



RESPON BIOLOGIS IKAN PATIN (*Pangasius djambal*) DAN KUALITAS AIR PADA SISTEM AKUAPONIK DENGAN VARIASI DOSIS ECO ENZYME BERBEDA

Annisa Hartiyaningsih¹⁾, Ary Susatyo Nugroho²⁾, Rivanna Citraning Rachmawati³⁾

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika Ilmu Pengetahuan Alam dan Teknologi Informasi, Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang
email: annisa.hart001@gmail.com

INFO ARTIKEL

Diterima :
20-02-2026

Direvisi :
31-08-2026

Dipublikasi :
10-09-2026

ABSTRAK

Abstrak – Ikan patin (*Pangasius djambal*) merupakan komoditas air tawar yang kinerja budidayanya dipengaruhi oleh kualitas media pemeliharaan. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan kelangsungan hidup, pertambahan panjang, pertambahan bobot, dan kualitas air pada tiga kolam akuaponik dengan dosis *eco enzyme* berbeda. Pemeliharaan berlangsung selama 90 hari menggunakan tiga kolam, masing-masing berisi 100 ekor ikan. P0 tidak menerima *eco enzyme*, sedangkan P1 dan P2 masing-masing menerima 1,0 dan 1,5 mL/L. Karena setiap perlakuan hanya diterapkan pada satu kolam, data dianalisis secara deskriptif dan tidak digunakan untuk menyimpulkan pengaruh kausal. Untuk menyesuaikan catatan persentase kelangsungan hidup dengan jumlah awal 100 ekor per kolam, jumlah ikan hidup akhir direkonstruksi menjadi 98 ekor pada P0, 97 ekor pada P1, dan 99 ekor pada P2; rekonstruksi ini perlu diverifikasi menggunakan catatan mortalitas asli. Pada hari ke-90, panjang akhir rata-rata berturut-turut adalah 18,46; 17,63; dan 19,49 cm, sedangkan bobot akhir rata-rata adalah 57,86; 52,42; dan 61,85 g. Pertambahan panjang dan bobot tertinggi secara deskriptif terdapat pada P2, sedangkan P1 menunjukkan nilai terendah. Namun, amonia pada P2, nitrit pada seluruh kolam, nitrat pada P0 dan P2, serta oksigen terlarut pada seluruh kolam belum memenuhi nilai acuan yang digunakan dalam dokumen sumber. Temuan menggambarkan kecenderungan pada masing-masing kolam dan belum membuktikan efektivitas dosis *eco enzyme*.

Kata Kunci: akuaponik, *eco enzyme*, ikan patin, kualitas air.

PENDAHULUAN

Budidaya ikan patin memerlukan media pemeliharaan yang mendukung respirasi, metabolisme, kesehatan, dan pertumbuhan. Sistem akuaponik mengintegrasikan pemeliharaan ikan dengan tanaman; sisa metabolisme dan

pakan dari kolam dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi tanaman, sedangkan tanaman dan komunitas mikroba berpotensi membantu pengelolaan senyawa nitrogen dalam air (Endut *et al.*, 2009; Zidni *et al.*, 2019).

Eco enzyme merupakan cairan fermentasi limbah organik buah dan sayur yang dilaporkan mengandung asam organik serta aktivitas enzimatis tertentu (Arun dan Sivashanmugam, 2015; Rochyani *et al.*, 2020). Meskipun memiliki potensi untuk pengolahan bahan organik, penambahan *eco enzyme* ke media budidaya juga dapat mengubah pH, kebutuhan oksigen, dan dinamika senyawa nitrogen. Oleh karena itu, pemanfaatannya dalam akuaponik perlu dinilai bersama data pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan kualitas air.

Artikel ini menyajikan hasil secara eksploratif-deskriptif, bukan sebagai pengujian pengaruh atau perbedaan statistik antar dosis. Tujuan penelitian adalah mendeskripsikan kelangsungan hidup, pertambahan panjang, pertambahan bobot, dan kualitas air ikan patin pada tiga kolam akuaponik: tanpa *eco enzyme*, dengan 1,0 mL/L, dan dengan 1,5 mL/L..

MATERIAL DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Pemeliharaan ikan dilaksanakan di Kelurahan Patemon, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, pada Agustus-Desember 2021. Pengujian kualitas air pada akhir pemeliharaan dilakukan di Laboratorium Biologi

Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

Subjek Penelitian

Penelitian ini berfokus pada respon biologis dari Ikan Patin (*Pangasius djambal*) dan kualitas air pada sistem akuaponik sebagai subyek penelitian.

Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tiga kolam bundar berdiameter 1,5 m dan tinggi 1 m yang terhubung dengan tiga instalasi akuaponik. Sebanyak 300 ekor benih ikan patin, dengan panjang awal sekitar 7 cm dan bobot awal sekitar 3 g, dibagi menjadi 100 ekor per kolam. P0 merupakan kolam kontrol tanpa *eco enzyme*, P1 menerima 1,0 mL/L, dan P2 menerima 1,5 mL/L.

Prosedur Penelitian

Eco enzyme yang digunakan dibuat melalui fermentasi selama tiga bulan dari kulit nanas, pepaya, melon, semangka, timun, kedondong, dan daun jeruk purut. Larutan diberikan sesuai tingkat perlakuan setiap 14 hari setelah pergantian air. Air kolam dikurangi hingga tersisa sekitar 20 cm dan kemudian diisi kembali hingga ketinggian sekitar 80 cm. Ikan diberi pakan komersial dua kali sehari, pukul 07.00 dan 16.00, sebanyak sekitar 5%

biomassa per hari. Tanaman yang digunakan dalam instalasi akuaponik adalah selada dan pakcoy.

