

Optimisation Of Papain Enzyme Use As An Effort To Increase The Hatching Degree Of Mutiara Catfish (*Clarias gariepinus*) Eggs

(Optimasi Penggunaan Enzim Papain Sebagai Upaya Peningkatan Derajat Penetasan Telur Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus*))

Martua Pinondang Simangunsong¹, Hariyani Sambali^{2*}, Jeffrie Fredrik Mokolensang², Henneke Pangkey², Novie Pankie Lukas Pangemanan², Deiske Adeliene Sumilat²

¹ Aquatic Science Study Program, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia

² Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia

*Corresponding author: hariyanisambali@gmail.com

Manuscript received: 19 Feb. 2025. Revision accepted: 24 Mar 2025

Abstract

This study aims to analyze the effect of commercial papain enzyme with different concentrations and duration of soaking on increasing the degree of hatching of pearl catfish (*Clarias gariepinus*) eggs. The study used a Randomised Group Design (RAK) with variations in papain enzyme concentration (0, 2, 4, 6, and 8 ppm) and soaking duration (5, 10, and 15 minutes). The results showed that papain enzyme concentration and soaking duration significantly affected the degree of hatching ($p < 0,001$). The optimal concentration of papain enzyme was 6 ppm with a soaking duration of 10 minutes, resulting in the highest hatching rate of $70.52\% \pm 2.92$. The lowest egg adhesion was produced at a concentration of 8 ppm with a duration of 15 minutes ($32\% \pm 4,00$), while the highest degree of fertilization was directed at a concentration of 6 ppm with a duration of 10 minutes ($79\% \pm 3,61$). The measurement results of water quality parameters are as follows: temperature, 25.6-26.4 °C; pH, 7.12-7.47; and dissolved oxygen, 4.06-4.41 ppm. These results indicate that the papain enzyme effectively reduces egg adhesion and increases the hatching rate of pearl catfish eggs.

Keywords: mutiara catfish; papain enzyme; hatching rate; concentration; immersion duration.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh enzim papain komersial dengan konsentrasi dan durasi perendaman yang berbeda terhadap peningkatan derajat penetasan telur ikan lele mutiara (*Clarias gariepinus*). Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan variasi konsentrasi enzim papain (0, 2, 4, 6 dan 8 ppm) dan durasi perendaman (5, 10 dan 15 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi enzim papain dan durasi perendaman berpengaruh signifikan ($p < 0,001$) terhadap derajat penetasan. Konsentrasi optimal enzim papain adalah 6 ppm dengan durasi perendaman 10 menit, menghasilkan derajat penetasan tertinggi sebesar $70,52\% \pm 2,92$. Daya rekat telur terendah dihasilkan pada konsentrasi 8 ppm dengan durasi 15 menit ($32\% \pm 4,00$), sedangkan derajat pembuahan tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 6 ppm dengan durasi 10 menit ($79\% \pm 3,61$). Hasil pengukuran parameter kualitas air yaitu: suhu 25,6–26,4°C, pH 7,12–7,47 dan oksigen terlarut 4,06–4,41 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa enzim papain efektif mengurangi daya rekat telur dan meningkatkan derajat penetasan telur ikan lele mutiara.

Kata kunci: ikan lele mutiara; enzim papain; derajat penetasan; konsentrasi; durasi perendaman

PENDAHULUAN

Budidaya ikan lele mutiara (*Clarias gariepinus*) merupakan salah satu sektor penting dalam industri perikanan di Indonesia. Ikan lele mutiara, yang merupakan hasil pemuliaan unggulan dari spesies ikan lele Afrika, memiliki berbagai keunggulan seperti laju pertumbuhan yang

cepat, ketahanan terhadap penyakit, dan toleransi yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan (Iswanto *et al.*, 2022; Buwono *et al.*, 2021). Namun, salah satu tantangan utama dalam budidaya ikan lele mutiara adalah rendahnya derajat penetasan telur, yang berkisar antara 45,6-50% (Yohanes *et al.*, 2022; Tanya *et al.*, 2022). Rendahnya derajat penetasan ini

