 2004). Betain sebagai osmolit dapat melindungi sel, protein dan enzim dalam tubuh organisme dari berbagai stres lingkungan. Di samping itu sebagai donor metil, betain berpartisipasi dalam siklus metionina sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan metionina yang dikenal sebagai asam amino pembatas dalam pakan ikan. Dengan demikian efisiensi pemanfaatan protein sebagai komponen termahal dalam pakan ikan dapat ditingkatkan dan limbah nitrogen yang dihasilkan akibat ketidakseimbangan asam amino pakan dapat diminimalkan. Selain itu, betain dikenal sebagai atraktan yang dapat meningkatkan ketertarikan ikan pada pakan (Felix dan Sudharsan 2004) sehingga meningkatkan konsumsi pakan dan mengurangi sisa pakan. Penelitian suplementasi betain pada ikan kerapu masih terbatas, karena itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan mengevaluasi suplementasi betain dalam pakan terhadap kinerja pertumbuhan dan status antioksidasi ikan kerapu cangang.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## 1.2 Perumusan Masalah

Kinerja pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh kualitas pakan terutama ketersediaan nutrisi. Kualitas pakan dapat ditingkatkan dengan suplementasi senyawa aditif yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi pakan dan fungsi lainnya seperti meningkatkan kesehatan dan daya tahan tubuh terhadap stres dan penyakit. Betain adalah senyawa *zwitterionic quaternary ammonium* yang juga dikenal sebagai trimethyl-glycine, glycine betaine, lysine dan oxycneurine. Senyawa ini memiliki fungsi fisiologis sebagai osmolit organik untuk melindungi sel ketika dalam kondisi stres atau sebagai sumber gugus metil dalam proses katabolisme melalui transmetilasi untuk berbagai jalur biokimia. Betain sebagai osmolit dapat melindungi sel, protein dan enzim dalam tubuh organisme dari berbagai stres lingkungan. Sebagai donor metil, betain berpartisipasi dalam siklus metionin sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan metionin yang dikenal sebagai asam amino pembatas dalam pakan ikan. Dengan demikian efisiensi pemanfaatan protein sebagai komponen termahal dalam pakan ikan dapat ditingkatkan dan limbah nitrogen yang dihasilkan akibat ketidakseimbangan asam amino pakan dapat diminimalkan. Selain itu, betain dikenal sebagai atraktan yang dapat meningkatkan ketertarikan ikan pada pakan sehingga dapat meningkatkan konsumsi pakan dan mengurangi sisa pakan.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh suplementasi betain dalam pakan dalam meningkatkan pemanfaatan pakan, kinerja pertumbuhan dan status antioksidan ikan kerapu cantang.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah didapatkannya informasi terkait dengan suplementasi betain sebagai bahan aditif pakan untuk menunjang kinerja produksi dan kesehatan ikan kerapu cantang.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Suplementasi betain dalam pakan pada dosis tertentu dapat meningkatkan pemanfaatan pakan, laju pertumbuhan dan status antioksidasi ikan kerapu cantang.

# II METODE PENELITIAN

## 2.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Oktober 2020 di Laboratorium Lapangan IPB Fisheries and Marine Observation Station, Ancol-Jakarta Utara dan analisis dilakukan di Laboratorium Nutrisi Ikan dan Laboratorium Lingkungan Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB serta PT. Saraswanti Indo Genetech.

## 2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dosis betain yang berbeda, yaitu 0,0%, 0,5%, 1,0% dan 2,0%, masing-masing dengan 4 ulangan.

## 2.3 Pemeliharaan Ikan

Benih ikan kerapu cantang berasal dari Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbondo, Jawa Timur dengan rata-rata ukuran panjang  $5,89 \pm 0,01$  cm dan bobot tubuh  $2,85 \pm 0,05$  g. Wadah pemeliharaan yang digunakan berupa akuarium berukuran 60 cm x 40 cm x 40 cm yang berisi 75 L air laut dengan sistem resirkulasi (*top filter*). Setelah 7 hari masa aklimasi benih ikan didistribusikan dengan kepadatan 15 ekor per akuarium ( $209 \text{ ekor.m}^{-3}$ ).

Benih ikan dipuasakan selama 24 jam untuk membersihkan sisa pakan yang dimakan sebelumnya lalu ditimbang dan diukur panjang totalnya. Ikan sampel diambil dan disimpan dalam freezer pada suhu  $-19^{\circ}\text{C}$  untuk analisis proksimat dan pengujian asam amino tubuh ikan awal. Benih ikan dipelihara selama 50 hari dengan frekuensi pemberian pakan 2 kali sehari pada pukul 08.00 dan 16.00 secara *at satiation*. Pertumbuhan ikan dimonitor dengan pengukuran panjang dan bobot ikan pada hari ke-30 dan pada akhir penelitian.

Pada akhir penelitian dilakukan penghitungan jumlah ikan yang hidup. Tiga ekor ikan dikumpulkan dari masing-masing perlakuan untuk analisis proksimat, analisis asam amino dan status antioksidan ikan. Pemantauan kualitas air meliputi salinitas (refraktometer), suhu (termometer digital), pH (pH meter PH-009 (I)) dan oksigen terlarut (DO meter) secara berkala setiap hari selama pemeliharaan. Hasil pengukuran kualitas air menunjukkan bahwa kisaran suhu ( $29,90\text{--}33,50^{\circ}\text{C}$ ), pH ( $6,30\text{--}8,30$ ) dan DO ( $2,70\text{--}6,50 \text{ mg.L}^{-1}$ ) masih dalam batas optimum untuk pemeliharaan ikan kerapu (Putra *et al.* 2020; Rochmad dan Mukti 2020; SNI 2014).

### 2.3.1 Pakan uji

Pakan uji yang digunakan dalam penelitian ini diformulasikan dengan kadar protein sama (isonitrogenous) dan isoenergetik dengan tingkat suplementasi betain yang berbeda. Pakan dibuat dalam empat tingkat suplementasi betain yang berbeda yaitu 0,0% ( $B_{0,0}$ ), betain 0,5% ( $B_{0,5}$ ), betain 1,0% ( $B_{1,0}$ ) dan betain 2,0% ( $B_{2,0}$ ) (Tabel 1). Bahan pakan diayak dengan ayakan *mesh size* 0.1  $\mu\text{m}$  lalu dicampur hingga homogen. Selanjutnya pakan dicetak dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam.

Tabel 1 Analisis proksimat pakan uji dengan tingkat suplementasi betain yang berbeda (% bobot kering)

Nutrien	Perlakuan suplementasi betain (%)			
	$B_{0,0}$	$B_{0,5}$	$B_{1,0}$	$B_{2,0}$
Protein (%)	59,80	60,79	60,91	60,36
Lemak (%)	12,19	12,41	12,25	11,88
Serat kasar (%)	3,55	3,65	4,34	1,28
Abu (%)	12,47	11,50	11,74	11,35
GE (kcal $100 \text{ g}^{-1}$ ) <sup>a</sup>	466,81	474,88	476,89	457,72
Ratio C/P (kcal $\text{g}^{-1}$ protein) <sup>b</sup>	7,81	7,81	7,83	7,58

Nilai yang tertera adalah nilai rata-rata. <sup>a</sup>GE: gros energi dihitung berdasarkan Ye *et al.* (2019), dengan 1 g protein= 5,64 kcal, 1 g lemak= 9,43 kcal, dan 1 g karbohidrat= 4,11 kcal. <sup>b</sup>Rasio energi per protein. Kadar air (%):  $B_{0,0} = 11,77$ ;  $B_{0,5} = 9,39$ ;  $B_{1,0} = 9,16$ ; dan  $B_{2,0} = 10,16$ .

## 2.4 Parameter Uji

Parameter uji yang dianalisis meliputi kinerja pertumbuhan, pemanfaatan pakan, dan status antioksidan ikan kerapu cantang. Parameter kinerja pertumbuhan meliputi laju pertumbuhan spesifik, faktor kondisi, kelangsungan hidup, keragaman ukuran panjang dan indeks hepatosomatik. Sedangkan, kinerja pemanfaatan pakan terdiri atas jumlah konsumsi pakan, efisiensi pemanfaatan pakan, retensi protein, retensi metionin, retensi lemak dan ekskresi amonia; dan status antioksidan ikan terdiri atas parameter, aktivitas superoksida dismutase (SOD) dan konsentrasi malondialdehida (MDA).