Panjang dan bobot ikan dicatat pada awal pemeliharaan serta hari ke-30, 60, dan 90. Suhu dan pH diamati selama pemeliharaan; amonia, nitrit, nitrat, dan dissolved oxygen (DO) diuji sekali pada akhir penelitian.

Analisis dan Interpretasi Data

Studi bersifat eksploratif-deskriptif. Data disajikan sebagai jumlah, persentase, nilai rata-rata, selisih awal-akhir, dan rentang nilai pengukuran. Karena setiap perlakuan hanya diterapkan pada satu kolam,

kondisi kolam dan perlakuan tidak dapat dipisahkan secara statistik.

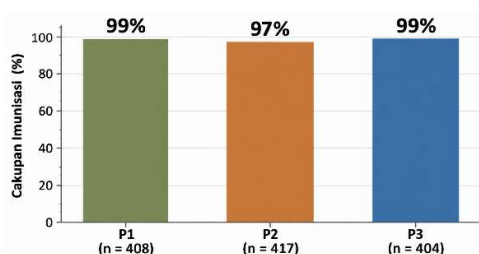
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelangsungan hidup

Berdasarkan jumlah ikan sebanyak 100 ekor ikan pada awal pemeliharaan di setiap kolam, jumlah ikan yang bertahan hidup sampai hari ke-90 adalah 98 ekor pada P0, 97 ekor pada P1, dan 99 ekor pada P2. Kelangsungan hidup yang konsisten secara aritmetis dengan jumlah awal tersebut adalah 98% pada P0, 97% pada P1, dan 99% pada P2 (Tabel 1 dan Gambar 1). Selisih antar kolam hanya berkisar satu sampai dua ekor.

Tabel 1. **Rekonstruksi kelangsungan hidup ikan patin per kolam**

Kolam	Jumlah Ikan (ekor)			Kelangsungan hidup (%)
	Awal	Akhir	Mati	
P0	100	98	2	98
P1	100	97	3	97
P2	100	99	1	99



Gambar 1. **Kelangsungan hidup ikan patin setelah 90 hari pemeliharaan**

Kelangsungan hidup pada seluruh kolam berada pada tingkat yang tinggi, yaitu sedikitnya 97%. Nilai ini

memperlihatkan bahwa sebagian besar ikan mampu bertahan selama 90 hari pemeliharaan meskipun kondisi akhir beberapa parameter kualitas air belum memenuhi nilai acuan yang digunakan dalam dokumen sumber. Kelangsungan hidup ikan tidak hanya dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, tetapi juga oleh kondisi awal benih, ketahanan individu, kecukupan pakan, kepadatan, penanganan saat sampling, aerasi,

sirkulasi, serta perubahan kualitas air selama pemeliharaan. Faktor-faktor tersebut bekerja secara bersamaan sehingga satu nilai kelangsungan hidup pada setiap kolam tidak dapat dipisahkan secara tegas menjadi akibat dosis *eco enzyme* tertentu (Effendi, 2003; Mulqan *et al.*, 2017).

P1 memiliki kelangsungan hidup terendah, yaitu 97%, dan dalam catatan pengamatan terdapat sebagian ikan yang menunjukkan bercak atau bentol putih, berenang terpisah dari kelompok, dan mengalami penurunan nafsu makan. Gejala tersebut dapat berkaitan dengan gangguan kesehatan, tetapi penelitian tidak melakukan pemeriksaan mikroskopis, kultur mikroba, maupun identifikasi parasit. Karena itu, istilah infeksi hanya digunakan sebagai dugaan klinis. Kondisi kesehatan pada P1 merupakan faktor pengganggu yang penting karena ikan yang mengalami stres atau penurunan nafsu makan dapat menggunakan lebih banyak energi untuk mempertahankan fungsi tubuh dan lebih sedikit energi untuk pertumbuhan. Perbedaan jumlah ikan mati pada P1 dengan kolam lain juga tidak dapat langsung dinisbahkan kepada dosis 1,0 mL/L.

Kelangsungan hidup tertinggi pada P2 tidak diikuti oleh kualitas air akhir yang paling baik. P2 justru memiliki konsentrasi amonia, nitrit, dan nitrat tertinggi. Ketidaksesuaian ini penting karena menunjukkan bahwa kelangsungan hidup pada hari ke-90 tidak dapat digunakan sebagai indikator tunggal keberhasilan pengelolaan air. Ikan mungkin mengalami kondisi air yang berubah-ubah sepanjang pemeliharaan, sedangkan amonia, nitrit, nitrat, dan DO hanya diukur sekali pada akhir penelitian. Penggantian air setiap 14 hari juga dapat menyebabkan kondisi sebelum dan sesudah penggantian berbeda cukup besar. Dengan demikian, tingginya kelangsungan hidup P2 dapat mencerminkan toleransi ikan, waktu pengambilan sampel, atau kondisi kolam yang tidak terdokumentasi, dan bukan bukti bahwa dosis 1,5 mL/L memperbaiki lingkungan pemeliharaan.

Urutan $P2 > P0 > P1$ juga tidak membentuk respons dosis yang linier. Apabila *eco enzyme* menjadi faktor utama yang meningkatkan kelangsungan hidup, secara sederhana dapat diharapkan adanya perubahan yang berurutan dari kontrol menuju dosis yang lebih tinggi. Data justru menunjukkan bahwa P1 berada di bawah kontrol, sedangkan P2 berada di

atas kontrol. Pola nonlinier tersebut dapat terjadi karena variasi biologis dan perbedaan kondisi kolam, tetapi tidak dapat diuji lebih lanjut tanpa replikasi. Oleh karena itu, hasil kelangsungan hidup hanya mendukung pernyataan bahwa ketiga kolam mampu mempertahankan sebagian besar ikan sampai akhir penelitian, dengan nilai deskriptif tertinggi pada P2.

