

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

BROMELIN DALAM PAKAN DAPAT MEMPERBAIKI KINERJA PERTUMBUHAN LARVA IKAN NILA *Oreochromis niloticus*

Balqis Aulia Rahma^{*)}, Dedi Jusadi^{*)}, Mia Setiawati^{*)}, Talita Shofa Adestia^{*)#1}

^{*)}Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

(Naskah diterima: 22 Juni 2025, Revisi final: 13 Juni 2025, Disetujui publikasi: 17 Agustus 2025)

ABSTRAK

Penelitian ini adalah bertujuan untuk mengkaji efek penambahan enzim bromelin dalam pakan terhadap pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) selama tahap pembenihan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan pakan yang mengandung bromelin pada kadar 0, 5, 10, serta 15 g kg⁻¹ pakan dan masing-masing diulang sebanyak empat kali. Seratus larva ikan nila, bobot awal rata-rata 0,06±0,02 (g), umur 7 hari ditebar perakuarium dengan volume air 90 L, lalu dipelihara selama 40 hari. Pemberian pakan dilakukan lima kali sehari hingga ikan mencapai tingkat kenyang (*at satiation*) selama masa pemeliharaan 20 hari pertama dan 4 kali sehari pada 20 hari berikutnya. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa penambahan bromelin pada pakan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan oleh ikan nila karena dapat meningkatkan biomassa ikan (280,60±2,31), rasio efisiensi protein (2,22±0,02), serta menurunkan rasio konversi pakan (1,12±0,01). Bobot individu ikan tidak berbeda nyata antar perlakuan, namun nilai kelangsungan hidup yang tinggi pada perlakuan penambahan bromelin 10 g kg⁻¹, menyebabkan biomassa ikan panen meningkat secara signifikan yang berbeda nyata dari perlakuan 0 g kg⁻¹. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dosis terbaik penambahan bromelin di fase pembenihan ikan nila adalah 10 g kg⁻¹.

KATA KUNCI: efisiensi pakan; enzim; kimotripsin; larva; tripsin

ABSTRACT: *Bromelain in Feed can Improve Growth Performance of Tilapia Oreochromis niloticus Larvae.*

This research aimed to assess the impact of bromelain-enriched feed on the growth performance of tilapia (Oreochromis niloticus) during the hatchery stage. A Completely Randomized Design (CRD) was applied, consisting of four feed treatments with bromelain levels of 0, 5, 10, and 15 g kg⁻¹, each replicated four times. A total of 100 tilapia larvae, average initial weight 0.06±0.02, aged seven days, were stocked into each aquariums containing 90 L of water and reared for 40 days. Feeding was carried out to satiation five times daily during the first 20 days and reduced to four times daily for the remaining 20 days. The findings revealed that dietary bromelain supplementation improved feed utilization efficiency, increased fish biomass (280.60±2.31) and protein efficiency ratio (2.22±0.02), and lowered the feed conversion ratio (1.12±0.01). While individual fish weights showed no significant differences across treatments, the group receiving 10 g kg⁻¹ bromelain exhibited a higher survival rate, which led to a significantly greater biomass compared to the group without bromelain supplementation. These results suggest that the optimal bromelain inclusion level for tilapia during the hatchery phase is 10 g kg⁻¹.

Keywords: Chymotrypsin; enzyme; feed efficiency; larvae; trypsin

#Korespondensi: Talita Shofa Adestia.
Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu
Kelautan, Institut Pertanian Bogor
E-mail: talitashofa@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Ikan nila *Oreochromis niloticus* merupakan salah satu komoditas budidaya perikanan yang menjadi fokus pengembangan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2020). Pelaksanaan program budidaya ikan nila salin di tambak Pantura diperkirakan akan meningkatkan usaha budidaya ikan nila di kawasan tersebut. Di sisi lain, peningkatan aktivitas budidaya juga akan meningkatkan kebutuhan benih. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan jumlah benih yang dihasilkan panti benih. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah meningkatkan tingkat efisiensi proses pembenihan melalui peningkatan kinerja pertumbuhan, seperti perbaikan efisiensi pakan dan tingkat kelangsungan hidup larva. Salah satu strategi yang dapat diterapkan adalah melalui penyediaan pakan yang berkualitas. Sebagai contoh, suplementasi pakan dengan enzim protease berpotensi meningkatkan performa pertumbuhan dan kondisi morfologis usus ikan nila (Saleh *et al.*, 2021). Pada ikan Gibel carp (*Carassius auratus gibel*), suplementasi protease terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pakan, serta mengurangi ketebalan mukosa muskularis usus, sehingga memungkinkan penyerapan nutrisi yang lebih optimal (Liu *et al.*, 2018).

