

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>

SUPLEMENTASI PREBIOTIK FRUKTOOLIGOSAKARIDA (FOS) MENINGKATKAN EKSPRESI GEN TERKAIT METABOLISME SERTA PERTUMBUHAN UDANG VANAME, *Litopenaeus vannamei*

Yanti Inneke Nababan, Hasan Nasrullah, Widanarni, Munti Yuhana, dan Alimuddin[#]

Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Lingkar Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680

(Naskah diterima: 17 Januari 2022; Revisi final: 4 Maret 2022; Disetujui publikasi: 4 Maret 2022)

ABSTRAK

Fruktooligosakarida (FOS) merupakan salah satu jenis prebiotik yang berpotensi menjadi *feed additive* dalam budidaya udang vaname. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi suplementasi prebiotik FOS melalui pakan terhadap tingkat ekspresi gen terkait metabolisme dan performa pertumbuhan udang vaname. Pakan uji berupa pakan komersil yang disuplementasi prebiotik FOS (Pre) dengan empat dosis berbeda dan masing-masing terdiri atas tiga ulangan yaitu: Pre-0% (kontrol), Pre-0,5%; Pre-1%, dan Pre-2%. Udang dengan bobot rata-rata $1,58 \pm 0,21$ g dipelihara dalam bak fiber (volume 1 m³) dengan kepadatan 100 ekor per bak. Pemberian pakan dilakukan selama 30 hari dengan dosis 6% dari bobot biomassa udang. Bobot tubuh diukur setiap 10 hari ($n=10$) dan tingkat ekspresi gen diukur dari hepatopankreas pada akhir pemeliharaan ($n=3$) dengan metode *quantitative-realtime* PCR (qPCR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian prebiotik FOS dapat meningkatkan ekspresi gen terkait metabolisme pada udang vaname. Suplementasi prebiotik FOS memberikan bobot rata-rata, pertumbuhan harian, dan tingkat sintasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol ($p>0,05$). Perlakuan Pre-0,5% menunjukkan rata-rata tingkat ekspresi gen tertinggi, namun performa pertumbuhan, dan sintasan tidak berbeda ($p>0,05$) dengan perlakuan Pre-2%.

KATA KUNCI: prebiotik; FOS; ekspresi gen; metabolisme; udang vaname

ABSTRACT: *Supplementation of prebiotic fructooligosaccharides (FOS) enhances the metabolism-related gene expression and growth performance of Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei. By: Yanti Inneke Nababan, Hasan Nasrullah, Widanarni, Munti Yuhana, and Alimuddin*

Fructooligosaccharides (FOS) are natural feed additives with potential application in feed for Pacific white shrimp. This study aimed to evaluate the effects of prebiotic FOS supplementation on the modulation of metabolism-related gene expression and growth performance of Pacific white shrimp. A trial feed consisted of commercial feed supplemented with different doses of FOS: Pre-0% (control), Pre-0.5%, Pre-1%, and Pre-2%; each with triplicate. Pacific white shrimp with an average body weight of 1.58 ± 0.21 g were reared in fiber tanks ($d = 1.5$ m³) with a density of 100 shrimp/tank for each treatment. The shrimp were given the treatment feed five times per day at 6% of the total body mass for 30 days. Shrimp body weight was measured every ten days ($n = 10$). The gene expression level was measured from the hepatopancreas ($n = 3$) by the quantitative-real time PCR (qPCR) method. The results showed that FOS supplementation increased the metabolism-related gene expression levels. FOS supplementation improved the average body weight, average daily growth, and survival higher than control ($p < 0.05$). Pre-0.5% treatment showed the highest average gene expression despite growth performance and survival were not significantly different ($p > 0.05$) compared to Pre-2% treatment. This study concludes that the application of FOS in the feed improves the growth performance of Pacific white shrimp, notably in gained weight, reduced FCR and improved survival rate.

KEYWORDS: prebiotic; FOS; gene expression; metabolism; Pacific white shrimp

[#] Korespondensi: Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Lingkar Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680, Indonesia
E-mail: alimuddin@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Udang vaname, *Litopenaeus vanamei* merupakan salah satu komoditas akuakultur unggulan yang memiliki nilai ekonomi tinggi (FAO, 2020). Teknologi peningkatan daya tahan tubuh, sintasan, dan pertumbuhan menjadi hal yang penting dalam budidaya udang. Penggunaan bahan kimia termasuk antibiotik untuk meningkatkan produksi akuakultur sudah dibatasi, terkait dengan resistansi antibiotik dan isu keamanan lingkungan (Thornber *et al.*, 2020). Penggunaan *feed additive* alami menjadi alternatif (Mohan *et al.*, 2019). Sebagai salah satu *feed additive* alami; prebiotik adalah bahan pangan/pakan yang tidak dapat tercerna namun dapat membantu inang dengan menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas bakteri di saluran pencernaan (Hoseinifar *et al.*, 2015). Aplikasi pencampuran prebiotik secara oral melalui pakan juga mempermudah suplementasi secara massal (Modanloo *et al.*, 2017). Prebiotik telah digunakan secara luas sebagai *feed additive* untuk meningkatkan nilai nutrisi, kesehatan saluran pencernaan, pertumbuhan, dan juga imunostimulan (Hoseinifar *et al.*, 2015; Ringø *et al.*, 2010). Jenis prebiotik yang umum digunakan adalah *fructooligosaccharides* (FOS), *transgalactooligosaccharides* (TOS), *mannanoligosaccharides* (MOS), laktosa, dan inulin (Hoseinifar *et al.*, 2015).