### 2.4.1 Kinerja pertumbuhan

Laju pertumbuhan spesifik adalah laju pertambahan bobot ikan dalam persentase dihitung dengan rumus (Wang *et al.* 2020);

$$LPS = \frac{(\ln W_t - \ln W_o)}{t} \times 100$$

dengan, LPS: laju pertumbuhan spesifik (% hari<sup>-1</sup>); W<sub>t</sub>: bobot rata-rata akhir ikan pada waktu t (g); W<sub>o</sub>: bobot rata-rata awalikan pada waktu 0 (g); dan t: lama pemeliharaan (hari).

Faktor kondisi adalah perbandingan bobot dengan panjang dalam volum menggunakan formula (Liang *et al.* 2020);

$$FK = \frac{W}{L^3} \times 100$$

dengan, FK: Faktor kondisi; W: bobot ikan (g); dan L: panjang ikan (cm).

Perhitungan tingkat kelangsungan hidup dilakukan pada akhir perlakuan dengan rumus (Ye *et al.* 2020);

$$TKH = \frac{N_t}{N_o} \times 100$$

dengan, TKH: tingkat kelangsungan hidup ikan (%); N<sub>t</sub>: jumlah ikan akhir (ekor); dan N<sub>o</sub>: jumlah ikan awal (ekor).

Keragaman ukuran panjang ikan ditentukan dengan formula (Xie *et al.* 2011);

$$KV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

dengan, KV: keragaman ukuran ikan (%); S: simpangan baku panjang ikan tiap perlakuan; dan  $\bar{x}$ : rata-rata panjang ikan tiap perlakuan.

Perhitungan indeks hepatosomatik merupakan perbandingan bobot hati terhadap bobot tubuh ikan menggunakan formula (Tan *et al.* 2018);

$$IHS = \frac{Wh}{W} \times 100$$

dengan, IHS: indeks hepato somatik (%); Wh: bobot hati (g); dan W: bobot ikan (g).

### 2.4.2 Kinerja pemanfaatan pakan

Jumlah konsumsi pakan dihitung dari selisih total antara jumlah pakan awal dengan sisa pakan selama pemeliharaan (De *et al.* 2016).

$$JKP = P_{awal} - P_{akhir}$$

dengan, JKP: jumlah konsumsi pakan (g) dan P: bobot pakan sebelum dan sesudah pemberian pakan.

Efisiensi pemanfaatan pakan menggunakan formula (Ye *et al.* 2019);

$$EP = \frac{(Wt + Wd - Wo)}{F} \times 100$$

Efisiensi protein merupakan perbandingan kenaikan bobot tubuh dengan protein yang dikonsumsi ikan (Faudzi *et al.* 2017), dihitung dengan rumus;

$$EPro = \frac{(Wt + Wd - Wo)}{F \times Pro_p} \times 100$$

dengan, EP: efisiensi pemanfaatan pakan (%); EPro: efisiensi protein (%); Wt: bobot biomassa ikan uji pada akhir pengujian (g); Wd: bobot ikan yang mati selama pemeliharaan (g); Wo: bobot biomassa ikan uji pada awal pengujian (g); dan F: jumlah pakan yang dikonsumsi ikan selama penelitian (g); dan  $Pro_p$ : proporsi protein dalam pakan (%).

Penghitungan retensi nutrisi (protein, metionina, lemak) dalam tubuh ikan (Li *et al.* 2018) menggunakan formula;

$$RN = \frac{(Nt - No)}{N} \times 100$$

dengan RN: retensi nutrisi (%), protein (Pro), metionina (M), lemak (L); Nt: jumlah nutrisi tubuh ikan uji pada akhir pengujian (g); No: jumlah nutrisi tubuh ikan uji pada awal pengujian (g); dan N: jumlah nutrisi yang dikonsumsi ikan (g).

Penentuan ekskresi amonia dilakukan berdasarkan (Suprayudi *et al.* 2014) dengan modifikasi. Pengambilan sampel air untuk analisis amonia dilakukan sebelum diberi pakan dan setelah 1 jam, 2 jam dan 3 jam dengan kondisi aerasi dan resirkulasi dihentikan. Analisis amonia dilakukan dengan metode Phenate (Zhou dan Boyd 2016) menggunakan spektrofotometer pada nilai absorbansi 630 nm.

### 2.4.3 Analisis antioksidan

Pengukuran aktivitas SOD dengan metode WST-1 (Ren *et al.* 2020). WST-1 direduksi menjadi pewarna formazan oleh radikal superoksida yang dihasilkan oleh sistem xanthine oksidase, dan formazan dikuantifikasi pada nilai absorbansi 550 nm. Satu unit SOD adalah pengurangan 50% dalam jumlah enzim yang menghambat WST-1, sedangkan kadar MDA ditentukan dengan reaksi asam tiobarbiturat yang sangat absorben pada 532 nm (Fan *et al.* 2019).



#### 2.4.4 Analisis proksimat dan asam amino

Analisis proksimat meliputi kadar air, protein, lemak, dan abu. Analisis kadar air dengan metode gravimetrik, protein dengan metode Kjeldhal, lemak dengan metode Soxhlet dan Folch serta kadar abu dengan metode Gravimetrik. Analisis proksimat dilakukan sesuai dengan prosedur AOAC (Xie *et al.* 2021). Asam amino yang dianalisis di laboratorium komersil (Saraswanti Indo Genetech) yang meliputi metionina dan sistin. Analisis asam amino pada pakan dan tubuh ikan dilakukan dengan metode HPLC (Li *et al.* 2019).

#### 2.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) menggunakan *Microsoft Excel 2007* dan perangkat lunak statistik SPSS 16.0 dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95% dan nilai signifikan ( $P < 0.05$ ). Homogenitas data dianalisis menggunakan uji *Levene's* dengan nilai homogen ( $P > 0.05$ ). Data kelangsungan hidup ditransformasi dengan arcsin sebelum diuji lanjut.

### III HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil

##### 3.1.1 Kinerja pertumbuhan

Setelah 50 hari masa pemeliharaan, perlakuan suplementasi betain pada dosis tertentu memiliki pengaruh lebih baik terhadap kinerja pertumbuhan ikan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perbedaan ukuran, baik bobot maupun panjang ikan pada akhir pemeliharaan. Akan tetapi, tidak ada perbedaan pada kelangsungan hidup, koefisien variasi panjang dan indeks hepatosomatik antar perlakuan ( $P > 0.05$ ) (Tabel 2).

Tabel 2 Kinerja pertumbuhan benih ikan kerapu cantang yang diberi pakan dengan kadar betain berbeda setelah 50 hari pemeliharaan.