Bromelin merupakan enzim proteolitik yang berperan dalam memecah protein menjadi peptida berukuran lebih kecil dan asam-asam amino. Bromelin termasuk protease sistein yang memiliki lokasi aktif *cysteine* dan dibantu *histidine* dengan gugus sifrihidril dalam pemecahan ikatan peptida (Gautam *et al.*, 2010). Dengan demikian, bromelin merupakan alternatif lain enzim protease yang bisa disuplementasi dalam pakan larva ikan nila.

Bromelin dalam pakan yang diberikan pada fase pendederan seperti pada penelitian Wiszniewski *et al.* (2019) pada benih ikan Sterlet *Acipenser ruthenus* dapat meningkatkan jaringan usus menjadi lebih luas dan meningkatkan jumlah sel serap usus pada enterosit, sehingga meningkatkan kemampuan penyerapan nutrisi. Doan *et al.* (2021) menunjukkan penambahan bromelin pada benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) ukuran 20 g dengan dosis 10 g kg⁻¹ pakan menghasilkan nilai konversi pakan dan pertumbuhan terbaik. Penambahan bromelin 3 g kg⁻¹ pakan memperbaiki kinerja pertumbuhan ikan sidat (Maharani *et al.*, 2023). Selain itu, dosis penambahan bromelin untuk ikan patin adalah 22,5 g kg⁻¹ (Novita & Sudaryono, 2017). Namun, pemberian bromelin pada fase pembesaran dinilai tidak ekonomis karena harga bromelin yang mahal dan dapat meningkatkan biaya operasional, sehingga pemberian bromelin sebaiknya diberikan pada larva di fase pembenihan. Pemberian bromelin di stadia larva, selain meningkatkan kinerja

pertumbuhan, juga memperbaiki struktur usus (Gopalraaj *et al.*, 2024). Struktur usus yang berkembang lebih baik akan bersifat permanen, sehingga ikan di fase pembesaran juga akan lebih efisien dalam memanfaatkan pakan (Wiszniewski *et al.*, 2019). Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengetahui dampak penambahan bromelin dalam pakan terhadap performa pertumbuhan larva ikan nila. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana suplementasi bromelin dalam pakan dapat memengaruhi pertumbuhan larva ikan nila.

BAHAN DAN METODE

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan berupa suplementasi enzim bromelin dalam pakan, yaitu sebanyak 0, 5, 10, dan 15 g kg⁻¹ pakan. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak empat kali. Pakan dengan perlakuan tersebut diberikan kepada larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat jenis perlakuan berupa suplementasi bromelin dalam pakan, yaitu sebesar 0, 5, 10, dan 15 g kg⁻¹ pakan. Masing-masing perlakuan dilakukan dalam empat ulangan. Pakan perlakuan tersebut diberikan kepada larva ikan nila.

Pakan

Pakan uji yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pakan komersial merek Fengli dengan kandungan protein sebesar 40%. Fengli 0 diberikan selama 20 hari pertama masa pemeliharaan, kemudian dilanjutkan dengan pemberian Fengli 1 selama 20 hari berikutnya. Sebelum diberikan kepada ikan, pakan dilapisi dengan enzim bromelin (Fonde, 99%) sesuai dengan dosis perlakuan. Untuk setiap 1 kg pakan, bromelin dicampurkan dengan 30 g putih telur, 0,1 g kuning telur, dan 100 ml air. Campuran tersebut dihomogenkan menggunakan *mixer* selama 2 menit, kemudian disemprotkan secara merata ke permukaan pakan. Setelah itu, pakan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C. Pakan yang telah diproses disimpan pada suhu rendah (-20°C) untuk menjaga kestabilan aktivitas enzim (Abd Halim *et al.*, 2024). Komposisi proksimat dari pakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Ikan