disebabkan oleh sifat adhesif telur, yaitu adanya lapisan lendir lengket yang mengandung glukoprotein pada permukaan telur. Lapisan ini menyebabkan telur saling melekat dan menggumpal, sehingga menghambat aliran oksigen dan proses pembuahan, karena sperma tidak dapat memasuki telur melalui lubang mikropil (Slembrouck et al., 2005; Woynarovich and Horváth, 1980). Dalam kondisi alami, sifat adhesif ini berfungsi untuk menjaga telur tetap menempel pada substrat di lingkungan perairan. Namun, dalam budidaya, sifat ini justru menjadi kendala karena menghambat sirkulasi oksigen dan meningkatkan risiko kematian telur (Yustiati et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengurangi sifat adhesif telur guna meningkatkan derajat penetasan.

Salah satu solusi yang telah terbukti efektif dalam meningkatkan derajat penetasan telur pada berbagai jenis ikan adalah penggunaan enzim papain. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan enzim papain dapat meningkatkan derajat penetasan telur yaitu: Getah pepaya 30 ppm meningkatkan keberhasilan penetasan telur Ikan Patin hingga 77,50% (Saputra et al., 2014), ekstrak daun pepaya 4 ml/L meningkatkan derajat penetasan telur Ikan Tawes hingga 80% (Billah, 2024), ekstrak biji pepaya 150 ppm meningkatkan derajat penetasan telur Ikan Komet hingga 94,33% (Rahmi and Hidayat, 2018), ekstrak daun pepaya 4 ml meningkatkan derajat penetasan telur Ikan Bandeng hingga 84,88% (Mahendra et al., 2022), ekstrak daun pepaya 1,25 mg/l meningkatkan derajat penetasan telur Ikan Nilem hingga 87,25% (Nuzlia et al., 2024), ekstrak daun pepaya 4 ml/l meningkatkan derajat penetasan telur Ikan Nila hingga 88,33% (Saputry et al., 2023), ekstrak daun pepaya 4000 ppm selama 15 menit meningkatkan derajat penetasan telur Lele Sangkuriang sebesar 86,3% (Tumanggor et al., 2023) dan ekstrak daun pepaya 800 ppm meningkatkan derajat penetasan telur Ikan Lele hingga mencapai 89,87% (Saptiani et al., 2016). Namun, penelitian mengenai penggunaan enzim papain komersial untuk meningkatkan derajat

penetasan telur ikan lele mutiara masih terbatas.

Enzim papain merupakan enzim proteolitik yang diperoleh dari getah buah pepaya (*Carica papaya*). Enzim papain tersedia dalam beberapa bentuk, termasuk papain segar, papain kering-beku (*freeze-dried papain*) dan papain komersial (Ardat et al., 2022). Enzim papain komersial memiliki beberapa keunggulan dibandingkan enzim papain alami, seperti aktivitas enzim yang lebih stabil, masa simpan yang lebih lama, kemurnian yang tinggi dan kepraktisan dalam penggunaan tanpa memerlukan proses pemurnian tambahan (Sumarlan et al., 2017). Keunggulan ini menjadikan enzim papain komersial sebagai pilihan yang lebih efisien untuk aplikasi dalam industri dan penelitian. Enzim papain bekerja dengan menghidrolisis ikatan peptida pada molekul protein (Fersht, 1985; Sumarlin et al., 2011; Díaz and Martínez, 2013), termasuk glukoprotein yang terdapat pada permukaan telur yang menyebabkan adhesi telur. Proses ini mengurangi daya rekat telur agar tidak saling menempel, sehingga meningkatkan penyerapan oksigen, perkembangan embrio dan derajat penetasan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan enzim papain komersial dengan konsentrasi dan durasi perendaman yang berbeda terhadap peningkatan derajat penetasan telur ikan lele mutiara. Dengan menemukan konsentrasi dan durasi perendaman yang optimal, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan produksi benih ikan lele mutiara, sehingga mendukung pengembangan industri budidaya perikanan yang berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang melibatkan dua faktor utama: konsentrasi enzim papain (K) dan durasi perendaman (T). Faktor I terdiri dari lima taraf perlakuan, yaitu K₀ = 0 ppm (kontrol), K₁ = 2 ppm, K₂ = 4 ppm, K₃ = 6