FOS tersusun atas rantai polimer dari fruktosa (Dong & Wang, 2013). Suplementasi FOS pada pakan telah dilaporkan dapat meningkatkan populasi bakteri asam laktat dan memberikan peningkatan imunitas pada manusia (Wang *et al.*, 2020), hewan *terrestrial* (Chang *et al.*, 2018), ikan (Akrami *et al.*, 2013), dan udang (Dong & Wang, 2013). Meskipun FOS terbukti dapat meningkatkan imunitas pada udang, evaluasi mekanisme peningkatan pertumbuhan melalui suplementasi FOS belum banyak dilakukan. Pertumbuhan erat kaitannya dengan metabolisme nutrisi yang menentukan perubahan nutrisi menjadi energi, proses seluler, dan penyusunan tubuh (Lage *et al.*, 2017; Lyons & Roche, 2018). Enzim menjadi salah satu komponen metabolisme nutrisi yang paling penting. Enzim membantu katalisis berbagai nutrisi seperti protein oleh enzim tripsin (Lin *et al.*, 2018), karbohidrat oleh *Fructose 1.6-bisphosphatase* (FBPase) yang berperan dalam perombakan glukosa (Wang & Dong, 2019), lipid oleh lipase (García-Meilán *et al.*, 2020) dan sintesis asam lemak oleh *Fatty acid synthase* (FAS) (Su *et al.*, 2021). Selain itu, performa pertumbuhan juga sangat erat kaitannya dengan faktor stres yang dapat memengaruhi daya tahan tubuh udang. Gen *Glutamate dehydrogenase* (GDH) dan *Glutamine synthetase* (GS) merupakan enzim anti-stres pada udang (Long *et al.*, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi suplementasi prebiotik FOS melalui pakan terhadap tingkat ekspresi gen terkait metabolisme dan anti-stres, performa pertumbuhan, dan tingkat sintasan udang vaname.

BAHAN DAN METODE

Hewan Uji

Rangkaian penelitian dilakukan di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL), Serang, Banten. *Post larva* (PL) 10 udang vaname diperoleh dari *hatchery* PT Suri Tani Pemuka, Anyer, Banten. Konfirmasi bebas patogen WSSV, TSV, IMNV, dan AHPND dilakukan dengan metode *polymerase chain reaction* (PCR) sesuai prosedur di BPKIL Serang. Udang diaklimatisasi dalam bak fiber (1,5 ton) dengan kepadatan 300 ekor per bak selama 40 hari pada laboratorium uji lapang BPKIL Serang. Rangkaian penelitian telah mendapatkan persetujuan Komisi Kode Etik Hewan Uji IPB (nomor kode etik 191-2021 IPB).

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL), terdiri atas empat perlakuan pakan uji dengan tiga ulangan. Pakan uji berupa pakan komersil (protein 35%) yang dicampur prebiotik dengan empat dosis berbeda: Pre-0% (kontrol); Pre-0,5%; Pre-1%; dan Pre-2%. Prebiotik yang digunakan adalah *Fructooligosaccharides* (FOS) komersil (My Inulin Protein, AS). Pencampuran prebiotik dilakukan dengan metode *coating*. FOS dilarutkan dengan 1% akuades steril dan 0,5% *binder* komersil (Progol, Indonesia) lalu dicampurkan dengan pakan menggunakan *sprayer* hingga merata. Pakan prebiotik dikering-udarkan selama 30 menit kemudian disimpan di dalam plastik kedap udara pada suhu 4°C. Pencampuran pakan dilakukan setiap tiga hari.

Pemeliharaan dan Pemberian Pakan Prebiotik

Udang dengan bobot $1,58 \pm 0,21$ g dipelihara dalam bak fiber (volume 1 m³) dengan kepadatan 100 ekor per bak. Udang diberikan pakan uji sesuai dengan dosis perlakuan selama 30 hari. Pemberian pakan uji dilakukan dengan dosis 6% dari bobot biomassa udang sebanyak lima kali sehari pada pukul 06:00, 10:00, 14:00, 18:00, dan 22:00 WIB. Pergantian air dilakukan setiap hari sebanyak 40% dari volume air. Sisa pakan yang tidak termakan dan feses dibuang dengan cara disifon. Selama pemeliharaan, salinitas air berada pada rentang 30-33 ppt dan suhu 30°C-31°C pada semua perlakuan. Pengukuran bobot udang dilakukan setiap 10 hari

untuk menyesuaikan jumlah pakan yang diberikan. Tingkat sintasan (*survival rate*; SR) diamati hingga akhir pemeliharaan.