Larva ikan nila merah berumur 7 hari bobot awal rata-rata 0,53±0,06 g dan biomassa awal 53±6 g ditebar ke dalam akuarium dengan padat tebar 100 ekor per akuarium, dengan dimensi akuarium 60 × 50 × 40 cm³ yang diisi air 90 L. Setiap akuarium diberi satu buah pemanas air yang dilengkapi termostat,

Tabel 1 Komposisi Pakan Uji (%)
 Table 1 Proximate Analysis of the Test Feed (%)

Komposisi <i>Composition</i>	Perlakuan Bromelain (g kg ⁻¹ feed) <i>Bromelain Treatment (g kg⁻¹ feed)</i>			
	0	5	10	15
Kadar air (%) <i>Moisture (%)</i>	9.98	10.37	9.48	10.20
Protein (%) <i>Protein (%)</i>	42.77	42.95	43.50	43.85
Kadar lemak (%) <i>Fat (%)</i>	7.64	7.39	7.46	7.52
Kadar abu (%) <i>Ash (%)</i>	11.39	11.44	11.05	11.41
Serat Kasar (%) <i>Crude Fiber (%)</i>	3.32	3.04	3.16	3.11
BETN (%) <i>NFE (%)</i>	27.67	27.68	28.02	26.63
GE (kkal kg ⁻¹) <i>GE (kcal kg⁻¹)</i>	4247.36	4235.11	4285.53	4253.75

¹Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN) basah = 100 - (air + protein + lemak + abu + serat kasar) dan BETN kering = 100 - (protein + lemak + abu + serat kasar).

¹*Nitrogen Free Extract* = 100 - (moisture + protein + fat + ash + fiber) and *Dry NFE* = 100 - (protein + fat + ash + fiber)

²*Gross Energy* (GE) pakan kering dihitung berdasarkan protein = 5,64 kkal g protein⁻¹, lemak = 9,44 kkal g lemak⁻¹, dan karbohidrat/BETN = 4,11 kkal g karbohidrat⁻¹ (Watanabe, 1998).

²*Gross Energy Composition* (GE) was calculated based on protein = 5.64 kcal/g protein, fat = 9.44 kcal/g fat, and carbohydrate/ NFE = 4.11 kcal/g carbohydrate (Watanabe, 1998).

serta diberi aerasi. Ikan dipelihara selama 40 hari.

Pada 20 hari pertama pemeliharaan, pemberian pakan dilakukan lima kali dalam sehari, yaitu pada pukul 08.00, 10.00, 12.00, 14.30, dan 17.00. Selama 20 hari masa pemeliharaan selanjutnya, pakan diberikan sebanyak empat kali sehari pada pukul 08.00, 11.00, 14.00, dan 17.00 WIB. Pakan diberikan sekenyangnya (*at satiation*). Jumlah pakan yang diberikan dicatat setiap hari untuk memudahkan dalam perhitungan jumlah konsumsi pakan.

Selama pemeliharaan, kotoran di dalam akuarium dibuang untuk kemudian dilakukan penggantian air sebanyak 20-50% setiap hari. Pengukuran suhu dan oksigen terlarut sebagai indikator kualitas air dilakukan dua kali sehari, yakni pada pagi dan sore. Kondisi lingkungan seperti suhu dan oksigen terlarut (DO) selama pemeliharaan larva ikan nila yaitu suhu 28-30 °C dan DO 4-7 mg L⁻¹.

Pengumpulan Sampel

Pada akhir masa pemeliharaan, seluruh ikan yang masih hidup dipanen dan dibius terlebih dahulu sebelum dilakukan pengukuran. Proses anestesi dilakukan dengan menggunakan larutan anestetik komersial berlabel *stabilizer* (mengandung bahan aktif yang umumnya digunakan sebagai sedatifikan, seperti eugenol atau derivatnya), dengan dosis 1 mL per 4

liter air. Ikan dimasukkan ke dalam larutan anestetik hingga menunjukkan respon anestesi ringan (gerakan motorik menurun). Selanjutnya, ikan dihitung jumlahnya, kemudian ditimbang total beratnya untuk memperoleh data kelangsungan hidup, biomassa, dan bobot individu per akuarium. Pengambilan sampel untuk pengujian aktivitas tripsin dan kimotripsin dilakukan dengan pengambilan 5 ekor ikan pada setiap akuarium perlakuan. Pengambilan ikan untuk uji aktivitas enzim dilakukan setelah 2 jam ikan diberi makan, selanjutnya ikan dibekukan pada freezer suhu -80°C. Pengujian aktivitas tripsin dan kimotripsin dilakukan mengikuti metode Erlanger *et al.* (1961).