Parameter	Perlakuan suplementasi betain (%)			
	B <sub>0.0</sub>	B <sub>0.5</sub>	B <sub>1.0</sub>	B <sub>2.0</sub>
Bobot awal (g)	2,89 ± 0,04	2,88 ± 0,03	2,86 ± 0,04	2,78 ± 0,04
Panjang awal (cm)	5,92 ± 0,02	5,89 ± 0,03	5,89 ± 0,02	5,85 ± 0,01
Bobot akhir (g)	14,19 ± 1,49 <sup>a</sup>	19,61 ± 1,13 <sup>b</sup>	15,85 ± 0,81 <sup>a</sup>	14,82 ± 0,70 <sup>a</sup>
Panjang akhir (cm)	9,21 ± 0,31 <sup>a</sup>	10,24 ± 0,12 <sup>b</sup>	9,58 ± 0,14 <sup>a</sup>	9,45 ± 0,11 <sup>a</sup>
LPS (% h <sup>-1</sup> )	2,59 ± 0,15 <sup>a</sup>	3,52 ± 0,17 <sup>b</sup>	3,07 ± 0,20 <sup>ab</sup>	3,16 ± 0,19 <sup>ab</sup>
FK	1,78 ± 0,02 <sup>ab</sup>	1,82 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,71 ± 0,04 <sup>ab</sup>	1,68 ± 0,04 <sup>a</sup>
TKH (%)	78,33 ± 11,34	86,67 ± 7,20	85,00 ± 6,87	91,67 ± 5,00
KVP	8,26 ± 0,48	7,31 ± 1,10	10,96 ± 2,55	8,21 ± 0,37
IHS	1,29 ± 0,12	1,33 ± 0,12	1,34 ± 0,13	1,27 ± 0,07

Huruf cetak atas yang berbeda setelah nilai rata-rata ± standar eror pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $P < 0.05$ ). LPS: laju pertumbuhan spesifik, FK: faktor kondisi, TKH: tingkat kelangsungan hidup, KVP: keragaman ukuran panjang dan IHS: indeks hepatosomatik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Laju pertumbuhan spesifik ikan tertinggi terdapat pada perlakuan B<sub>0.5</sub> dan terendah terdapat pada perlakuan B<sub>0.0</sub> (kontrol). Semua perlakuan pakan dengan suplementasi betain memiliki laju pertumbuhan spesifik yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, perlakuan B<sub>0.5</sub> memberikan faktor kondisi ikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dan terendah pada perlakuan B<sub>2.0</sub>.

### 3.1.2 Kinerja pemanfaatan pakan

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan kinerja pemanfaatan pakan antar perlakuan suplementasi betain dan kontrol. Tabel 3 menunjukkan jumlah konsumsi pakan dan efisiensi protein tertinggi pada perlakuan B<sub>0.5</sub> dan secara keseluruhan pakan dengan kandungan betain lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, efisiensi pakan, retensi protein dan retensi lemak pada ikan yang diberi pakan yang mengandung betain juga lebih tinggi daripada perlakuan kontrol. Nilai efisiensi pemanfaatan pakan dan retensi protein tertinggi pada perlakuan B<sub>0.5</sub> dan menurun seiring dengan penambahan betain dalam pakan. Akan tetapi, retensi dan kandungan metionina dalam tubuh ikan serta ekskresi amonia tidak berbeda antar perlakuan ( $P>0,05$ ) (Tabel 3).

Tabel 3 Jumlah pakan, efisiensi pakan dan protein, retensi protein dan metionin, retensi lemak dan ekskresi amonia benih ikan kerapu cantang yang diberi pakan dengan kadar betain berbeda selama pemeliharaan 50 hari

Parameter	Perlakuan suplementasi betain (%)			
	B <sub>0.0</sub>	B <sub>0.5</sub>	B <sub>1.0</sub>	B <sub>2.0</sub>
Jumlah pakan (g)	163,69 ± 3,67 <sup>a</sup>	205,36 ± 6,71 <sup>c</sup>	179,38 ± 5,91 <sup>ab</sup>	196,69 ± 10,57 <sup>bc</sup>
Efisiensi pakan (%)	86,93 ± 3,94 <sup>a</sup>	115,12 ± 3,34 <sup>b</sup>	101,77 ± 4,78 <sup>ab</sup>	89,29 ± 6,23 <sup>a</sup>
Efisiensi protein (%)	1,36 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,85 ± 0,06 <sup>c</sup>	1,61 ± 0,10 <sup>bc</sup>	1,45 ± 0,11 <sup>ab</sup>
Retensi protein (%)	14,68 ± 0,99 <sup>a</sup>	26,43 ± 0,75 <sup>b</sup>	20,92 ± 3,17 <sup>ab</sup>	17,92 ± 3,00 <sup>a</sup>
Retensi lemak (%)	7,44 ± 1,97 <sup>a</sup>	29,40 ± 0,75 <sup>b</sup>	25,48 ± 4,06 <sup>b</sup>	23,73 ± 3,93 <sup>b</sup>
Retensi metionina (%)	31,53 ± 4,11	33,22 ± 2,59	33,31 ± 4,94	34,76 ± 3,63
Ekskresi amonia (µg L.g.j <sup>-1</sup> )	6,5 ± 2,7	1,4 ± 0,4	2,3 ± 1,1	2,7 ± 1,6

Huruf cetak atas yang berbeda setelah nilai rata-rata ± standar error pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $P<0,05$ ).

Kandungan protein dan lemak tubuh ikan terlihat lebih tinggi pada pakan dengan betain dibandingkan dengan pakan kontrol, sementara kandungan metionina terlihat tidak berbeda nyata (Tabel 4).

Tabel 4 Komposisi proksimat dan asam amino metionina pada tubuh benih ikan kerapu cantang yang diberi pakan dengan kadar betain yang berbeda selama pemeliharaan 50 hari

Parameter (%)	Perlakuan suplementasi betain (%)			
	B <sub>0.0</sub>	B <sub>0.5</sub>	B <sub>1.0</sub>	B <sub>2.0</sub>
Kadar air	75,87 ± 0,27	76,26 ± 0,55	77,01 ± 0,66	76,65 ± 0,56
Kadar abu	5,60 ± 0,24 <sup>b</sup>	4,52 ± 0,23 <sup>a</sup>	4,85 ± 0,18 <sup>a</sup>	4,81 ± 0,23 <sup>a</sup>
Lemak	1,55 ± 0,21 <sup>a</sup>	3,27 ± 0,23 <sup>b</sup>	3,02 ± 0,24 <sup>b</sup>	2,94 ± 0,22 <sup>b</sup>
Protein	13,02 ± 0,42 <sup>a</sup>	15,59 ± 0,38 <sup>b</sup>	14,30 ± 0,53 <sup>ab</sup>	13,22 ± 0,74 <sup>a</sup>
Metionin	0,37 ± 0,02	0,34 ± 0,03	0,30 ± 0,02	0,32 ± 0,02

Huruf cetak atas yang berbeda setelah nilai rata-rata ± standar error pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $P<0,05$ ).



### 3.1.3 Status antioksidan

Suplementasi betain dalam pakan memiliki pengaruh terhadap antioksidan pada ikan kerapu cantang, terutama ditunjukkan oleh kadar malondialdehid yang lebih rendah pada perlakuan pakan dengan kadar betain tinggi dibandingkan kontrol. Namun, aktivitas superoksida dismutase tidak berbeda antara perlakuan ( $P>0,05$ ) (Tabel 5).

@Hak cipta milik IPB University

Tabel 5 Aktivitas antioksidan pada hati benih ikan kerapu cantang yang diberi pakan dengan kadar betain berbeda selama pemeliharaan 50 hari

Parameter	Perlakuan suplementasi betain (%)			
	B <sub>0.0</sub>	B <sub>0.5</sub>	B <sub>1.0</sub>	B <sub>2.0</sub>
SOD ( $\mu\text{g.g pro}^{-1}$ )	11,44 ± 0,41	11,70 ± 0,83	10,42 ± 0,35	11,90 ± 0,45
MDA ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	0,32 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,35 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,02 <sup>a</sup>

Huruf cetak atas yang berbeda setelah nilai rata-rata ± standar eror pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $P<0,05$ ).

### 3.2 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan spesifik dan faktor kondisi ikan pada perlakuan suplementasi betain dengan dosis tertentu menunjukkan peningkatan dibandingkan perlakuan kontrol. Penggunaan betain pada pakan ikan kerapu cantang memberikan pengaruh lebih baik pada kinerja pertumbuhan, terutama pada tingkat suplementasi betain 0,5%. Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa betain dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan, status kesehatan dan kekebalan, pencernaan pakan dan kualitas daging ikan (Abdelsattar *et al.* 2019; Ismail *et al.* 2020). Tingkat suplementasi optimum betain dalam mendukung pertumbuhan ikan dapat berbeda bergantung pada jenis ikannya. Tingkat suplementasi betain optimum pada ikan rainbow trout dilaporkan 0,15% (Rumsey 1991) sedangkan pada ikan patin sebesar 0,25% (Ghosh *et al.* 2019), ikan turbot sebesar 0,37% (Jiang *et al.* 2019); ikan gibel carp sebesar 0,40% (Dong *et al.* 2018); ikan nila tilapia dan udang sebesar 0,50% (Luo *et al.* 2011; El-Husseiny *et al.* 2008; Felix dan Sudharsan 2004); dan ikan snout bream sebesar 0,80% (Adjaoumani *et al.* 2019). Laju pertumbuhan spesifik ikan yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada kisaran 2,59–3,16%  $\text{h}^{-1}$  dan masih berada dalam kisaran pertumbuhan optimum untuk ikan kerapu (Othman *et al.* 2015; Shapawi *et al.* 2018).