Performa Pertumbuhan Udang

Pengukuran bobot udang dilakukan pada awal pemeliharaan, hari ke-10, 20, dan akhir pemeliharaan. *Sampling* dilakukan sebelum pemberian pakan saat usus udang dalam kondisi kosong ($n=10$). Laju pertumbuhan spesifik (SGR), pertambahan bobot harian (ADG), dan konversi pakan (FCR) dihitung menggunakan persamaan (Li *et al.*, 2021):

$$\text{SGR (\%/d)} = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100$$

di mana: SGR : *specific growth rate*

W_t : bobot akhir udang (g)

W_o : bobot awal udang (g)

t : lama pemeliharaan (hari)

$$\text{ADG (g/d)} = \frac{W_t - W_o}{t}$$

di mana: ADG : *average daily weight gain*

W_t : bobot akhir udang (g)

W_o : bobot awal udang (g)

t : lama pemeliharaan (hari)

$$\text{FCR} = \frac{\text{JKP}}{B_t - B_o}$$

di mana: JKP : jumlah konsumsi pakan (g)

B_t : biomassa akhir udang (g)

B_o : biomassa awal udang

Analisis Tingkat Ekspresi Gen

Hepatopankreas udang diambil pada hari ke-0 dan ke-30 pemeliharaan ($n=3$). Total RNA dari hepatopankreas diekstraksi menggunakan pereaksi *TriZol* (Thermoscientific, AS) sesuai dengan petunjuk pengerjaan. Konsentrasi RNA diukur dengan menggunakan spektrofotometer *Multiskan Sky* (Thermoscientific, AS) pada panjang gelombang 230, 260, dan 280 nm. Kualitas RNA ditentukan melalui metode gel elektroforesis. Total RNA ($450 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$) kemudian disintesis menjadi cDNA menggunakan kit *ReverTra Ace™ qPCR RT mastermix* (Toyobo, Jepang) sesuai dengan petunjuk pengerjaan. Tingkat ekspresi gen terkait metabolisme udang dianalisis dengan metode *real-time polymerase chain reaction* (qPCR). Reaksi qPCR dilakukan dalam mesin *Applied Biosistem 7500 Fast* (Thermofisher, AS) menggunakan kit *SensiFAST SYBR® LOW-ROX* (Bioline, Inggris). Volume akhir reaksi adalah $20 \mu\text{L}$ yang terdiri atas $4 \mu\text{L}$ cDNA masing-masing sampel ($45 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$), $1 \mu\text{L}$ masing-

masing primer ($10 \mu\text{M}$), $10 \mu\text{L}$ SYBR master mix, dan $4 \mu\text{L}$ *nuclease free water* (NFW). Sekuens primer qPCR ditampilkan pada Tabel 1. Amplifikasi qPCR dilakukan pada suhu 95°C selama lima menit, dilanjutkan dengan 40 siklus: 95°C selama 15 detik, *annealing* pada 60°C selama 10 detik, dan 72°C selama lima detik. Analisis *melting curve* diamati pada suhu 72°C - 94°C pada akhir amplifikasi dengan *gradient* suhu $1,5^\circ\text{C}/10$ detik untuk mengevaluasi spesifisitas reaksi. Tingkat ekspresi dianalisis dengan metode $2^{-\Delta\Delta\text{Ct}}$ (Livak & Schmittgen, 2001) setelah dinormalisasi dengan ekspresi gen $\text{ELF1}\alpha$ dan direlatifkan pada tingkat ekspresi gen di awal perlakuan.

Analisis Data

Analisis rata-rata bobot, FCR, SGR, SR, ADG, dan tingkat ekspresi gen terkait dilakukan secara statistik menggunakan program *SPSS 20* (IBM, AS). Signifikansi perbedaan diperiksa dengan uji one-way ANOVA dan uji lanjut menggunakan uji Duncan dengan taraf $\alpha = 95\%$.