Parameter Uji

Parameter yang diamati dalam penelitian ini mencakup tingkat kelangsungan hidup (TKH), bobot akhir per individu (Wt), biomassa akhir (Bt), rasio konversi pakan (RKP), rasio efisiensi protein (REP), serta aktivitas tripsin dan kimotripsin. Perhitungan nilai RKP dan REP masing-masing mengikuti (Goddard, 1996) dan (Hepher, 1998).

Analisis Data

Seluruh data dianalisis menggunakan Microsoft Excel 2019 dan SPSS versi 26.0. Data yang telah diolah kemudian dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95% untuk

membandingkan hasil antar perlakuan. Hasil data penelitian yang menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan, dianalisis dengan uji lanjutan menggunakan Uji Duncan dan Uji Games-Howell pada tingkat kepercayaan yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Kinerja pertumbuhan larva ikan nila dengan perlakuan penambahan bromelin pada pakan selama 40 hari pemeliharaan disajikan pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Wt tidak berbeda nyata antar perlakuan, namun Bt meningkat secara signifikan pada perlakuan 10 g kg⁻¹ pakan. Perlakuan tersebut berbeda nyata dari perlakuan 0 g kg⁻¹ pakan. Peningkatan Bt berkorelasi dengan tingginya TKH ikan. Pemberian pakan yang ditambah bromelin menghasilkan nilai JKP yang tidak berbeda nyata, ini berarti bahwa perlakuan yang memiliki Bt besar mengonsumsi pakan sama banyaknya dengan perlakuan yang biomasanya lebih kecil. Dengan demikian, setiap individu ikan di perlakuan yang ditambah bromelin mengonsumsi pakan lebih sedikit. Hasil ini mengindikasikan bahwa penambahan bromelin ke dalam pakan berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pakan pada ikan nila, tercermin dari naiknya nilai Bt dan REP, serta turunnya nilai RKP.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penambahan bromelin dalam pakan berdampak pada penurunan aktivitas enzim pencernaan tripsin dan kimotripsin (Gambar 1). Namun demikian, rasio tripsin

dengan kimotripsin tidak mengalami perubahan, tidak berbeda nyata antar perlakuan. Pemberian pakan dengan bromelin menurunkan nilai aktivitas enzim pada saluran pencernaan seiring dengan peningkatan dosis bromelin pada pakan. Perlakuan 0 g kg⁻¹ pakan memiliki aktivitas tripsin tertinggi yakni $0,33 \pm 0,01$ unit/mL, sementara aktivitas tripsin terendah diperoleh pada perlakuan 10 g kg⁻¹ pakan ($0,13 \pm 0,01$) dan 15 g kg⁻¹ pakan ($0,11 \pm 0,01$). Begitu pula, aktivitas kimotripsin menunjukkan penurunan yang konsisten seperti aktivitas tripsin.