Pertumbuhan panjang

Panjang rata-rata ikan meningkat pada seluruh kolam selama masa pemeliharaan. Dari panjang awal 7,00

cm, ikan mencapai 18,46 cm pada P0, 17,63 cm pada P1, dan 19,49 cm pada P2 pada hari ke-90. Pertambahan panjang total masing-masing adalah 11,46 cm, 10,63 cm, dan 12,49 cm. nilai pengukuran panjang ikan menunjukkan rentang pertambahan panjang 11,31-11,67 cm pada P0, 10,23-11,15 cm pada P1, dan 11,98-12,93 cm pada P2. Rentang ini menggambarkan variasi catatan pengukuran di dalam kolam dan tidak mewakili variasi antar kolam independen (Tabel 2).

Tabel 2. **Perubahan panjang ikan patin selama 90 hari pemeliharaan**

Kolam	Hari ke- (cm)				Pertambahan; rentang nilai (cm)
	0	30	60	90	
P0	7,00	10,17	15,13	18,46	11,46; 11,31-11,67
P1	7,00	9,65	14,25	17,63	10,63; 10,23-11,15
P2	7,00	10,52	15,23	19,49	12,49; 11,98-12,93

Perubahan panjang berdasarkan interval pengamatan memperlihatkan pola pertumbuhan yang tidak sepenuhnya sama. Pada P0, pertambahan panjang sekitar 3,17 cm terjadi pada hari ke-0 sampai hari ke-30, 4,96 cm pada hari ke-30 sampai hari ke-60, dan 3,33 cm pada hari ke-60 sampai hari ke-90. Pada P1, pertambahannya sekitar 2,65; 4,60; dan 3,38 cm pada tiga interval yang sama. P2 bertambah sekitar 3,52; 4,71; dan 4,26 cm. Perhitungan interval tersebut

menunjukkan bahwa pertumbuhan paling besar pada P0 dan P1 berlangsung antara hari ke-30 dan ke-60, sedangkan P2 tetap menunjukkan pertambahan yang relatif tinggi sampai interval terakhir. Namun, karena ikan yang sama atau prosedur sampling pada setiap waktu tidak dijelaskan secara rinci, pola interval ini harus ditafsirkan sebagai kecenderungan data rata-rata.

P2 menunjukkan panjang akhir dan pertambahan panjang tertinggi secara deskriptif. Selisih pertambahan

panjang P2 terhadap P0 adalah 1,03 cm, sedangkan selisih P2 terhadap P1 adalah 1,86 cm. Sebaliknya, P1 berada 0,83 cm di bawah kontrol. Pola ini kembali tidak menunjukkan hubungan dosis-respons yang berurutan. Kondisi kesehatan ikan P1 dapat menjadi salah satu penjelasan alternatif karena penurunan aktivitas dan konsumsi pakan akan mengurangi energi yang tersedia untuk pembentukan jaringan. Akan tetapi, jumlah pakan yang benar-benar dikonsumsi, sisa pakan, dan biomassa ikan pada setiap penyesuaian pakan tidak dicatat secara rinci sehingga kontribusinya tidak dapat dihitung.

Pertumbuhan panjang ikan merupakan hasil interaksi faktor internal dan eksternal. Faktor internal mencakup karakter genetik, umur, ukuran awal, dan kondisi fisiologis, sedangkan faktor eksternal mencakup pakan, kepadatan, suhu, oksigen terlarut, pH, serta akumulasi metabolit. Dalam sistem akuaponik, tanaman dan mikroorganisme diharapkan menggunakan senyawa nitrogen dari limbah budidaya, tetapi efektivitas proses tersebut bergantung pada luas dan kondisi akar, jumlah tanaman, laju aliran, aerasi, serta kapasitas komunitas mikroba (Endut *et al.*, 2009; Dauhan *et al.*, 2014; Zidni *et al.*, 2019). Penelitian ini

tidak mengukur biomassa tanaman, debit aliran, populasi bakteri nitrifikasi, atau kapasitas biofilter sehingga hubungan antara fungsi akuaponik dan pertambahan panjang tidak dapat dijelaskan secara langsung.

Pemberian *eco enzyme* juga belum dapat dikaitkan secara mekanistik dengan pertambahan panjang. *Eco enzyme* yang digunakan berasal dari fermentasi beberapa jenis kulit buah dan bahan organik. Literatur menunjukkan bahwa produk fermentasi semacam ini dapat mengandung asam organik dan aktivitas enzim tertentu, tetapi komposisinya dipengaruhi bahan baku, rasio bahan, lama fermentasi, pH, dan kondisi penyimpanan (Arun dan Sivashanmugam, 2015; Rochyani *et al.*, 2020; Galintin *et al.*, 2021). Penelitian tidak mengukur pH, konsentrasi asam organik, aktivitas protease, amilase, lipase, beban mikroba, maupun kebutuhan oksigen kimia *eco enzyme* yang digunakan. Karena itu, tidak dapat dipastikan apakah perbedaan panjang berkaitan dengan aktivitas produk, perubahan kualitas air, atau faktor kolam lainnya.