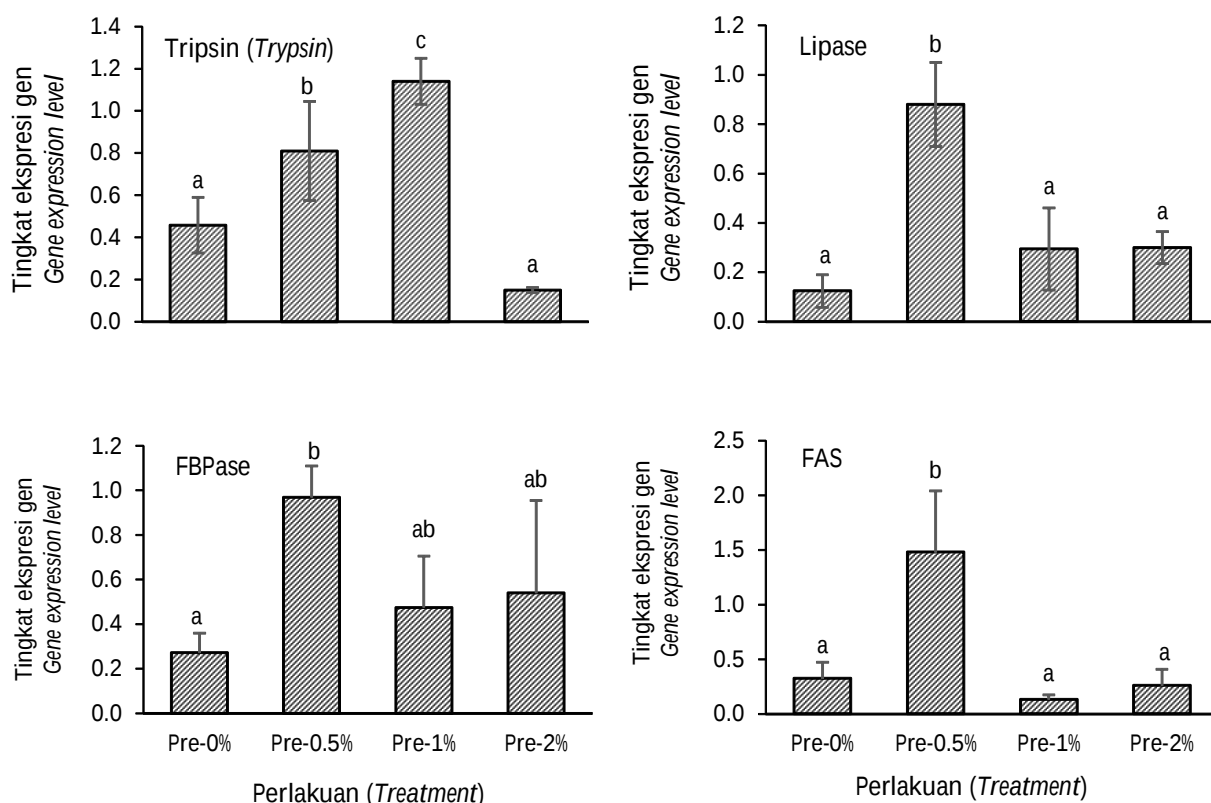
HASIL DAN BAHASAN

Tingkat Ekspresi Gen

Prebiotik adalah bahan yang tidak tercerna oleh inang, namun dapat dimanfaatkan oleh bakteri pada saluran pencernaan. FOS adalah salah satu prebiotik golongan fruktan yang tidak dapat terhidrolisis oleh enzim dan cairan pencernaan, namun mampu dimanfaatkan oleh bakteri kolon terutama bakteri asam laktat (Chang *et al.*, 2018; Nedaei *et al.*, 2019). FOS difermentasi oleh bakteri asam laktat menjadi berbagai metabolit yang memberikan ekstra energi dan nutrisi untuk sel (Fernández *et al.*, 2016). Metabolit dan nutrisi ini secara tidak langsung ikut memodulasi aktivitas dan regulasi metabolisme inang secara molekuler (Huynh *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2021). Tingkat ekspresi gen terkait pertumbuhan udang dianalisis secara molekuler menggunakan metode qPCR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian perlakuan pakan campuran prebiotik FOS dengan berbagai dosis mampu meningkatkan tingkat ekspresi gen terkait metabolisme nutrisi pada udang vaname (Gambar 1). Tingkat ekspresi gen tripsin meningkat secara signifikan setelah 30 hari suplementasi prebiotik Pre-0,5% dan Pre-1%; sementara Pre-2% tidak berbeda dengan kontrol. Perlakuan Pre-0,5% juga memodulasi peningkatan ekspresi gen lipase, FBPase, dan FAS secara signifikan dibandingkan dengan kontrol ($p < 0,05$). Perlakuan Pre-1% dan Pre-2% tidak memberikan peningkatan ekspresi gen lipase dan FAS secara signifikan dibandingkan kontrol ($p > 0,05$). Tingkat ekspresi FBPase meningkat pada perlakuan Pre-1% dan 2%, namun tidak signifikan dibandingkan kontrol dan perlakuan Pre-0,5% ($p > 0,05$).

Tabel 1. Sekuens primer qPCR yang digunakan dalam penelitian
Table 1. Sequences of qPCR primers used in the study

Gen Gene	Fungsi Function	Sekuens Primer (5'-3') Primer sequence (5'-3')	Sumber Reference
Glutamate dehydrogenase (GDH)	Respons anti-stres Anti-stress response	F: AGGTTGTGGAGGACCACTTG R: CCGTGGATCATCTCGTAGGT	Lage et al. (2017)
Glutamine synthetase (GS)	Respons anti-stres Anti-stress response	F: TTCCGTCTCCTGAAATACCG R: AGGAGCCTTGGAATGAAGT	Lage et al. (2017)
Lipase	Metabolisme lipid Lipid metabolism	F: ACTGTCTCCTCTGCTCGTC R: ATGGTTTCTGGAATAGGTGTTT	Lage et al. (2017)
Trypsin	Metabolisme protein Protein metabolism	F: TCTGCTCGTTGCCCTCATC R: GGCTTCGCCTTCCACTTCT	Wei et al. (2014)
Fatty acid synthase (FAS)	Metabolisme asam lemak Fatty acid metabolism	F: GCGTGATAACTGGGTGTCCT R: ACGTGTGGGTTATGGTGGAT	Lage et al. (2017)
Fructose 1,6-bisphosphatase (FBPase)	Metabolisme glukosa Glucose metabolism	F: AACTGCTGTCAAGGCCATCT R: TTCCTTGTCGCTCCTGTTCT	Lage et al. (2017)
Elongase factor 1 α (ELF1 α)	Kontrol internal qPCR qPCR internal control	F: CTGTGGTCTGGTTGGTGTG R: TCAGATGGGTTCTTGGGTTTC	Alvarez-ruiz et al. (2015)



Gambar 1. Tingkat ekspresi gen terkait metabolisme pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang diberi prebiotik FOS dengan dosis berbeda selama 30 hari. Data ditampilkan dalam rata-rata $\pm$ SD ($n=3$). Huruf yang berbeda menandakan perbedaan yang signifikan antar ($p<0,05$).