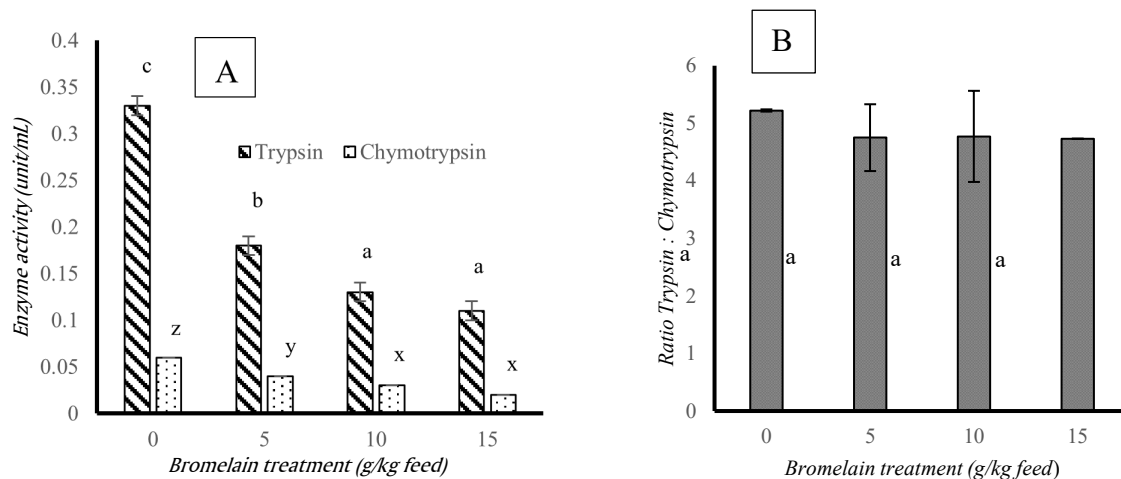
Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas tripsin dan kimotripsin di saluran pencernaan menurun seiring penambahan bromelin di pakan. Hal ini diduga terjadi karena bromelin sudah bekerja di pakan, sebelum diberikan ke ikan. Setelah pakan dilapis bromelin, pakan dikeringkan pada suhu 50 °C yang merupakan suhu optimal kerja bromelin (Martin *et al.*, 2014). Bromelin memutus ikatan peptida oleh sisi aktif enzim (*cysteine* dan *histidine*), sehingga menghasilkan struktur protein yang lebih sederhana dan rantai asam amino bebas, sehingga mengurangi sekresi enzim pencernaan di dalam tubuh ikan dan asam protein yang telah dihidrolis lebih efisien dimanfaatkan pada proses pencernaan dan penyerapan di tubuh ikan (Gautam *et al.*, 2010). Mekanisme ini dapat dijelaskan melalui teori kompensasi enzim eksogen dan endogen, bahwa penambahan enzim pencernaan dalam pakan dapat mengurangi produksi enzim pencernaan alami ikan melalui mekanisme

Tabel 2. Kinerja pertumbuhan ikan nila yang diberi pakan pada berbagai dosis penambahan bromelin
Table 2. Growth performance of tilapia fed with diets containing various levels of bromelain supplementation

Parameter Uji Test Parameters	Perlakuan Bromelain (g kg ⁻¹ feed) Bromelain treatment (g kg ⁻¹ feed)			
	0	5	10	15
Bt (g)	240.3 ± 15.8 ^a	256.7 ± 23.5 ^{ab}	280.6 ± 2.3 ^b	274.4 ± 27.1 ^{ab}
Wt (g)	3.11 ± 0.12 ^a	2.90 ± 0.21 ^a	3.03 ± 0.20 ^a	3.22 ± 0.25 ^a
JKP (g)	353.6 ± 15.3 ^a	330.7 ± 21.1 ^a	327.1 ± 8.7 ^a	322.6 ± 25.1 ^a
FI (g)				
RKP	1.35 ± 0.02 ^d	1.26 ± 0.01 ^c	1.16 ± 0.02 ^b	1.12 ± 0.01 ^a
FCR				
REP	1.73 ± 0.03 ^a	1.85 ± 0.01 ^b	1.98 ± 0.04 ^c	2.03 ± 0.02 ^d
PER				
TKH (%)	77.3 ± 6.8 ^a	88.7 ± 7.5 ^{ab}	93.0 ± 5.3 ^b	85.3 ± 6.7 ^{ab}
SR (%)				

Bt: biomassa ikan akhir, Wt: bobot ikan akhir, JKP: jumlah konsumsi pakan, RKP: rasio konversi pakan, REP: rasio efisiensi protein, TKH: tingkat kelangsungan hidup.
Huruf subskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$).
Bt: final biomass, Wt: final weight, FI: feed intake, FCR: feed conversion ratio, PER: protein efficiency ratio, SR: survival rate.
Different letters in the same row indicate significant differences ($p < 0.05$).