Ukuran akhir ikan juga tidak sebaiknya dibandingkan langsung dengan ukuran konsumsi pada usia

enam bulan. Penelitian berlangsung 90 hari dan menggunakan benih dengan panjang awal sekitar 7 cm. Perbedaan umur, kepadatan, jenis pakan, kondisi pemeliharaan, dan spesies pembanding dapat menghasilkan target panjang yang berbeda. Pembahasan karena itu berfokus pada perubahan dari kondisi awal ke hari ke-90, bukan pada pencapaian ukuran konsumsi. Berdasarkan dasar tersebut, ketiga kolam menunjukkan pertumbuhan positif, dengan P2 memiliki nilai tertinggi dan P1 terendah secara deskriptif.

Pertumbuhan bobot

Bobot rata-rata ikan juga meningkat pada seluruh kolam. Dari bobot awal sekitar 3,00 g, ikan mencapai 57,86 g pada P0, 52,42 g pada P1, dan 61,85 g pada P2. Pertambahan bobot total masing-masing adalah 54,87 g, 49,42 g, dan 58,85 g. nilai pengukuran bobot ikan berada pada rentang 53,42-57,12 g untuk P0, 45,05-52,45 g untuk P1, dan 57,91-59,77 g untuk P2 (Tabel 3). Seperti data panjang, nilai tersebut tidak diperlakukan sebagai ulangan eksperimen karena seluruh catatan pada satu perlakuan berasal dari kolam yang sama.

Tabel 3. **Perubahan bobot ikan patin selama 90 hari pemeliharaan**

Kolam	Hari ke- (g)				Pertambahan; rentang nilai (g)
	0	30	60	90	
P0	3,00	9,12	38,56	57,86	54,87; 53,42-57,12
P1	3,00	9,00	30,65	52,42	49,42; 45,05-52,45
P2	3,00	9,34	37,25	61,85	58,85; 57,91-59,77

Jika dilihat per interval, bobot P0 bertambah sekitar 6,12 g pada 30 hari pertama, 29,44 g pada hari ke-30 sampai ke-60, dan 19,30 g pada hari ke-60 sampai ke-90. Pada P1, pertambahan intervalnya sekitar 6,00; 21,65; dan 21,77 g. P2 bertambah sekitar 6,34; 27,91; dan 24,60 g. Ketiga kolam menunjukkan kenaikan bobot yang lebih besar setelah hari ke-30 dibandingkan 30 hari

pertama. Hal ini sejalan dengan bertambahnya ukuran ikan dan jumlah pakan yang dihitung berdasarkan persentase biomassa. Akan tetapi, tanpa data jumlah pakan aktual, pakan tersisa, dan rasio konversi pakan, efisiensi pemanfaatan pakan tidak dapat dibandingkan antar kolam.

P2 memiliki pertambahan bobot tertinggi, yaitu 3,98 g di atas P0 dan 9,43

g di atas P1. Selisih P2 dengan kontrol relatif lebih kecil daripada selisih P2 dengan P1. P1 kembali memperlihatkan nilai terendah, konsisten dengan pola panjang dan kelangsungan hidup. Konsistensi tiga indikator pada P1 dapat berkaitan dengan kondisi kesehatan yang tercatat, tetapi tidak membuktikan bahwa dosis 1,0 mL/L menurunkan performa ikan. Satu kolam dapat memiliki karakter mikrohabitat, distribusi oksigen, akumulasi sedimen, atau riwayat kesehatan yang berbeda dari kolam lain. Tanpa pengacakan dan pengulangan kolam, efek tersebut tidak dapat dipisahkan dari efek perlakuan.

Bobot ikan umumnya lebih responsif daripada panjang terhadap perubahan asupan pakan dan kondisi fisiologis. Ikan yang mengalami penurunan nafsu makan dapat tetap mengalami pertumbuhan panjang, tetapi pertumbuhan massa tubuhnya tertahan. Pada P1, pertumbuhan panjang masih mencapai 10,63 cm, sedangkan pertumbuhan bobotnya lebih rendah daripada dua kolam lain. Meskipun pola tersebut sesuai dengan kemungkinan berkurangnya konsumsi pakan, penelitian tidak memiliki data individu yang menghubungkan ikan bergejala dengan nilai panjang dan bobot. Oleh karena itu, penjelasan tersebut tetap

bersifat dugaan berdasarkan pengamatan lapangan.

Eco enzyme tidak dapat diperlakukan sebagai probiotik atau suplemen pencernaan tanpa karakterisasi. Literatur mengenai *eco enzyme* melaporkan adanya aktivitas protease, amilase, dan lipase pada produk tertentu, sedangkan penelitian lain membahas pemanfaatannya dalam stabilisasi lumpur dan penurunan beban organik (Arun dan Sivashanmugam, 2015; Galintin *et al.*, 2021). Temuan tersebut berasal dari produk dan kondisi penggunaan yang berbeda. Pada penelitian ini, *eco enzyme* ditambahkan ke air kolam, bukan ke pakan, dan tidak dilakukan pengukuran aktivitas enzim setelah pengenceran. Dengan demikian, klaim bahwa *eco enzyme* meningkatkan pencernaan pakan atau secara langsung menambah bobot ikan tidak didukung oleh data.

Hubungan panjang dan bobot juga belum dapat dianalisis secara lebih mendalam karena data individu tidak tersedia. Nilai yang dilaporkan merupakan rata-rata pada waktu pengamatan. Analisis hubungan panjang-bobot, faktor kondisi, variasi ukuran, dan distribusi pertumbuhan memerlukan pasangan data panjang dan

bobot dari ikan yang sama. Ketiadaan data tersebut membatasi penilaian apakah kenaikan bobot sebanding dengan pertambahan panjang atau apakah terdapat perubahan kondisi tubuh. Artikel karena itu hanya menyatakan bahwa pola urutan bobot akhir sama dengan pola panjang akhir, yaitu P2 tertinggi, P0 berada di tengah, dan P1 terendah.