Faktor kondisi adalah rasio bobot dengan panjang ikan yang menandakan kegemukan ikan (Maghfiroh *et al.* 2019). Fluktuasi nilai FK dapat disebabkan oleh kualitas pakan. Faktor kondisi yang paling tinggi sebesar  $1,82 \pm 0,06$ . Nilai ini dapat digunakan sebagai indikator kondisi fisiologis ikan akibat pengaruh perkembangan gonad, energi, pakan dan kualitas air (Rahardjo dan Simanjuntak 2008; Hargiyatno *et al.* 2013) dan kondisi kesehatan yang dimonitor melalui kemampuan fisik untuk mempertahankan kelangsungan hidup ikan (Harteman 2015; Muthmainnah 2013).

Nilai kelangsungan hidup berada pada kisaran yang pernah diteliti sebelumnya, sekitar 66,67–100% (Yin *et al.* 2018; Riduan *et al.* 2019; Sun *et al.* 2019; Zhou *et al.* 2019; Tan *et al.* 2019b). Kelangsungan hidup dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi, kondisi fisik dan umur ikan, kompetisi, padat tebar, penanganan ikan, parasit dan kualitas air (Ismi *et al.* 2016). Nilai koefisien

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



variansi panjang ikan yang semakin kecil menunjukkan ikan memiliki keseragaman panjang yang tinggi. Variasi ukuran dipengaruhi oleh pakan dan kualitas air yang pada kondisi optimal akan menghasilkan pertumbuhan dengan ukuran ikan yang relatif seragam (Lante *et al.* 2011). Nilai indeks hepatosomatik lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian lainnya, sekitar 1,41% (Ye *et al.* 2019; Tan *et al.* 2019a; Zou *et al.* 2019). Nilai ini merupakan indikasi lipida yang disimpan sebagai cadangan energi (Tresnati *et al.* 2018). Proporsi penyimpanan lipida pada jaringan otot ikan lebih tinggi daripada di hati (An *et al.* 2020). Selain itu, betain dapat mencegah penumpukan lipid di hati (Craig 2004).

Perlakuan pakan dengan suplementasi betain meningkatkan jumlah konsumsi pakan yang tertinggi pada 0,5%. Jumlah konsumsi dapat meningkatkan efisiensi pakan Anggoro *et al.* (2013) dan De *et al.* (2016) menyatakan bahwa peningkatan jumlah konsumsi dapat dipengaruhi oleh kualitas pakan. Konsumsi pakan meningkat disebabkan betain dalam pakan dapat berfungsi sebagai atraktan yang merangsang daya tarik (Polat dan Beklevik 1999; Papatryphon dan Soares 2001; Tiril *et al.* 2008; Calberg *et al.* 2015; Lim *et al.* 2015), merangsang penciuman (Ajiboye *et al.* 2012; Khasani 2013) dan mendorong inisiasi makan (Reig *et al.* 2003). Efisiensi pemanfaatan pakan yang tinggi mengindikasikan penggunaan protein pakan untuk pertumbuhan (Ridwan dan Idris 2014). Nilai ini menunjukkan seberapa besar pakan dapat dimanfaatkan oleh tubuh ikan (Marzuqi *et al.* 2012). Suplementasi betain pada dosis tertentu pada pakan ikan berkontribusi terhadap pemanfaatan pakan secara efisien, hal ini disebabkan daya serap dan komposisi gizi pakan yang lebih memadai (Jiang *et al.* 2019) dan mendukung perkembangan usus terutama peningkatan fungsi dan sel proliferasinya sehingga nutrisi pakan dapat dimanfaatkan ikan secara optimal (Ratriyanto *et al.* 2009)

Retensi protein dan lipid pada ikan yang diberi pakan yang mengandung betain lebih tinggi daripada ikan pada perlakuan kontrol. Suplementasi betain dilaporkan dapat memfasilitasi sintesis metionina, karnitin, fosfatidilkolin dan kreatin, yang dapat meningkatkan metabolisme protein, lipid dan energi (Figueroa-Soto dan Valenzuela-Soto 2018). Pemanfaatan protein yang lebih efisien dapat diindikasikan oleh tingkat ekskresi amonia. Penelitian ini menunjukkan bahwa ekskresi amonia pada perlakuan suplementasi betain lebih rendah daripada kontrol lihat Tabel 3. Selain itu, kadar protein tubuh ikan juga terlihat lebih tinggi pada perlakuan suplementasi betain, terutama pada perlakuan betain 0,5% (Tabel 4). Keterlibatan betain dalam pakan dapat mengatur metabolisme glukosa dan glikogen yang meningkatkan fosforilasi *insulin reseptor substrate-1* berkorelasi dengan fosforilasi *protein kinase B* yang berdampak pada peningkatan transpor glukosa, glikogen, sintesis protein dan penghambatan glukoneogenesis dan lipolisis hepatik (Song *et al.* 2007). Dalam kondisi stres osmotik, betain mampu mempertahankan stabilitas kompleks 43S dan menginduksi proses translasi yang meningkatkan kompleks 48S sehingga meningkatkan sintesis protein (Brigotti *et al.* 2003; Carnicelli *et al.* 2017); melindungi enzim intraseluler terhadap inaktivasi yang disebabkan tekanan osmotik (Bedford *et al.* 1998; Shankar *et al.* 2008) dan memodulasi mikrobioma usus (He *et al.* 2011). Selain itu, betain dapat mengurangi sitokin inflamasi, *tumor necrosis factor- $\alpha$* , tingkat protein p-IRS-1 (ser) dan meningkatkan kadar protein p-IRS-1 (tyr), sehingga memperbaiki kerusakan yang disebabkan akumulasi lemak



akibat dari fruktosa yang tinggi, serta meningkatkan ekspresi mitokondria *phosphoenol pyruvate carboxylase kinase-2* dan *fruktosa 1,6-biphosphatase-1* sebagai enzim utama dalam glukoneogenesis (Fan *et al.* 2014; Cai *et al.* 2014).

Betain diketahui dapat meningkatkan aktivasi *protein phosphatase 2A*, menghambat lipogenesis dan merangsang oksidasi asam lemak, mengaktivasi *adenosine monophosphate-activated protein kinase* menyebabkan ekspresi enzim katabolisme lipid meningkat dan menurunkan ekspresi enzim sintesis lipid, seperti *fatty acid synthase*, *carnitine palmitoyltransferase-1a*, *acetyl-CoA carboxylase* dan *stearyl-CoA desaturase* pada jaringan adiposa (Wang *et al.* 2013). Namun, pada penelitian ini terjadi peningkatan retensi lemak dan kadar lemak pada ikan yang diberi pakan dengan suplementasi betain, berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya yang justru menunjukkan penurunan retensi lemak. Hal ini diduga terkait dengan efisiensi pakan yang tinggi sehingga kelebihan energi disimpan dalam bentuk lemak dalam tubuh ikan. Ketersediaan betain dalam pakan meningkatkan palatabilitas, akseptabilitas dan efisiensi pakan yang tinggi sehingga penggunaan energi untuk pencernaan dan metabolisme asam amino lebih sedikit menyebabkan tingginya energi yang disimpan (Suprayudi *et al.* 2011). Di samping itu, peningkatan kadar lemak dalam tubuh ikan diakibatkan oleh tingginya lemak pakan sebab ikan kerapu cenderung menyimpan lemak dalam tubuhnya jika diberi pakan dengan kandungan lemak 11–13% (Usman *et al.* 2010).