Gambar 1. Aktivitas enzim tripsin dan kimotripsin (A) dan rasio tripsin:kimotripsin (B) di usus ikan nila yang diberi pakan pada berbagai dosis penambahan bromelin. Huruf yang berbeda pada setiap parameter uji yang sama menunjukkan pengaruh perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$).

Figure 1. Trypsin and chymotrypsin enzyme activities (A) and trypsin:chymotrypsin ratio (B) in the intestine of tilapia fed with diets containing various levels of bromelain supplementation. Different letters within the same parameter indicate statistically significant differences among treatments ($p < 0.05$).

umpan balik negatif (*feedback inhibition*) (Chen *et al.*, 2024; Kolkovski, 2001). Ketika protein dalam pakan telah dipecah lebih awal oleh bromelin, jumlah substrat yang tersedia untuk aktivasi tripsin menjadi lebih sedikit, sehingga sekresi enzim tripsin berkurang (Castillo & Gatlin, 2015). Hal ini dapat mengurangi beban kerja usus dalam mencerna protein serta mengurangi ketergantungan pada enzim pencernaan tubuh ikan, sehingga dapat meningkatkan kualitas pertumbuhan. Penambahan enzim protease seperti bromelin dalam pakan dapat mempengaruhi komposisi dan aktivitas enzim pencernaan ikan karena dengan adanya enzim protease akan meningkatkan ketersediaan protein yang lebih mudah dicerna (Gopalraaj *et al.*, 2024).

Penambahan bromelin mempengaruhi nilai perbandingan aktivitas tripsin dan kimotripsin yang ditunjukkan dengan adanya penurunan rasio aktivitas tripsin dan kimotripsin (T/K) pada kontrol dengan nilai rasio 5,22 unit/mL (perlakuan 0 g kg⁻¹ pakan) menurun hingga nilai rasio terendah 4,73 unit/mL (perlakuan 15 g kg⁻¹ pakan). Rasio yang dihasilkan menunjukkan aktivitas tripsin lebih dominan dibandingkan dengan kimotripsin. Hal itu menunjukkan bahwa tripsin lebih berperan dalam memecah sebagian besar protein secara langsung dalam pakan ikan nila. Hal ini juga menunjukkan bahwa pakan yang digunakan mengandung banyak protein yang lebih mudah dihidrolisis oleh tripsin pada ikatan peptida yang mengandung asam amino alifatik seperti lisin dan arginin. Kimotripsin lebih spesifik dalam menghidrolisis ikatan peptida yang mengandung asam amino aromatik seperti tirosin dan fenilalanin

(Magfirah *et al.*, 2022). Pada penelitian ini bromelin juga mengurangi beban kimotripsin dalam mencerna protein yang mengandung asam amino aromatik sehingga lebih banyak protein asam amino yang dapat diproses oleh tripsin untuk pertumbuhan ikan (Wiszniewski *et al.*, 2019). Bromelin memutus gugus karbonil seperti asam amino dengan rantai aromatik (Gautam *et al.*, 2010).

Peningkatan TKH dengan penambahan dosis bromelin memiliki pengaruh positif, terutama pada dosis 10 g kg⁻¹ pakan (Tabel 2). Suplementasi bromelin berpotensi meningkatkan ketahanan ikan terhadap stres lingkungan yang tidak optimal, seperti fluktuasi kualitas air dan kualitas pakan (Wiszniewski *et al.*, 2019). Ikan yang tidak mendapatkan tambahan enzim eksogen menghadapi tantangan lebih besar dalam mencerna dan kemampuan menyerap nutrisi dari pakan menurun, yang kemudian berdampak pada terhambatnya pertumbuhan dan menurunnya ketahanan tubuh terhadap penyakit dan stres lingkungan, sehingga berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan (Liu *et al.*, 2020). Dengan adanya bromelin, ikan tidak perlu mengeluarkan energi berlebih untuk memproduksi enzim pencernaan sendiri, terutama tripsin dan kimotripsin. Energi yang dihemat ini dapat dialokasikan untuk fungsi-fungsi fisiologis lainnya, termasuk pertahanan tubuh terhadap patogen dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan (Castillo & Gatlin 2015). Namun, meskipun bromelin menunjukkan manfaat bagi kelangsungan hidup ikan, dosis yang terlalu tinggi (perlakuan 15 g kg⁻¹ pakan) menunjukkan penurunan efektivitas dalam mempertahankan tingkat kelangsungan hidup ikan.