Keterkaitan kelangsungan hidup dan pertumbuhan

Ketiga indikator biologis menunjukkan pola peringkat yang sama: P2 memiliki nilai tertinggi, P0 berada di tengah, dan P1 terendah. Kesamaan pola ini dapat memberi kesan bahwa dosis 1,5 mL/L menghasilkan kondisi terbaik, tetapi interpretasi tersebut harus dibatasi oleh desain penelitian. Perbedaan yang diamati merupakan perbedaan antar tiga kolam tunggal, bukan rata-rata dari beberapa kolam pada setiap dosis. Karena itu, perlakuan dan identitas kolam saling melekat. Setiap variasi yang hanya terjadi pada satu kolam, termasuk gejala kesehatan P1 atau perbedaan sirkulasi P2, akan muncul sebagai perbedaan perlakuan.

Selisih mortalitas yang kecil kemungkinan hanya sedikit mengubah kepadatan pada akhir pemeliharaan. P0 kehilangan dua ekor, P1 tiga ekor, dan

P2 satu ekor dari 100 ekor awal. Dengan selisih kepadatan akhir yang hanya satu sampai dua ekor, pengurangan kompetisi akibat mortalitas tidak cukup untuk menjelaskan seluruh perbedaan pertumbuhan. Namun, waktu kematian tidak didokumentasikan. Jika kematian terjadi lebih awal, biomassa dan kebutuhan pakan kolam dapat berubah lebih lama; jika terjadi menjelang akhir, dampaknya terhadap pertumbuhan kelompok mungkin kecil. Catatan mortalitas harian diperlukan untuk menilai kemungkinan tersebut.

Pakan diberikan dua kali sehari sekitar 5% biomassa. Pendekatan ini berarti jumlah pakan seharusnya disesuaikan dengan perkembangan bobot ikan. Akan tetapi, artikel sumber tidak menyajikan jadwal penimbangan biomassa untuk penyesuaian pakan, jumlah pakan yang benar-benar diberikan pada setiap kolam, ataupun sisa pakan. Padahal, pakan merupakan sumber nutrisi pertumbuhan sekaligus sumber beban organik apabila tidak termakan. Perbedaan konsumsi pakan dapat meningkatkan pertumbuhan, tetapi sisa pakan yang lebih banyak juga dapat menaikkan amonia dan kebutuhan oksigen. Hubungan ganda ini relevan untuk memahami mengapa P2 memiliki pertumbuhan tinggi

sekaligus senyawa nitrogen akhir yang tinggi.

Dengan demikian, data biologis mendukung dua kesimpulan deskriptif. Pertama, ikan pada ketiga kolam tetap tumbuh dan sebagian besar bertahan hidup selama 90 hari. Kedua, P2 memiliki nilai akhir tertinggi untuk kelangsungan hidup, panjang, dan bobot, sementara P1 memiliki nilai terendah. Data tidak cukup untuk menentukan apakah pola tersebut berasal dari *eco enzyme*, perbedaan kesehatan, konsumsi pakan, atau karakter kolam. Pernyataan mengenai efektivitas dosis harus menunggu penelitian dengan replikasi yang memadai.

Kualitas air

Suhu selama pemeliharaan berada pada kisaran 28-30 °C di seluruh kolam.

pH berkisar 6,1-6,8 pada P0, 6,2-6,7 pada P1, dan 6,1-6,7 pada P2 (Tabel 4). Kemiripan rentang suhu dan pH menunjukkan bahwa kedua parameter tersebut tidak memperlihatkan perbedaan deskriptif yang besar antar kolam. Namun, data disajikan sebagai nilai minimum dan maksimum, bukan sebagai rangkaian nilai harian. Rentang tidak memberikan informasi mengenai berapa lama ikan berada pada nilai tertentu, variasi harian, atau perubahan setelah pemberian *eco enzyme* dan pergantian air.

Tabel 4. Suhu dan pH selama pemeliharaan

Parameter	P0	P1	P2
Suhu pagi (°C)	28-30	28-30	28-30
Suhu sore (°C)	28-30	28-30	28-30
pH pagi dan sore	6,1-6,8	6,2-6,7	6,1-6,7

Tabel 5. Kualitas air pada akhir pemeliharaan

Parameter (mg/L)	P0	P1	P2	Nilai acuan
Amonia (NH ₃)	0,58	0,56	1,12	<1 (SNI 2014)
Nitrit (NO ₂ ⁻)	0,780	0,605	5,050	0,06 (PP no.82 tahun 2001)
Nitrat (NO ₃ ⁻)	21,4	12,5	51,6	20 (PP no.82 tahun 2001)
DO	0,9	1,1	1,0	>5 (BBPBAT 2016)

Amonia akhir tercatat 0,58 mg/L pada P0, 0,56 mg/L pada P1, dan 1,12 mg/L pada P2. Berdasarkan nilai acuan <1 mg/L yang dipakai dalam dokumen

sumber, P0 dan P1 berada di bawah acuan, sedangkan P2 sedikit melampauinya. Amonia berasal dari ekskresi ikan, penguraian feses, dan sisa

pakan. Konsentrasinya dipengaruhi oleh biomassa ikan, pemberian pakan, aktivitas mikroba, oksigen, pH, suhu, penggantian air, serta pengambilan oleh sistem tanaman. Karena pengukuran hanya dilakukan pada akhir pemeliharaan, data tidak menunjukkan apakah P2 memiliki amonia tinggi sepanjang penelitian atau hanya pada saat sampling.