Figure 1. Metabolic-related gene expression level of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed with different levels of prebiotic FOS for 30 days. Data are presented as mean $\pm$ SD ($n=3$). Different letters show a significant difference between treatments ($p<0.05$).

Pola peningkatan tingkat ekspresi gen pasca-suplementasi prebiotik dilaporkan pada udang vaname pascapemberian prebiotik inulin, prebiotik dari golongan fruktan yang sama dengan FOS (Li *et al.*, 2021). Udang vaname diberikan prebiotik inulin dengan konsentrasi 2, 4, dan 8 mg/g pakan selama 57 hari. Tingkat ekspresi gen terkait pertumbuhan (*cathepsin*, *chitinase*, dan *trypsin*) secara signifikan meningkat dibandingkan kontrol, dengan tingkat ekspresi tertinggi berada pada dosis 4 mg/L (Li *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini tingkat ekspresi gen menunjukkan hal yang tidak signifikan pada dosis lebih tinggi (1% dan 2%). Hal ini diduga akibat penurunan konsentrasi bakteri asam laktat yang memodulasi peningkatan ekspresi gen terkait metabolisme pada inang secara molekuler. Populasi bakteri asam laktat tergantung dari rasio atau keseimbangan nutrisi yang dipengaruhi oleh dosis suplementasi FOS seperti yang dilaporkan oleh Akrami *et al.* (2013). Pemberian FOS dengan dosis 2% menurunkan populasi bakteri asam laktat dan menghasilkan bobot, serta FCR yang lebih rendah dibandingkan dengan dosis 1% pada ikan nila setelah 75 hari pemberian pakan (Akrami *et al.*, 2013).

Bobot Tubuh Rata-Rata dan Performa Pertumbuhan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa udang yang diberikan pakan prebiotik memiliki bobot rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol ($p < 0,05$) (Tabel 2), di mana perlakuan Pre-2% dan 0,5% memiliki bobot rata-rata tertinggi pada akhir pemeliharaan ($p < 0,05$).

Selain bobot rata-rata, suplementasi pakan dengan prebiotik FOS menunjukkan performa pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol (Tabel 2). Dosis prebiotik 0,5% memberikan FCR sekitar 16%

lebih rendah dibandingkan dengan kontrol ($p < 0,05$), namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan perlakuan Pre-2%. Nilai ADG dari udang yang diberikan pakan prebiotik juga lebih baik dibandingkan dengan kontrol, akan tetapi tidak memberikan SGR yang berbeda ($p > 0,05$).

Peningkatan bobot dan performa pertumbuhan udang ini diduga akibat peningkatan tingkat ekspresi gen terkait metabolisme (Gambar 1) yang memicu aktivitas metabolisme dan pertumbuhan secara molekuler. Peningkatan bobot dan pertumbuhan udang vaname yang diberikan prebiotik inulin dengan dosis 4 mg/g dan 8 mg/g juga dilaporkan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, namun kedua dosis tidak menunjukkan perbedaan bobot akhir dan SGR yang berbeda (Li *et al.*, 2021). Pola yang sama ditunjukkan pada penelitian ini walaupun udang perlakuan Pre-0,5% memiliki tingkat ekspresi gen terkait metabolisme yang lebih tinggi (Gambar 1), SGR dan ADG tidak berbeda dengan perlakuan prebiotik yang lain, kecuali FCR yang berbeda ($p < 0,05$) dengan perlakuan Pre-1% (Tabel 2). Suplementasi FOS diduga menstimulasi bakteri asam laktat dan bakteri lainnya untuk menghasilkan metabolit tertentu yang memberikan efek positif bagi pertumbuhan dan daya tahan udang (Huynh *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2020). Suplementasi FOS juga diduga memicu sintesis *growth factor* yang lain yang tidak menjadi parameter pada penelitian ini seperti *cathepsin* dan *chitinase* (Li *et al.*, 2021).