Kondisi ini dapat terjadi akibat kelebihan enzim proteolitik dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan atau gangguan keseimbangan enzim pencernaan alami, yang pada akhirnya dapat memengaruhi kesehatan ikan dalam jangka panjang (Song *et al.*, 2017).

JKP (Jumlah Konsumsi Pakan) cenderung sama dan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, baik pada perlakuan dengan penambahan bromelin, maupun yang tidak diberi bromelin. Hal ini menggambarkan bahwa perlakuan dengan nilai Bt yang tinggi menunjukkan konsumsi pakan yang setara dengan perlakuan lain yang memiliki biomassa lebih rendah. Maka, setiap individu ikan pada kelompok perlakuan dengan penambahan bromelin mengonsumsi pakan dalam jumlah yang lebih sedikit. Hal ini mengindikasikan bahwa suplementasi bromelin dalam pakan mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan pada ikan nila, ditunjukkan dengan peningkatan Bt dan REP, serta penurunan RKP. Efisiensi pakan yang lebih baik ini terlihat dari RKP yang menunjukkan nilai lebih rendah serta REP yang lebih tinggi seiring meningkatnya dosis bromelin. Nilai RKP dan REP yang lebih baik mengindikasikan bahwa ikan dapat memanfaatkan pakan menjadi pertumbuhan dengan lebih efisien. Hal ini menunjukkan bahwa bromelin meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi, sehingga ikan membutuhkan pakan dalam jumlah lebih sedikit untuk mencapai pertumbuhan optimal (Mohan *et al.*, 2016). Penambahan enzim eksogen dalam pakan ikan dapat meningkatkan retensi nutrisi dan mengurangi limbah pakan (Magouz *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Penambahan bromelin pada pakan mempengaruhi kinerja pertumbuhan ikan nila pada fase pembenihan yang ditunjukkan oleh parameter bobot biomassa akhir, tingkat kelangsungan hidup, rasio konversi pakan, dan rasio efisiensi protein. Dosis terbaik penambahan bromelin pada pakan adalah 10 g kg⁻¹ pakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor atas dukungan fasilitas yang telah diberikan selama berlangsungnya penelitian ini

DAFTAR ACUAN

Abd Halim, M.Y., Abidin, S.A.S.Z., Ab Mutalib, S.R. (2024). Effect of storage conditions on the bromelain activity of pineapple peel variety Josapine. *Science Letters (SCL)*. 18(1): 21-27. <http://dx.doi.org/10.24191/sl.v18i1.24113>

Castillo, S., & Gatlin, D.M. (2015). Dietary supplementation of exogenous carbohydrase enzymes in fish nutrition: A review. *Aquaculture*. 435: 286-292. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.011>

Chen, S., Maulu, S., Wang, J., Xie, X., Liang, X., Wang, H., Wang, J., & Xue, M. (2024). The application of protease in aquaculture: prospects for enhancing the aquafeed industry. *Animal Nutrition*. 16: 105-121. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.11.001>

Doan, V.H., Hoseinifar, S.D., Harikrishnan, R., Khamlor, T., Punyatong, M., Tapingkae, W., Yousefi, M., Palma, J., & El-Haroun, E. (2021). Impacts of pineapple peel powder on growth performance, innate immunity, disease resistance, and relative immune gene expression of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 114, 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.04.002>

Erlanger, B.F., Kokowsky, N., & Cohen, W. (1961). The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Archives of biochemistry and biophysics*. 95(2): 271-278. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(61\)90145-X](https://doi.org/10.1016/0003-9861(61)90145-X)

Gautam, S.S., Dash, V., Goyal, A.K., & Rath, G. (2010). Comparative study of extraction, purification and estimation of bromelain from stem and fruit of pineapple plant. *The Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*. 34(2): 67-76. <http://dx.doi.org/10.56808/3027-7922.2170>

Goddard, S. (1996). *Feed management in intensive aquaculture*. New York (US): p 194. Chapman and Hall.