Retensi metionina memiliki kecenderungan lebih tinggi pada pakan dengan suplementasi betain, namun tidak ada perbedaan yang signifikan. Biosintesis metionina pada tubuh ikan dipengaruhi oleh betain dan kolin – fungsi non-metilasi (Rumsey 1991). Pada reaksi metilasi, betain dapat meningkatkan ekspresi dan konsentrasi *betaine homocysteine methyl transferase*, *methionine adenosyltransferase-1*, *methyl tetrahydrofolate reduktase*, *glycine N-methyl transferase*, *S-adenosyl homocysteine hydrolase*, *methionine synthase*, *cystathionine β-synthase* dan *phosphatidyl ethanolamine methyl transferase* untuk mempertahankan kadar homosistein yang rendah di hati (Kharbanda *et al.* 2009; Kwon *et al.* 2009; Oliva *et al.* 2009; Kim dan Kim 2005; Kharbanda *et al.* 2007; Jung *et al.* 2013; Barak *et al.* 1993). Selain itu, keterlibatan betain dalam siklus metionina dipengaruhi oleh kadar homosisteina karena metionina dihasilkan dari perubahan homosisteina setelah mendapat donor metil dari betain (Lin *et al.* 2020; Day dan Kempson 2016; Lever dan Slow 2010). Keberadaan metionina dalam tubuh ikan sangat penting sebab metionin memegang peranan sebagai asam amino pembatas utama (Craig *et al.* 2017); prekursor dalam pembentukan kreatin, karnitin, glutathione (Andri *et al.* 2020); dan taurin (Jusadi *et al.* 2012) yang sangat bermanfaat dalam tubuh ikan. Kurangnya asupan metionina pada pakan dapat menghambat pertumbuhan (Wang *et al.* 2016), sedangkan metionina berlebihan tidak dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan ikan (Gao *et al.* 2019).

Kadar MDA pada perlakuan kontrol dan B<sub>0,5</sub> tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sedangkan aktivitas SOD tidak berbeda antar perlakuan menunjukkan bahwa betain mampu menekan peroksidasi lipid di hati ikan. Aktivitas SOD merupakan indikasi kemampuan tubuh membersihkan radikal bebas dan tingkat kerusakan sel (Wang *et al.* 2018). Tingkat stres oksidatif dapat diketahui melalui aktivitas SOD dan produksi MDA dalam tubuh ikan. Aktivitas enzim SOD mengindikasikan produk oksidasi lipid yang rendah dan tingginya kadar MDA menunjukkan jumlah radikal bebas (Sofian *et al.* 2016).

Aktivitas SOD maupun MDA yang diperoleh tergolong rendah, namun kadar MDA pada perlakuan kontrol dan pakan dengan suplementasi betain 0,5% lebih tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa SOD mampu menekan produksi MDA, akan tetapi lebih efektif pengaruhnya dengan adanya betain pada jumlah tertentu. Aktivitas antioksidan ikan bream, *Megalobrama amblycephala* dapat bekerja dengan baik pada kadar betain 0,8% (Adjoumani *et al.* 2019). Betain dapat meningkatkan enzim *paraoxonase-1* yang menggunakan peroksida lipid sebagai substratnya, mengurangi aktivitas enzim *cytochrome P-450 2E1* dan *nitric oxide synthase-2* dapat menurunkan kadar MDA dan enzim SOD yang mengurangi stres oksidatif (Ji 2003; Oliva *et al.* 2011). Tingginya kadar MDA pada perlakuan pakan dengan suplementasi betain 0,5% mengindikasikan tingginya aktivitas metabolisme di dalam sel. Namun, nilai tersebut hanya sedikit berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya, sekitar 0,30  $\mu\text{mol g}^{-1}$  pro (Li *et al.* 2020).

## IV SIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Simpulan

Suplementasi betain 0,5% pada pakan dapat meningkatkan kinerja pemanfaatan pakan, kinerja pertumbuhan dan status antioksidasi benih ikan kerapu cantang.

### 4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi tingkat suplementasi optimum betain pada periode pembesaran ikan kerapu cantang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelsattar MM, Abd El-Ati MN, Abd Allah AM, Saleem AM. 2019. Impact of betaine as a feed additive on livestock performance, carcass characteristics and meat quality: A review. *SVU - International Journal of Agricultural Science*. 2(1):33–42.
- Adjoumani J-JY, Abasubong KP, Phiri F, Xu C, Liu W, Zhang D. 2019. Effect of dietary betaine and choline association on lipid metabolism in blunt snout bream fed a high-fat diet. *Aquac. Nutr.* 00:1–11. doi:10.1111/anu.12919.
- Ajiboye OO, Yakubu AF, Adams TE. 2012. A perspective on the ingestion and nutritional effects of feed additives in farmed fish species. *World Journal of Fish and Marine Sciences*. 4(1):87–101. doi:10.5829/idosi.wjfm.2012.04.01.56264.
- An W, Dong X, Tan B, Yang Q, Chi S, Zhang S, Liu H, Yang Y. 2020. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth, non-specific immunity, expression of some immune-related genes and resistance to *Vibrio harveyi* in hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Fish and Shellfish Immunology*. 96:86–96. doi:10.1016/j.fsi.2019.11.072.

Andri, Harahap RP, Tribudi YA. 2020. Estimasi dan validasi asam amino metionina, lisina, dan treonina dari pakan bijian sebagai sumber protein nabati. *J. Nutrisi Ternak Tropis*. 3(1):18–22. doi:10.21776/ub.jnt.2020.003.01.4.

Anggoro S, Rudiyanti S, Rahmawati IY. 2013. Domestikasi ikan kerapu macan, *E. fuscoguttatus* melalui optimalisasi media dan pakan. *Journal of Management of Aquatic Resources*. 3(2):119–127.

[BSN] Badan Standar Nasional. 2014. Standar Nasional Indonesia (SNI 8036.2) tentang ikan kerapu cantang (*Epinephelus fuscoguttatus*, Forsskal 1775 × *Epinephelus lanceolatus*, Bloch 1790). Jakarta: Badan Standar Nasional.

Barak AJ, Beckenhauer HC, Junnila M, Tuma DJ. 1993. Dietary betaine promotes generation of hepatic S-adenosylmethionine and protects the liver from ethanol-induced fatty infiltration, Alcohol. *Clin. Exp. Res*. 17:552–555.

Bedford JJ, Harper JL, Leader JP, Yancey PH, Smith RAJ. 1998. Betaine is the principal counteracting osmolyte in tissues of the elephant fish, *Callorhincus millii* (Elasmobranchii, Holocephali). *Comp. Biochem. Phys.* B119:521–526.

Brigotti M, Petronini PG, Carnicelli D, Alfieri RR, Bonelli MA, Borghetti AF, Wheeler KP. 2003. Effects of osmolarity, ions and compatible osmolytes on cell-free protein synthesis. *Biochem. J*. 369:369–374.

Cai D, Jia Y, Song H, Sui S, Lu J, Jiang Z, Zhao R. 2014. Betaine supplementation in maternal diet modulates the epigenetic regulation of hepatic gluconeogenic genes in neonatal piglets. *PLoS One*. 9: e105504.

Carlberg H, Cheng K, Lundh T, Brannas E. 2015. Using self-selection to evaluate the acceptance of a new diet formulation by farmed fish. *Appl. Anim. Behav. Sci*. 171:226–232. doi:10.1016/j.applanim.2015.08.016.

Carnicelli D, Arfilli V, Onofrillo C, Alfieri RR, Petronini PG, Montanaro L, Brigotti M. 2017. Cap-independent protein synthesis is enhanced by betaine under hypertonic conditions. *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 483:936–940. doi:10.1016/j.bbrc.2017.01.035.

Craig SAS. 2004. Betaine in human nutrition. *Am. J. Clin. Nutr*. 80:539–49.

Craig S, Helfrich L, Kuhn DD, Schwarz MH. 2017. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. *Virginia Cooperative Extension*. 420–256:1–6.

Dahlia, Suprpto H, Kusdarwati R. 2017. Isolasi dan identifikasi bakteri pada benih ikan kerapu cantang, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ dari kolam pendederan Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbondo, Jawa Timur. *JAFH*. 6(2):57–66.