Kontras dengan hasil penelitian ini, Mustafa *et al.* (2020) melaporkan tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap bobot dan performa pertumbuhan udang vaname yang dipelihara dengan sistem resirkulasi setelah diberikan probiotik FOS dengan dosis 0,15% dan 0,3% selama 35 hari. Pertumbuhan yang tidak signifikan setelah suplementasi FOS kemungkinan

Tabel 2. Performa pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) setelah pemberian prebiotik FOS dengan dosis berbeda

Table 2. Growth performance of white shrimp fed with different levels of FOS prebiotic

Perlakuan Treatments	Prebiotik (Prebiotic) (%)			
	0	0.5	1	2
Wo (g)	1.59 ± 0.21 ^a	1.59 ± 0.21 ^a	1.59 ± 0.21 ^a	1.59 ± 0.21 ^a
Wt (g)	5.57 ± 0.13 ^a	6.29 ± 0.25 ^b	5.86 ± 0.18 ^a	6.60 ± 0.08 ^b
ADG (g day ⁻¹)	0.13 ± 0.00 ^a	0.16 ± 0.00 ^c	0.14 ± 0.01 ^b	0.17 ± 0.00 ^c
FCR	1.51 ± 0.11 ^c	1.26 ± 0.09 ^a	1.47 ± 0.11 ^{cb}	1.31 ± 0.05 ^b
SGR (% day)	4.21 ± 0.36 ^a	4.61 ± 0.30 ^a	4.38 ± 0.39 ^a	4.77 ± 0.39 ^a

Keterangan: Huruf superskrip berbeda pada kolom yang sama adalah berbeda nyata secara statistik ($p < 0,05$)

Note: Different superscript letters in the same column show significant differences ($p < 0.05$)

dapat terjadi dikarenakan dosis prebiotik yang diberikan kurang optimal untuk kondisi budidaya dengan sistem RAS tersebut (Anuta *et al.*, 2011; Mustafa *et al.*, 2020).

Sintasan Udang

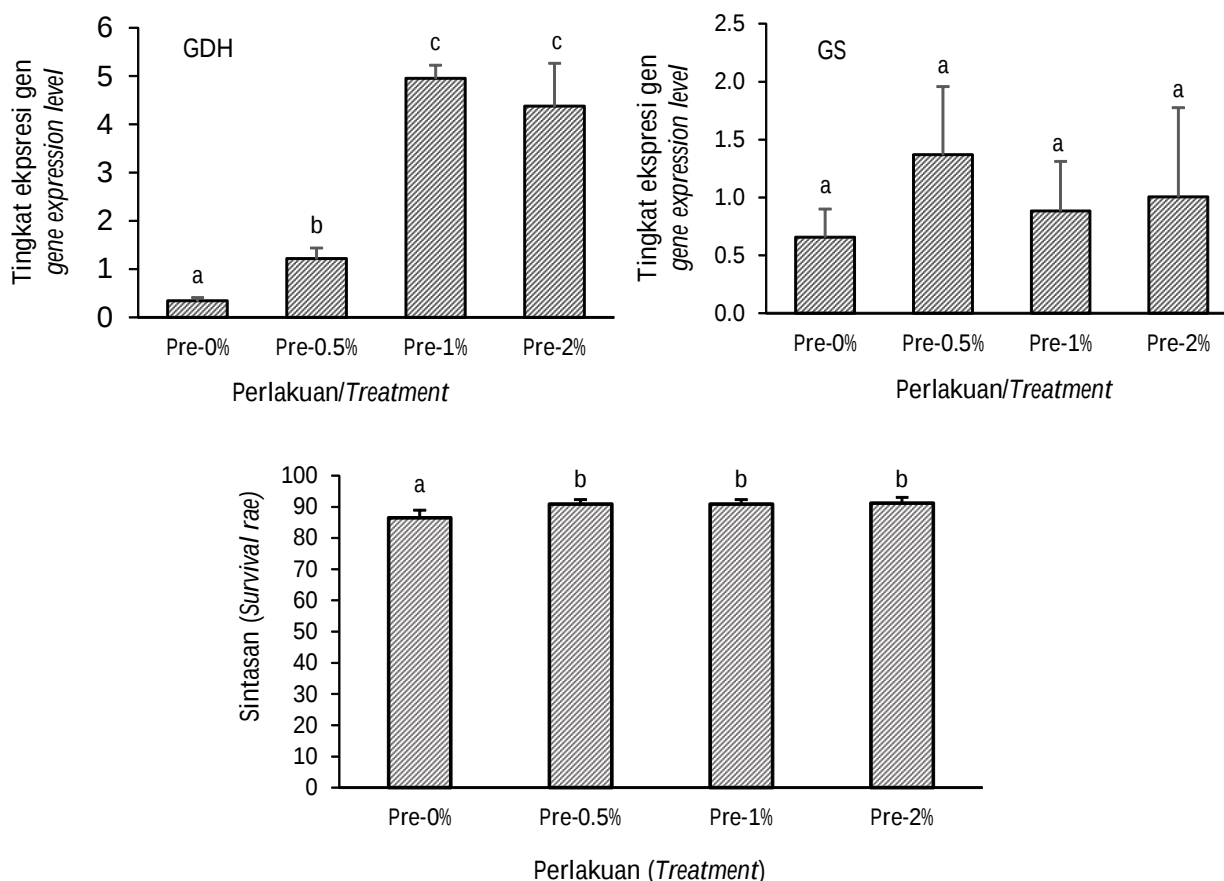
Selain pertumbuhan, pemberian pakan prebiotik FOS terbukti meningkatkan sintasan udang selama 30 hari pemeliharaan (Gambar 2b). Udang dengan perlakuan prebiotik memiliki sintasan sebesar 90,38%-91,16%; lebih tinggi 4%-5% dibandingkan dengan kontrol (86,52%; $p < 0,05$). Tingkat sintasan udang yang signifikan diduga akibat peningkatan daya tahan dan *fitness* dari udang yang disuplementasi prebiotik.