Gopalraaj, J., Velayudhannair, K., Arockiasamy, J.P., & Radhakrishnan, D.K. (2024). The effect of dietary supplementation of proteases on growth, digestive enzymes, oxidative stress, and intestinal morphology in fishes—A review. *Aquaculture International*. 32(1): 745-765. <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-023-01191-8>

Hepher, B. (1989). *Nutrition of pond fishes*. Cambridge University Press.

[KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2020. Pembudidaya rasakan manfaat yang berlipat dari budidaya nila sistem bioflok. Jakarta (ID): KKP.

Kolkovski, S. (2001). Digestive enzymes in fish larvae and juveniles implications and applications to formulated diets. *Aquaculture*. 200(1-2): 181-201. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00700-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00700-1)

Liu, W., Wu, J.P., Li, Z., Duan, Z.Y., & Wen, H. (2018). Effects of dietary coated protease on growth performance, feed utilization, nutrient apparent di-

- gestibility, intestinal and hepatopancreas structure in juvenile Gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquac Nut.* 24:47–55. <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12531>
- Magfirah, I., Prangdimurti, E., Palupi, N.S., & Wijaya, H. (2022). Penentuan struktur tiga dimensi dan profil hasil hidrolisis protein alergen arginin kinase secara *in silico*. *Warta Industri Hasil Pertanian*. 39 (1): 40-46. <http://dx.doi.org/10.32765/wartaihp.v39i1.7612>
- Magouz, F.I., Dawood, M.A., Salem, M.F., El-Ghandour, M., Van Doan, H., & Mohamed, A.A. (2020). The role of a digestive enhancer in improving the growth performance, digestive enzymes activity, and health condition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared under suboptimal temperature. *Aquaculture*. 526. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735388>
- Maharani, S.B., Ulkhaq, M.F., Setya, B., & Rahardja, D.S.B. (2023). The effect of bromelain enzyme supplementation on the growth perform of eels (*Anguilla Bicolor*). *Journal of Aquaculture*. 8(1): 40-49. <https://doi.org/10.31093/joas.v8i1.274>
- Martin, B.C., Rescolino, R., Coelho, D.F., Espindola, E.S., Zanchetta, B., Tambourgi, E.B., & Silveira, E. (2014). Studies of stability and characterization this enzyme bromelain in pineapple (*Ananas comosus*). *BMC Proc.* 8(4): 137. <https://doi.org/10.1186/1753-6561-8-S4-P137>
- Mohan, R., Sivakumar, V., Rangasamy, T., & Muralidharan, C. (2016). Optimization of Bromelain Enzyme Extraction from Pineapple (*Ananas comosus*), and Application in Process Industry. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 12(3): 188-195. <http://dx.doi.org/10.3844/ajbbbsp.2016.188.195>
- Novita, V., & Sudaryono A. (2017). Pengaruh penambahan enzim bromelin dalam pakan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan dan pertumbuhan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 6(3): 86-95. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jamt/article/view/20418>
- Saleh, E.S., Tawfeek, S.S., Abdel Fadeel, A.A., Abdel Daim, A.S., Abdel Razik, A.R.H., & Youssef, I.M. (2021). Effect of dietary protease supplementation on growth performance, water quality, blood parameters and intestinal morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 106(2): 419-428. <https://doi.org/10.1111/jpn.13591>
- Song, H.L., Tan, B.P., Chi, S.Y., Liu, Y., Chowdhury, M.K., & Dong, X.H. (2017). The effects of a dietary protease complex on performance, digestive and immune enzyme activity, and disease resistance of *Litopenaeus vannamei* fed high plant protein diets. *Aquaculture Research*. 48(5): 2550-2560. <http://dx.doi.org/10.1111/are.13091>
- Watanabe, T. (1998). *Fish Nutrition and Mariculture*. Tokyo (JP): Kanagawa Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency.
- Wiszniewski, G., Jarmo³owicz, S., Hassaan, M.S., Mohammady, E.Y., Soady, M.R., Łuczynska, J., & Siwicki, A. (2019). The use of bromelain as a feed additive in fish diets: Growth performance, intestinal morphology, digestive enzyme and immune response of juvenile Sterlet (*Acipenser ruthenus*). *Aquaculture Nutrition*. 25(6): 1289-1299. <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12949>