Interpretasi amonia juga perlu mempertimbangkan bentuk kimia yang diuji. Toksisitas amonia terutama dipengaruhi fraksi amonia tidak terionisasi, sedangkan laporan laboratorium dan tabel sumber tidak menjelaskan secara rinci apakah hasil mewakili NH_3 , $\text{NH}_3\text{-N}$, atau total ammonia nitrogen. Proporsi bentuk tidak terionisasi berubah sesuai pH dan suhu. Tanpa informasi metode analisis dan perhitungan fraksi, perbandingan dengan nilai acuan hanya dapat dilakukan secara terbatas. Hal ini menjadi alasan artikel tidak menyatakan secara pasti tingkat toksisitas amonia pada setiap kolam.

Nitrit akhir berada pada 0,780 mg/L di P0, 0,605 mg/L di P1, dan 5,050 mg/L di P2. Semua nilai lebih tinggi daripada acuan 0,06 mg/L yang dicantumkan, dengan P2 jauh lebih tinggi daripada dua kolam lain. Nitrit

merupakan produk antara dalam oksidasi amonia menuju nitrat. Akumulasi nitrit dapat terjadi apabila pembentukan nitrit lebih cepat daripada oksidasinya menjadi nitrat, terutama ketika kapasitas bakteri pengoksidasi nitrit, oksigen, alkalinitas, atau aliran air tidak mencukupi. Nitrit yang tinggi berpotensi mengganggu kemampuan darah mengangkut oksigen (Effendi, 2003; Djokosetiyanto *et al.*, 2006).

Meskipun P2 memiliki nitrit akhir tertinggi, kolam tersebut juga menunjukkan kelangsungan hidup dan pertumbuhan tertinggi. Kontradiksi ini tidak berarti nitrit tidak berbahaya. Beberapa kemungkinan yang tidak dapat dibedakan dari data adalah pengukuran akhir yang tidak mewakili paparan sepanjang 90 hari, perbedaan bentuk satuan analisis, waktu sampling yang dekat dengan pemberian pakan atau penggantian air, toleransi ikan patin, serta kemungkinan ketidakpastian pengambilan atau penyimpanan sampel. Karena tidak ada pengukuran berulang dan tidak ada sampel duplikat, nilai P2 harus dilaporkan apa adanya tetapi tidak digunakan untuk menyimpulkan hubungan langsung dengan performa ikan.

Nitrat akhir tercatat 21,4 mg/L pada P0, 12,5 mg/L pada P1, dan 51,6 mg/L

pada P2. Berdasarkan acuan 20 mg/L dalam dokumen sumber, P1 berada di bawah nilai tersebut, P0 sedikit di atas, dan P2 jauh di atas. Dalam akuaponik, nitrat diharapkan dimanfaatkan tanaman sebagai sumber nitrogen. Nilai yang tinggi dapat menunjukkan bahwa pembentukan nitrat melebihi kemampuan penyerapan tanaman atau bahwa biomassa tanaman, kondisi akar, dan laju aliran belum seimbang dengan beban nutrisi dari ikan. Namun, jumlah tanaman hidup, pertumbuhan tanaman, kandungan nitrogen tanaman, dan laju pengambilan nutrisi tidak dicatat sehingga dugaan tersebut tidak dapat diverifikasi (Dauhan *et al.*, 2014; Zidni *et al.*, 2019).

P1 memiliki nilai amonia, nitrit, dan nitrat akhir paling rendah serta DO paling tinggi secara deskriptif, tetapi pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya justru paling rendah. Pola ini memperkuat dugaan bahwa kondisi kesehatan ikan atau faktor lain pada kolam P1 berperan penting. Pola tersebut juga menunjukkan bahwa satu pengukuran kimia akhir tidak cukup untuk menjelaskan respons biologis kumulatif. Pertumbuhan selama 90 hari merupakan hasil paparan dan konsumsi pakan dalam jangka panjang, sedangkan

nilai laboratorium hanya merekam kondisi pada satu waktu.

DO pada akhir pemeliharaan berada pada 0,9 mg/L di P0, 1,1 mg/L di P1, dan 1,0 mg/L di P2, seluruhnya di bawah acuan >5 mg/L yang digunakan dalam dokumen sumber. Apabila nilai tersebut benar-benar mewakili kondisi kolam, konsentrasi oksigen tergolong rendah dan dapat membatasi respirasi ikan serta proses nitrifikasi. Oksigen juga dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik. Pada kondisi oksigen terbatas, konsumsi oksigen oleh ikan, akar, dan mikroba dapat saling bersaing, terutama setelah pemberian pakan atau bahan organik.

Kelangsungan hidup 97-99% pada kondisi DO akhir yang sangat rendah perlu ditafsirkan secara hati-hati. Pengambilan sampel air untuk analisis laboratorium dapat mengalami perubahan oksigen selama pengisian wadah, transportasi, dan penyimpanan apabila tidak diukur langsung di kolam. Waktu pengukuran juga penting karena DO dapat berubah antara pagi dan sore. Dokumen tidak memberikan metode analisis DO, waktu sampling, maupun prosedur preservasi. Oleh karena itu, angka DO tetap dilaporkan sebagai hasil sumber, tetapi validitasnya sebagai

gambaran paparan ikan sepanjang pemeliharaan belum dapat dipastikan.

Secara keseluruhan, kualitas air akhir tidak mendukung klaim bahwa peningkatan dosis *eco enzyme* memperbaiki air. P2 memiliki pertumbuhan biologis tertinggi, tetapi juga amonia, nitrit, dan nitrat tertinggi. P1 memiliki sebagian nilai kimia terendah, tetapi performa biologis terendah. Tidak terdapat pola yang konsisten antara dosis, kualitas air, dan respons ikan. Temuan tersebut lebih sesuai dibaca sebagai tiga profil kolam yang berbeda daripada sebagai hubungan sebab-akibat.