Day CR, Kempson SA. 2016. Betaine chemistry, roles and potential use in liver disease. *BBA-General Subjects*. doi:10.1016/j.bbagen.2016.02.001.

Dedi, Irawan H, Putra WKA. 2018. Pengaruh pemberian hormon tiroksin pada pakan pellet megami terhadap pertumbuhan benih ikan kerapu cantang, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Intek Akuakultur*. 2(2):33–48.

De M, Ghaffar MA, Bakar Y, Das SK. 2016. Effect of temperature and diet on growth and gastric emptying time of the hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Aquaculture Reports*. 4:118–124. doi:10.1016/j.aqrep.2016.08.002.

Dong X, Xue W, Hua J, Hang Y, Sun L, Miao S, Wei W, Wu X, Du X. 2018. Effects of dietary betaine in allogynogenetic gibel carp (*Carassius auratus*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- gibelio*): Enhanced growth, reduced lipid deposition and depressed lipogenic gene expression. *Aquac. Res.* 1–6. doi:10.1111/are. 13652.
- El-Husseiny OM, Din GE, Abdul-Aziz M, Mabroke RS. 2008. Effect of mixed protein schedules combined with choline and betaine on the growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquac. Res.* 39: 291–300. doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01896.x.
- Fan C-Y, Wang M-X, Ge C-X, Wang X, Li J-M, Kong L-D. 2014. Betaine supplementation protects against high-fructose-induced renal injury in rats. *J. Nutr. Biochem.* 25:353–362.
- Fan X, Qin X, Zhang C, Zhu Q, Chen J, Chen P. 2019. Metabolic and antioxidative stress response to low temperatures during the waterless preservation of the hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Aquaculture*. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.04.054.
- Faudzi NM, Yong ASK, Shapawi R, Senoo S, Biswas A, Takii K. 2017. Soy protein concentrate as an alternative in replacement of fish meal in the feeds of hybrid grouper, brown-marbled grouper (*Epinephelus lanceolatus*♂) × giant grouper (*E. fuscoguttatus*♀). *Aquaculture Research*. p1–11. doi:10.1111/are.13474
- Felix N, Sudharsan M. 2004. Effect of glycine betaine, a feed attractant affecting growth and feed conversion of juvenile freshwater prawn *Macrobrachium Rosenbergii*. *Aquac. Nutr.* 10:193–197.
- Figuroa-Soto CG, Valenzuela-Soto EM. 2018. Glycine betaine rather than acting only as an osmolyte also plays a role as regulator in cellular metabolism. *Biochimie.* 147:89–97. doi:10.1016/j.biochi.2018.01.002.
- Gao Z, Wang X, Tan C, Zhou H, Mai K, He G. 2019. Effect of dietary methionine levels on growth performance, amino acid metabolism and intestinal homeostasis in turbot, *Scophthalmus maximus* L. *Aquaculture*. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.08.053.
- Ghosh TK, Chauhan YH, Mandal RN. 2019. Growth performance of *Labeo bata* (Hamilton, 1822) in freshwater and its acclimatization in brackish water with betaine as feed additive. *Aquaculture*. 501:128–134. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.11.020.
- Hargiyatno IT, Satria F, Prasetyo AP, Fauzi M. 2013. Hubungan panjang-berat dan faktor kondisi lobster pasir, *Panulirus homarus* di perairan Yogyakarta dan Pacitan. *BAWAL.* (5):41–48.
- Harteman E. 2015. Korelasi panjang-berat dan faktor kondisi ikan sembilang, *Plotosus conius* di estuaria Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika.* 1(4):6–11.
- He S, Zhou Z, Meng K, Zhao H, Yao B, Ringø E, Yoon I. 2011. Effects of dietary antibiotic growth promoter and *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on production, intestinal bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus*♀ × *O. aureus*♂). *Journal of Animal Science.* 89:84–92.
- Hendriansyah A, Putra WKA, Miranti S. 2018. Rasio konversi pakan benih ikan kerapu cantang, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂ dengan pemberian dosis recombinant growth hormone (rGH) yang berbeda. *Intek Akuakultur.* 2(2):1–12.

- Irawanto YE, Yanuhar U, Kurniawan A. 2018. In-vivo test of *Spirulina* sp. as inducer of  $\beta$ -actin in cantang grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ infected by viral nervous necrosis. *JFMR*. 2(3):225–234.
- Ismail T, Hegazi E, Dawood MAO, Nassef E, Bakr A, Paray BA, Doan HV. 2020. Using of betaine to replace fish meal with soybean or/and corn gluten meal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets: Histomorphology, growth, fatty acid, and glucose-related gene expression traits. *Aquaculture Reports*. 17:100376. doi:10.1016/j.aqrep.2020.100376.
- Ismi S, Kusumawati D, Asih YN. 2016. Pengaruh lama waktu pemuasaan dan beda kepadatan benih kerapu pada transportasi secara tertutup. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(8):625–632.
- Li C, Kaplowitz N. 2003. Betaine decreases hyperhomocysteinemia, endoplasmic reticulum stress, and liver injury in alcohol-fed mice. *Gastroenterology*. 124:1488-1499.
- Liang D, Zheng J, Dan Z, Tang Z, Ai Q, Mai K. 2019. Effects of five compound attractants in high plant based diets on feed intake and growth performance of juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* L. *Aquac. Res.* 00:1–9. doi:10.1111/are.14116.
- Jiet CW, Musa N. 2018. Culture techniques of cantang grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ at floating net cages in brackish water aquaculture development center, Situbondo East Java. *JIPK*. 10(2):70–75. doi:10.20473/jipk.v10i2.10466.
- Jung YS, Kim SJ, Kwon DY, Ahn CW, Kim YS, Choi DW, Kim YC. 2013. Alleviation of alcoholic liver injury by betaine involves an enhancement of antioxidant defense via regulation of sulfur amino acid metabolism. *Food Chem. Toxicol.* 62:292-298.
- Jusadi D, Putri AN, Suprayudi MA, Yaniharto D, Haga Y. 2012. Aplikasi pemberian taurin pada rotifer untuk pakan larva ikan kerapu bebek, *Cromileptes altivelis*. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 12(1):73–82.
- Kharbanda KK, Mailliard ME, Baldwin CR, Beckenhauer HC, Sorrell MF, Tuma DJ. 2007. Betaine attenuates alcoholic steatosis by restoring phosphatidylcholine generation via the phosphatidylethanolamine methyltransferase pathway. *J. Hepatol.* 46:314–321.
- Kharbanda KK, Vigneswara V, McVicker BL, Newlaczyl AU, Bailey K, Tuma D, Ray DE, Carter WG. 2009. Proteomics reveal a concerted upregulation of methionine metabolic pathway enzymes, and downregulation of carbonic anhydrase-III, in betaine supplemented ethanol-fed rats. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 381:523–527.
- Khasani I. 2013. Atraktan pada pakan ikan: jenis, fungsi, dan respons ikan. *Media Akuakultur*. 8(2):127–133.
- Kim SK, Kim YC. 2005. Effects of betaine supplementation on hepatic metabolism of sulfur-containing amino acids in mice. *J. Hepatol.* 42:907-913.
- Knight LS, Piibe Q, Lambie I, Perkins C, Yancey CH. 2017. Betaine in the brain: Characterization of betaine uptake, its influence on other osmolytes and its potential role in neuroprotection from osmotic stress. *Neurochemical Research*. 42:3490–3503.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Kwon DY, Jung YS, Kim SJ, Park HK, Park JH, Kim YC. 2009. Impaired sulfur amino acid metabolism and oxidative stress in nonalcoholic fatty liver are alleviated by betaine supplementation in rats. *J. Nutr.* 139:63-68.
- Lante S, Adhiyudanto NB, Palinggi NN. 2011. Penderitaan ikan beronang, *Siganus guttatus* dengan ukuran tubuh benih yang berbeda. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur.* 419–423.
- Lever M, Slow S. 2010. The clinical significance of betaine, an osmolyte with a key role in methyl group metabolism. *Clinical Biochemistry.* 43:732–744. doi:10.1016/j.clinbiochem.2010.03.009.
- Li S, Li Z, Chen N, Jin P, Zhang J. 2018. Dietary lipid and carbohydrate interactions: implications on growth performance, feed utilization and non-specific immunity in hybrid grouper, *Epinephelus fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂. *Aquaculture.* doi:10.1016/j.aquaculture.2018.09.015.
- Li X, Wu X, Dong Y, Gao Y, Yao W, Zhou Z. 2019. Effects of dietary lysine levels on growth, feed utilization and related gene expression of juvenile hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Aquaculture.* 502:153–161. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.12.035.
- Li S, Wang A, Li Z, Zhang J, Sang C, Chen N. 2020. Antioxidant defenses and non-specific immunity at enzymatic and transcriptional levels in response to dietary carbohydrate in a typical carnivorous fish, hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Fish and Shellfish Immunology.* 100:109-116. doi:10.1016/j.fsi.2020.03.015.
- Liang D, Yang Q, Tan B, Dong X, Chi S, Liu H, Zhang S. 2020. Dietary vitamin A deficiency reduces growth performance, immune function of intestine, and alters tight junction proteins of intestine for juvenile hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Fish and Shellfish Immunology.* 107:346–356. doi:10.1016/j.fsi.2020.10.016.
- Lim L-S, Chor W-K, Tuzan AD, Shapawi R, Kawamura G. 2015. Betaine is a feed enhancer for juvenile grouper (*E. fuscoguttatus*) as determined behaviourally. *J. Appl. Anim. Res.* 44(1):415-418. doi:10.1080/09712119.2015.1091329.
- Lin J, Zhang C, Lu K, Song K, Wang L. 2020. Effect of guanidinoacetic acid and betaine supplementation in soybean meal-based diets on growth performance, muscle energy metabolism and methionine utilization in the bullfrog *Lithobates catesbeianus*. *Aquaculture.* doi:10.1016/j.aquaculture.2020.736167.
- Luo Z, Tan X-Y, Liu X-J, Wen H. 2011. Effect of Dietary betaine levels on growth performance and hepatic intermediary metabolism of GIFT strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* reared in freshwater. *Aquac. Nutr.* 17:361–367. doi:10.1111/j.1365-2095.2010.00805.x.
- Maghfiroh A, Anggoro S, Purnomo PW. 2019. Pola osmoregulasi dan faktor kondisi udang vanamae, *Litopenaeus vannamei* yang dikultivasi di tambak intensif Mojo, Ulujami, Pamelang. *Journal of Maquares.* 3(8):177–184. doi:10.14710/marj.v8i3.24253.
- Marzuqi M, Astuti NWW, Suwirya K. 2012. Effect on dietary protein and feeding rate on growth of tiger grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*) juvenile. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis.* (4(1):55–65.