Peningkatan daya tahan udang tercermin dari tingkat ekspresi gen anti-stres yang meningkat pada

penelitian ini (Gambar 2a). Tingkat ekspresi gen GDH lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol non-prebiotik, sementara tingkat ekspresi gen GS tidak berbeda karena variasi biologis yang tinggi. Pada penelitian lain suplementasi prebiotik FOS dan prebiotik golongan fruktan lainnya sudah banyak dilaporkan mampu meningkatkan daya tahan dan imunitas ikan maupun udang yang berimplikasi pada peningkatan sintasan (Akrami *et al.*, 2013; Dong & Wang, 2013; Li *et al.*, 2021; Nawaz *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Pemberian probiotik FOS dapat meningkatkan tingkat ekspresi gen terkait metabolisme, gen terkait anti-stres, menurunkan nilai FCR, serta meningkatkan bobot tubuh, ADG, SGR, dan sintasan udang vaname dengan dosis suplementasi terbaik 0,5% dan 2%.



Gambar 2. Tingkat ekspresi gen terkait respons anti-stres (A) dan sintasan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), (B) yang diberi perlakuan prebiotik FOS dengan dosis berbeda selama 30 hari. Data ditampilkan dalam rata-rata $\pm$ SD ($n=3$). Huruf yang berbeda menandakan perbedaan yang signifikan antar perlakuan ($p < 0,05$).

Figure 2. The Anti-stress gene expression level (A) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) survival (B) fed with different levels of FOS prebiotic for 30 days. Different letters show a significant difference between treatments ($p < 0.05$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kemenristek-Dikti Republik Indonesia melalui skim pendanaan PMDSU Nomor: 1098/IT3.11/LT/2017. Terima kasih disampaikan pada pihak BP2IL Serang atas kerja sama dan fasilitas penelitian yang telah diberikan.

DAFTAR ACUAN

- Akrami, R., Iri, Y., Khoshbavar Rostami, H., & Razeghi Mansour, M. (2013). Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. *Fish and Shellfish Immunology*, 35(4), 1235-1239. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.07.039>.
- Anuta, D., Buentello, A., Patnaik, S., Lawrence, A., Mustafa, A., Hume, M., Gatlin, D.III., Kemp, M. (2011). Effects of dietary supplementation of the acidifier vitoxal-mionix on growth, survival, immune response and gut microbiota of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aqua. Soc.*, 42, 834-844. DOI: 10.1111/j.17497345.2011.00519.x.
- Alvarez-ruiz, P., Luna-gonzález, A., Mejía-ruiz, C.H., Magallón-barajas, F.J., & Galván-alvarez, D.A. (2015). Long-lasting effect against white spot syndrome virus in shrimp broodstock, *Litopenaeus vannamei*, by LvRab7 Silencing. *Journal of The World Aquaculture Society*, 46(6), 571-582. <https://doi.org/10.1111/jwas.12236>.
- Chang, M., Zhao, Y., Qin, G., & Zhang, X. (2018). Fructo-oligosaccharide alleviates soybean-induced anaphylaxis in piglets by modulating gut microbes. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02769>.
- Dong, C. & Wang, J. (2013). Immunostimulatory effects of dietary fructooligosaccharides on red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Aquaculture Research*, 44(9), 1416-1424. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03146.x>.
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture. Sustainability in action. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://doi.org/10.4060/ca9229en%0AThe>.
- Fernández, J., Redondo-Blanco, S., Gutiérrez-del-Río, I., Miguélez, E.M., Villar, C.J., & Lombó, F. (2016). Colon microbiota fermentation of dietary prebiotics towards short-chain fatty acids and their roles as anti-inflammatory and antitumour agents: A review. *Journal of Functional Foods*, 25, 511-522. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.032>.
- García-Meilán, I., Ordóñez-Grande, B., Valentín, J.M., Fontanillas, R., & Gallardo, Á. (2020). High dietary carbohydrate inclusion by both protein and lipid replacement in gilthead sea bream. Changes in digestive and absorptive processes. *Aquaculture*, 520, 734977. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734977>.
- Hoseinifar, S.H., Esteban, M.Á., Cuesta, A., & Sun, Y.Z. (2015). Prebiotics and fish immune response: A review of current knowledge and future perspectives. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 23(4), 315-328. <https://doi.org/10.1080/23308249.2015.1052365>.
- Huynh, T.G., Shiu, Y.L., Nguyen, T.P., Truong, Q.P., Chen, J.C., & Liu, C.H. (2017). Current applications, selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving the growth and health status in aquaculture: A review. *Fish and Shellfish Immunology*, 64, 367-382. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.035>.
- Lage, L.P.A., Plagnes-Juan, E., Putrino, S.M., Baron, F., Weissman, D., Guyonvarch, A., Brugger, R., Nunes, A.J.P., & Panerat, S. (2017). Ontogenesis of metabolic gene expression in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*): New molecular tools for programming in the future. *Aquaculture*, 479, 142-149. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.030>.
- Li, Y., Yuan, W., Zhang, Y., Liu, H., & Dai, X. (2021). Single or combined effects of dietary arabinoxylan-oligosaccharide and inulin on growth performance, gut microbiota, and immune response in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Oceanology and Limnology*, 39(2), 741-754. <https://doi.org/10.1007/s00343-020-9083-z>.
- Lin, S.M., Shi, C.M., Mu, M.M., Chen, Y.J., & Luo, L. (2018). Effect of high dietary starch levels on growth, hepatic glucose metabolism, oxidative status and immune response of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Fish and Shellfish Immunology*, 78, 121-126. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.04.046>.
- Livak, K.J. & Schmittgen, T.D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta CT$ method. *Methods*, 25(4), 402-408. <https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262>.
- Long, J., Cui, Y., Wang, R., Chen, Y., Zhao, N., Wang, C., Wang, Z., & Li, Y. (2021). Combined effects of high salinity and ammonia-N exposure on the energy metabolism, immune response, oxidative resistance and ammonia metabolism of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquacul-*