Eco enzyme dalam sistem akuaponik

Eco enzyme merupakan produk fermentasi bahan organik yang komposisinya tidak seragam. Bahan baku penelitian terdiri atas beberapa kulit buah dan daun jeruk purut yang difermentasi selama tiga bulan. Perbedaan komposisi bahan dapat menghasilkan perbedaan konsentrasi asam organik, padatan terlarut, senyawa karbon, mikroorganisme, dan aktivitas enzim. Literatur yang digunakan dalam penelitian sumber menunjukkan potensi *eco enzyme* dalam penguraian bahan organik dan stabilisasi lumpur, tetapi tidak menetapkan dosis baku untuk

media pemeliharaan ikan patin (Arun dan Sivashanmugam, 2015; Galintin *et al.*, 2021).

Penambahan cairan fermentasi ke kolam dapat memberikan lebih dari satu konsekuensi. Asam organik berpotensi memengaruhi pH dan beberapa mikroorganisme, sedangkan bahan organik terlarut dapat menjadi substrat bagi komunitas heterotrof dan meningkatkan kebutuhan oksigen. Enzim yang terdeteksi pada larutan pekat belum tentu tetap aktif setelah diencerkan, terpapar kondisi kolam, dan disimpan selama periode pemeliharaan. Karena penelitian tidak mengukur karakteristik *eco enzyme* sebelum dan setelah aplikasi, arah dan besarnya perubahan tersebut tidak diketahui.

Eco enzyme diberikan setiap 14 hari setelah penggantian air. Prosedur tersebut membuat konsentrasi aktual di kolam berubah dari waktu ke waktu. Sesaat setelah pemberian, konsentrasi dapat mendekati dosis yang direncanakan, lalu berkurang karena pengenceran, degradasi, penyerapan, pengendapan, dan penggantian air berikutnya. Dokumentasi tidak menyediakan volume air aktual setelah pengurasan, konsentrasi residu, ataupun waktu pengambilan sampel kualitas air terhadap aplikasi terakhir. Karena itu,

istilah dosis 1,0 dan 1,5 mL/L menggambarkan dosis nominal, bukan paparan terukur selama 90 hari.

Sistem akuaponik sendiri merupakan sistem biologis yang kompleks. Limbah ikan diubah melalui proses mineralisasi dan nitrifikasi, kemudian nutrisi diserap tanaman. Keberhasilan proses bergantung pada keseimbangan antara jumlah ikan, pemberian pakan, volume air, luas permukaan biofilter, jumlah tanaman, aliran, dan aerasi (Endut *et al.*, 2009; Dauhan *et al.*, 2014). Penambahan *eco enzyme* tidak dapat dinilai terpisah dari keseimbangan tersebut. Data P2 yang menunjukkan akumulasi amonia, nitrit, dan nitrat justru mengindikasikan bahwa beban nutrisi dan kapasitas pengolahan pada kolam tersebut belum seimbang pada waktu pengukuran.

Tidak adanya pola dosis-respons menjadi temuan penting. P1 tidak berada di antara P0 dan P2 untuk kelangsungan hidup maupun pertumbuhan, tetapi justru berada pada posisi terendah. Hal ini tidak membuktikan efek merugikan dosis 1,0 mL/L karena kondisi kesehatan P1 berbeda. Pada saat yang sama, hasil P2 tidak cukup untuk merekomendasikan dosis 1,5 mL/L karena kualitas air akhirnya kurang baik dan tidak ada replikasi. Penelitian lanjutan perlu

memisahkan efek dosis dari efek kolam melalui pengacakan dan sedikitnya tiga kolam independen pada setiap dosis.

Implikasi ilmiah dan praktis

Dari sisi praktis, hasil penelitian belum dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi dosis *eco enzyme* bagi pembudidaya. P2 memang memiliki kelangsungan hidup, panjang, dan bobot tertinggi secara deskriptif, tetapi keunggulan tersebut tidak disertai profil kualitas air terbaik. Menggunakan dosis 1,5 mL/L tanpa pemantauan dapat berisiko mengabaikan akumulasi senyawa nitrogen dan rendahnya oksigen terlarut. Pengelolaan akuaponik sebaiknya memprioritaskan aerasi, sirkulasi, pengendalian sisa pakan, kesehatan ikan, dan pemantauan kualitas air sebelum menambahkan bahan fermentasi.

Pemantauan pada penelitian berikutnya perlu dilakukan pada beberapa titik waktu, misalnya sebelum aplikasi, beberapa jam atau hari setelah aplikasi, sebelum pergantian air, dan sesudah pergantian air. Parameter minimal meliputi suhu, pH, DO, amonia, nitrit, nitrat, alkalinitas, dan bila memungkinkan kebutuhan oksigen kimia serta padatan tersuspensi. Pencatatan harian mortalitas, gejala klinis, jumlah pakan, dan sisa pakan

diperlukan untuk menghubungkan perubahan air dengan respons ikan. Pertumbuhan tanaman dan biomassa akar juga perlu diukur agar fungsi penyerapan nutrisi dapat dievaluasi.