- Muthmainnah D. 2013. Hubungan panjang berat dan faktor kondisi ikan gabus, *Channa striata* Bloch, 1793 yang dibesarkan di Rawa Lebak, Provinsi Sumatera Selatan. *DEPIK*. 2(3):184–190.
- Oliva J, Bardag-Gorce F, Li J, French BA, Nguyen SK, Lu SC, French SW. 2009. Betaine prevents Mallory-Denk body formation in drug-primed mice by epigenetic mechanisms. *Exp. Mol. Pathol.* 86:77–86.
- Oliva J, Bardag-Gorce F, Tillman B, French SW. 2011. Protective effect of quercetin, EGCG, catechin and betaine against oxidative stress induced by ethanol in vitro. *Exp. Mol. Pathol.* 90:295–299.
- Othman AR, Kawamura G, Senoo S, Ching FF. 2015. Effects of different salinities on growth, feeding performance and plasma cortisol level in hybrid TGGG (tiger grouper, *Epinephelus fuscoguttatus*♀ × giant grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂) juveniles. *International Research Journal of Biological Sciences*. 4:15–20.
- Papatryphon E, Sorares JH. 2001. The effect of dietary feeding stimulants on the growth performance of striped bass *Morone saxatilis*, fed a plant feed stuff based diet. *Aquaculture*. 185:329–338.
- Polat A, Beklevik G. 1999. The importance of betaine and some attractive substances as fish feed additives. *Cah. Options Mediterr.* 37:217–220.
- Putra WKA, Suhaili S, Yulianto T. 2020. Efficiency and feed conversion ratio of feed with various doses of papain in cantang grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Jurnal Perikanan*. 22(1):19–26. doi:10.22146/jfs.55524.
- Rahardjo MF, Simanjuntak CPH. 2008. Hubungan panjang bobot dan faktor kondisi ikan tetet, *Johnius belangerii* (Pisces: Sciaenidae) di perairan pantai Mayangan, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 15(2):135–140.
- Ratriyanto A, Mosenthin R, Bauer E, Eklund M. 2009. Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22:1461–1476.
- Reig L, Ginovart M, Flos R. 2003. Modification of the feeding behaviour of sole, *Solea solea* through the addition of a commercial flavour as an alternative to betaine. *Aquatic Living Resources*. 16:370–379. doi:10.1016/S0990-7440(03)00062-7.
- Ren Z, Wang S, Cai Y, Wu Y, Tian L, Wang S, Jiang L, Guo W, Sun Y, Zhou Y. 2020. Effects of dietary mannan oligosaccharide supplementation on growth performance, antioxidant capacity, non-specific immunity and immune-related gene expression of juvenile hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Aquaculture*. 523:735195.
- Riduan, Putra WKA, Yulianto T. 2019. Laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan kerapu cantang, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ dengan teknik perendaman dan oral recombinant growth hormone (rGH). *Intek Akuakultur*. 3(1):16–24.
- Ridwan, Idris AP. 2014. Analisis pencernaan dan pemanfaatan nutrisi pakan yang mengandung tepung kepala udang pada kerapu bebek, *Cromileptes altivelis*. *Jurnal Galung Tropika*. 3(2):31–43.



- Rochmad AN, Mukti AT. 2020. Teknik pembesaran ikan kerapu hibrida cantang, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ pada keramba jaring apung. *Jurnal Biosains Pascasarjana*. 22(1):29–36.
- Rumsey GL. 1991. Choline-betaine requirements of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 95:107–116.doi:0044-8486/91/\$03.50.
- Shankar R, Murthy HS, Pavadi P, Thanuja K. 2008. Effect of betaine as a feed attractant on growth, survival, and feed utilization in fingerlings of the Indian major carp, *Labeo rohita*. *The Israeli Journal of Aquaculture–Bamidgeh*. 60:95–99.
- Shapawi R, Abdullah FC, Senoo S, Mustafa S. 2018. Nutrition, growth and resilience of tiger grouper, *Epinephelus fuscoguttatus*♀ × giant grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ hybrid- a review. *Reviews in Aquaculture*. 11:1–12.
- Sofian, Jusadi D, Nuryati S. 2016. Pertumbuhan dan status antioksidan ikan gurami yang diberi level suplementasi astaxanthin berbeda. *JAI*. 15(1):24–31. doi:10.19027/jai.15.24.31.
- Song Z, Deaciuc I, Zhou Z, Song M, Chen T, Hill D, McClain CJ. 2007. Involvement of AMP-activated protein kinase in beneficial effects of betaine on high-sucrose diet-induced hepatic steatosis. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol*. 93:G894–G902.
- Sun Z, Tan X, Xu M, Liu Q, Ye H, Zou C, Zhou Y, Su N, Chen L, Wang A, Ye C. 2019. Effects of dietary *Dandelion* extracts on growth performance, liver histology, immunerelated gene expression and CCl4 resistance of hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Fish. Shellfish. Immun.* doi:10.1016/j.fsi.2019.02.031.
- Suprayudi MA, Ihu MZ, Nurbambang Priyo Utomo NBP, Ekasari J. 2014. Protein and energy: Protein ratio in diets for juvenile bluefin trevally, *Caranx melampygus*. *Journal of Applied Aquaculture*. 26(2):187-196. doi:10.1080/10454438.2014.907712.
- Suprayudi MA, Yaniharto D, Abidin H, Utomo NBP, Jusadi D, Setiawati M. 2011. The utilization of corn industrial by product as an alternatif raw material for humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 10(2):116–123.
- Tan X, Sun Z, Liu Q, Ye H, Zou C, Ye C, Wang A, Lin H. 2018. Effects of dietary *Ginkgo biloba* leaf extract on growth performance, plasma biochemical parameters, fish composition, immune responses, liver histology, and immune and apoptosis-related genes expression of hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ fed high lipid diets. *Fish. Shellfish. Immun.* doi:10.1016/j.fsi.2017.10.022.
- Tan X, Sun Z, Ye C. 2019a. Dietary *Lycium barbarum* extract administration improved growth, meat quality and lipid metabolism in hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ fed high lipid diets. *Aquaculture*. 504:190–198. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.01.044.
- Tan X, Sun Z, Ye C, Lin H. 2019b. The effects of dietary *Lycium barbarum* extract on growth performance, liver health and immune related genes expression in hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ fed high lipid diets. *Fish. Shellfish. Immun.* doi:10.1016/j.fsi. 2019.02.016.