- ture Reports, 20, 100648. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100648>.
- Lyons, C.L. & Roche, H.M. (2018). Nutritional modulation of AMPK-impact upon metabolic-inflammation. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10), 1-17. <https://doi.org/10.3390/ijms19103092>.
- Modanloo, M., Soltanian, S., Akhlaghi, M., & Hoseinifar, S.H. (2017). The effects of single or combined administration of galactooligosaccharide and *Pediococcus acidilactici* on cutaneous mucus immune parameters, humoral immune responses and immune related genes expression in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Fish and Shellfish Immunology*, 70, 391-397. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.09.032>.
- Mohan, K., Ravichandran, S., Muralisankar, T., Uthayakumar, V., Chandirasekar, R., Seedevi, P., & Rajan, D.K. (2019). Potential uses of fungal polysaccharides as immunostimulants in fish and shrimp aquaculture: A review. *Aquaculture*, 500, 250-263. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.023>.
- Mustafa, A., Buentello, A., Gatlin, D., Lightner, D., Hume, M., & Lawrence, A. (2020). Effects of fructooligosaccharides (FOS) on growth, survival, gut microflora, stress, and immune response in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, cultured in a recirculating system. *Journal of Immunology and Immunochemistry*, 41(1), 45-59. <https://doi.org/10.1080/15321819.2019.1680386>.
- Nawaz, A., Javaid, A.B., Irshad, S., Hoseinifar, S.H., & Xiong, H. (2018). The functionality of prebiotics as immunostimulant: Evidences from trials on terrestrial and aquatic animals. *Fish and Shellfish Immunology*, 76, 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.03.004>.
- Nedaei, S., Noori, A., Valipour, A., Khanipour, A.A., & Hoseinifar, S.H. (2019). Effects of dietary galactooligosaccharide enriched commercial prebiotic on growth performance, innate immune response, stress resistance, intestinal microbiota and digestive enzyme activity in Narrow clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 182. In *Aquaculture* (Vol. 499). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.076>.
- Kim, Y.O., Mahboob, S., Viayaraghavan, P., Biji, D., Al-Ghanim, K.A., Al-Misned, F., Ahmed, Z.,, & Kim, H-J. (2020). Growth promoting activity of *Penaeus indicus* by secondary metabolite producing probiotic bacterium *Bacillus subtilis* isolated from the shrimp gut. *Journal of King Saud University - Science*, 32(2), 1641-1646. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.12.023>.
- Ringø, E., Olsen, R.E., Gifstad, T., Dalmo, R.A., Amlund, H., Hemre, G.I., & Bakke, A.M. (2010). Prebiotics in aquaculture: A review. *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 117-136. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x>.
- Su, J., Mei, L., Xi, L., Gong, Y., Yang, Y., Jin, J., Liu, H., Zhu, X., Xie, S., & Han, D. (2021). Responses of glycolysis, glycogen accumulation and glucose-induced lipogenesis in grass carp and Chinese longsnout catfish fed high-carbohydrate diet. *Aquaculture*, 533, 736146. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736146>.
- Thornber, K., Verner-Jeffreys, D., Hinchliffe, S., Rahman, M.M., Bass, D., & Tyler, C.R. (2020). Evaluating antimicrobial resistance in the global shrimp industry. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 966-986. <https://doi.org/10.1111/raq.12367>.
- Wang, Z. & Dong, C. (2019). Gluconeogenesis in cancer: Function and regulation of PEPCK, FBPase, and G6Pase. *Trends in Cancer*, 5(1), 30-45. <https://doi.org/10.1016/j.trecan.2018.11.003>.
- Wang, Z., Tauzin, A.S., Laville, E., Tedesco, P., Létisse, F., Terrapon, N., Lepercq, P., Mercade, M., & Potocki-Veronese, G. (2020). Harvesting of prebiotic fructooligosaccharides by nonbeneficial human gut bacteria. *MSphere*, 5(1). <https://doi.org/10.1128/msphere.00771-19>.
- Wei, J., Zhang, X., Yu, Y., Li, F., & Xiang, J. (2014). RNA-Seq reveals the dynamic and diverse features of digestive enzymes during early development of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 11, 37-44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cbd.2014.07.001>.