Desain eksperimen yang lebih kuat membutuhkan unit kolam yang benar-benar independen. Setiap tingkat dosis perlu diterapkan pada beberapa kolam, posisi kolam diacak, volume dan aerasi diseragamkan, serta benih dibagi secara acak setelah pemeriksaan kesehatan awal. Pengukuran panjang dan bobot sebaiknya dilakukan pada ikan yang diberi identitas atau melalui prosedur sampling acak yang konsisten. Dengan replikasi tersebut, analisis dapat menguji pengaruh dosis, waktu, dan interaksi keduanya, bukan hanya membandingkan tiga nilai kolam.

Karakterisasi produk juga penting karena istilah *eco enzyme* mencakup produk fermentasi yang sangat beragam. Informasi yang perlu dilaporkan meliputi bahan baku, perbandingan bahan dengan gula dan air, lama fermentasi, pH, total padatan, asam organik, aktivitas enzim, dan beban mikroba. Tanpa data tersebut, hasil sulit direplikasi dan dibandingkan dengan penelitian lain. Kontrol tambahan berupa kolam akuaponik tanpa *eco enzyme* dan, bila relevan, kolam dengan

pembawa atau larutan asam yang setara dapat membantu memisahkan efek komponen produk.

Meskipun memiliki keterbatasan, penelitian ini tetap memberikan data eksploratif mengenai pemeliharaan ikan patin selama 90 hari dalam tiga kolam akuaponik. Nilai biologis menunjukkan bahwa ikan dapat tumbuh dan mempertahankan kelangsungan hidup tinggi pada seluruh kolam. Pada saat yang sama, data kualitas air memperingatkan bahwa hasil pertumbuhan yang baik tidak selalu identik dengan kondisi kimia air yang memenuhi acuan. Kontribusi utama artikel ini adalah menunjukkan perlunya menilai performa ikan, kesehatan, dan kualitas air secara terpadu serta menghindari penarikan kesimpulan efektivitas hanya dari satu indikator.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kelangsungan hidup yang konsisten secara aritmetis adalah 98% pada P0, 97% pada P1, dan 99% pada P2. P2 juga menunjukkan penambahan panjang dan bobot tertinggi secara deskriptif, masing-masing 12,49 cm dan 58,85 g, sedangkan P1 menunjukkan nilai terendah. Namun, pola tersebut tidak membentuk respons dosis yang linier dan tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan efektivitas *eco enzyme*

karena tidak ada replikasi kolam independen.

Kualitas air akhir belum optimal berdasarkan acuan yang digunakan, terutama untuk nitrit dan DO. P2 bahkan memiliki amonia, nitrit, dan nitrat tertinggi. Penelitian berikutnya perlu menggunakan sedikitnya tiga kolam independen per perlakuan, melakukan randomisasi, mendokumentasikan jumlah ikan hidup dan mati setiap hari, menjelaskan prosedur sampling ikan, mengarakterisasi *eco enzyme*, memantau kualitas air pada beberapa titik waktu, dan melakukan pemeriksaan kesehatan ikan secara laboratoris.

DAFTAR PUSTAKA

- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015). Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Safety and Environmental Protection*, 94, 471-478.
- Dauhan, R. E. S., Efendi, E., & Suparmono. (2014). Efektivitas sistem akuaponik dalam mereduksi konsentrasi amonia pada sistem budidaya ikan. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Perairan*, 3(1), 2-5.
- Djokosetiyanto, D., Sunarma, A., & Widanarni. (2006). Perubahan amonia (NH₃-N), nitrit (NO₂-N), dan nitrat (NO₃-N) pada media pemeliharaan ikan nila merah (*Oreochromis sp.*) dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 5(1), 13-20.
- Effendi, H. (2003). Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius.
- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W. B., & Hassan, A. (2009). Effect of flow rate on water quality parameters and plant growth of water spinach (*Ipomoea aquatica*) in an aquaponic recirculating system. *Desalination and Water Treatment*, 5(1-3), 19-28. <https://doi.org/10.5004/dwt.2009.559>
- Galintin, O., Rasit, N., & Hamzah, S. (2021). Production and characterization of *eco enzyme* produced from fruit and vegetable wastes and its influence on the aquaculture sludge. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10205-10214. <https://doi.org/10.33263/BRIA/C113.1020510214>
- Kusumawati, A. A., Suprpto, D., & Haeruddin. (2018). Pengaruh ekoenzim terhadap kualitas air dalam pembesaran ikan lele (*Clarias gariepinus*). *Journal of Maquares*, 7, 307-314.
- Manunggal, A., Hidayat, R., Mahardiko, A., Sari, T. E. Y., & Hadiroseyani, Y. (2018). Kualitas air dan pertumbuhan pembesaran ikan patin dengan teknologi biopori di lahan gambut. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 12(1), 11-19. <https://doi.org/10.33378/jppik.v12i1.97>
- Mulqan, M., Rahimi, S. A. E., & Dewiyanti, I. (2017).

- Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*) pada sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah, 2(1), 183-193.
- Republik Indonesia. (2001). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Rochyani, N., Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis hasil konversi *eco enzyme* menggunakan nanas (*Ananas comosus*) dan pepaya (*Carica papaya* L.). Jurnal Redoks, 5(2), 135-140. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i2.5060>
- Standar Nasional Indonesia. (2014). SNI 7548:2014 Produksi ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*, Sauvage 1878) ukuran konsumsi di kolam dalam. Badan Standardisasi Nasional.
- Tjahjo, D. W. H., & Purnamaningtyas, S. E. (2008). Kajian kualitas air dalam evaluasi pengembangan perikanan. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia, 14(1), 15-30.
- Zidni, I., Iskandar, Rizal, A., Andriani, Y., & Ramadan, R. (2019). Efektivitas sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda terhadap kualitas air media budidaya ikan. Jurnal Perikanan dan Kelautan, 9(1), 81-94.