- Tiril SU, Alagil F, Yagci FB, Aral O. 2008. Effects of betaine supplementation in plant protein based diets on feed intake and growth performance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Isr. J. Aquacult–Bamid*. 60(1):57–64.
- Tresnati J, Umar MT, Sulfirayana. 2018. Changes in liver relate to oocyte growth of flatfish. *Jurnal Pengelolaan Perairan*. 1(1):31–36.
- Usman, Palinggi NN, Kamaruddin, Makmur, Rachmansyah. 2010. Pengaruh kadar protein dan lemak pakan terhadap pertumbuhan dan komposisi badan ikan kerapu macan, *Epinephelus fuscoguttatus*. *J. Ris. Akuakultur*. 5(2):277–286.
- Wang L, Chen L, Tan Y, Wei J, Chang Y, Jin T, Zhu H. 2013. Betaine supplement alleviates hepatic triglyceride accumulation of apolipoprotein E deficient mice via reducing methylation of peroxisomal proliferator-activated receptor alpha promoter. *Lipids Health Dis*. 12. doi:10.1186/1476-511X-12-34.
- Wang L, Li J, Wang C, Zhao Z, Luo L, Du X, Xu Q. 2018. Effect of N-carbamoylglutamate supplementation on the growth performance, antioxidant status and immune response of mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed an arginine-deficient diet. *Fish. Shellfish. Immun*. doi:10.1016/j.fsi.2018.10.001.
- Wang Z, Mai K, Xu W, Zhang Y, Liu Y, Ai Q. 2016. Dietary methionine level influences growth and lipid metabolism via GCN2 pathway in cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*. 454:148–156. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.12.019.
- Wang Z, Qian X, Xie S, Yun B. 2020. Changes of growth performance and plasma biochemical parameters of hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ in response to substitution of dietary fish meal with poultry by-product meal. *Aquaculture Reports*. 18:100516. doi:10.1016/j.aqrep.2020.100516.
- Xie F, Ai Q, Mai K, Xu W, Ma H. 2011. The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson) larvae. *Aquaculture*. 311:162–167.
- Xie R-T, Amenogbe E, Chen G, Huang J-S. 2021. Effects of feed fat level on growth performance, body composition and serum biochemical indices of hybrid grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* × *E. polyphekadion*. *Aquaculture*. 530:735813.
- Ye G, Dong X, Yang Q, Chi S, Liu H, Zhang H, Tan B, Zhang S. 2020. Dietary replacement of fish meal with peanut meal in juvenile hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀: Growth performance, immune response and intestinal microbiota. *Aquaculture Reports*. 17:100327.
- Ye H, Zhou Y, Su N, Wang A, Tan X, Sun Z, Zou C, Liu Q, Ye C. 2019. Effects of replacing fish meal with rendered animal protein blend on growth performance, hepatic steatosis and immune status in hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Aquaculture*. 511:734203.
- Yin B, Liu H, Tan B, Dong X, Chi S, Yang Q, Zhang S, Chen L. 2018. Cottonseed protein concentrate (CPC) suppresses immune function in different intestinal segments of hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀ via TLR-2/MyD88 signaling pathways. *Fish. Shellfish. Immun*. 81:318–328. doi:10.1016/j.fsi.2018.07.038.

- Zhou L, Boyd CE. 2016. Comparison of Nessler, phenate, salicylate and ion selective electrode procedures for determination of total ammonia nitrogen in aquaculture. *Aquaculture*. 450:187–193.
- Zhou Z, Wang X, Wu X, Gao Y, Li X, Dong Y, Yao W. 2019. Effects of dietary leucine levels on growth, feed utilization, Neuro-Endocrine growth axis and TOR-related signaling genes expression of juvenile hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Aquaculture*. 504:172–181. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.02.005.
- Zou C, Su N, Wu J, Xu M, Sun Z, Liu Q, Chen L, Zhou Y, Wang A, Ye C. 2019. Dietary *Radix bupleuri* extracts improves hepatic lipid accumulation and immune response of hybrid grouper, *Epinephelus lanceolatus*♂ × *E. fuscoguttatus*♀. *Fish and Shellfish Immunology*. doi:10.1016/j.fsi.2019.02.052.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Banda Naira pada 20 Mei 1983. Penulis merupakan anak ke dua dari enam bersaudara dari Bapak La Muhamad La Saadi dan Ibu Wa Aisa La Masi. Penulis memulai pendidikan S1 tahun 2003 pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Sekolah Tinggi Perikanan Hatta-Sjahirir Banda Naira dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2008.

Penulis bekerja sebagai guru sejak tahun 2003 hingga 2014 pada SMP PGRI Banda, MTs Alhilaal Naira, SMA Negeri 1 Banda, SMK Negeri 1 Banda dan MAN Banda, serta penyuluh perikanan pendamping program pemberdayaan usaha masyarakat perikanan (PUMP) tangkap tahun 2012 hingga 2013 di Kabupaten Maluku Tengah. Selanjutnya, penulis menjadi asisten dosen sejak tahun 2014 pada Sekolah Tinggi Perikanan Hatta-Sjahirir Banda Naira. Penulis aktif di berbagai organisasi kemahasiswaan, kepemudaan, kemasyarakatan dan politik, seperti Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM), Himpunan Mahasiswa Perikanan Indonesia (HIMAPIKANI), Himpunan Mahasiswa Islam (HMI), Komite Nasional Pemuda Indonesia (KNPI), Kesatuan Keluarga Sulawesi Tenggara (KKST), serta pengawas pemilihan umum (Panwaslu).

Pada tahun 2018 penulis berkesempatan mendapat tugas belajar untuk melanjutkan pendidikan pada Program Pascasarjana IPB University dan diterima sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Akuakultur. Penulis mengikuti kegiatan nasional dan internasional selama masa studi di IPB University, di antaranya *The 2<sup>nd</sup> International Conference on Aquaculture Biotechnology (ICAB)* dan Seminar Nasional “Sukseskan Ekonomi Biru, Wujudkan Indonesia Poros Maritim Dunia” pada tahun 2018, *Author Workshops on Academic Writing and Publishing* dan *The 9<sup>th</sup> Strategic Talk “Pro dan Kontra Kebijakan Pemanfaatan Benih Lobster”* pada tahun 2019. Tugas akhir penulis menyelesaikan tesis di IPB University untuk mendapatkan gelar Magister Sains berjudul “Evaluasi Kinerja Pertumbuhan dan Status Antioksidasi Ikan Kerapu Cantang (*Epinephelus lanceolatus*♂ × *Epinephelus fuscoguttatus*♀) yang Diberi Pakan dengan Suplementasi Betain” dan telah submit artikel ke Jurnal Akuakultur Indonesia (JAI) dengan judul artikel “Dietary supplementation of betaine in diets to improve the growth and feed utilization in hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus*♂ × *Epinephelus fuscoguttatus*♀) juvenile” yang telah diterbitkan pada Maret 2021.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.