ppm, dan K4 = 8 ppm. Faktor II terdiri dari tiga taraf perlakuan, yaitu T1 = 5 menit, T2 = 10 menit, dan T3 = 15 menit. Kombinasi kedua faktor menghasilkan 15 perlakuan dengan 3 kali pengulangan, sehingga total terdapat 45 satuan percobaan. Analisis data dilakukan menggunakan uji analisis ragam (ANOVA) untuk derajat penetasan telur dan jika ditemukan perbedaan signifikan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan pada tingkat kepercayaan 95%. Parameter daya rekat telur, derajat pembuahan, dan kualitas air dianalisis secara deskriptif, dengan hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memberikan gambaran yang komprehensif.

Tahap awal penelitian adalah persiapan media, yang melibatkan penyiapan 45 wadah plastik berkapasitas 3 liter sebagai tempat penetasan. Wadah dibersihkan dengan air mengalir, dikeringkan di bawah sinar matahari, dan disterilisasi menggunakan alkohol. Setiap wadah diisi dengan 1,5 Liter air dan dilengkapi dengan pompa aerator untuk memastikan ketersediaan oksigen terlarut. Induk ikan lele mutiara yang matang gonad diperoleh dari Balai Perikanan Budidaya Air Tawar (BPBAT) Tatelu. Pemijahan dilakukan secara buatan dengan menyuntikkan hormon Ovaprim (0,3 ml/kg) pada induk jantan dan betina. Penyuntikan dilakukan secara intramuskular dan induk dipisahkan setelah penyuntikan untuk mencegah pemijahan spontan.

Proses fertilisasi dimulai dengan pengambilan sperma dari induk jantan melalui pembedahan. Sperma diencerkan dengan larutan NaCl 0,9% dalam rasio 1:50. Telur dikeluarkan dari induk betina dengan metode stripping 12 jam setelah penyuntikan hormon. Sperma dan telur dicampur secara merata untuk memastikan pembuahan optimal. Setelah fertilisasi, telur direndam dalam larutan enzim papain dengan konsentrasi dan durasi perendaman yang telah ditentukan. Telur dihitung sebanyak 100 butir, dimasukkan ke dalam saringan teh, dan dicelupkan ke dalam larutan enzim papain. Setelah perendaman, telur dibilas dengan air bersih dan ditempatkan dalam wadah

penetasan untuk diinkubasi selama 24-30 jam.

Parameter yang diamati meliputi daya rekat telur (AR), derajat pembuahan (FR), derajat penetasan telur (HR), dan kualitas air (suhu, pH dan oksigen terlarut). Daya rekat telur dihitung berdasarkan persentase telur yang saling menempel, sedangkan derajat pembuahan dan penetasan dihitung berdasarkan jumlah telur yang terbuahi dan menetas. Kualitas air diukur pada awal dan akhir penetasan menggunakan termometer digital, pH meter dan DO meter. Data dianalisis secara statistik untuk menentukan pengaruh konsentrasi enzim papain dan durasi perendaman terhadap derajat penetasan telur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Daya Rekat / Adhesive Rate (AR)

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya rekat telur ikan lele bervariasi secara signifikan tergantung pada konsentrasi enzim papain dan durasi perendaman. Pada perlakuan kontrol (K0) tanpa enzim papain dengan durasi perendaman T1 = 5 menit, T2 = 10 menit dan T3 = 15 menit, menunjukkan nilai daya rekat tertinggi masing-masing sebesar $81\%\pm1,73$, $79\%\pm2,00$ dan $84\%\pm3,00$. Hal ini mengindikasikan bahwa tanpa perlakuan enzim papain, telur cenderung saling menempel dengan kuat dan dapat menghambat proses penetasan.

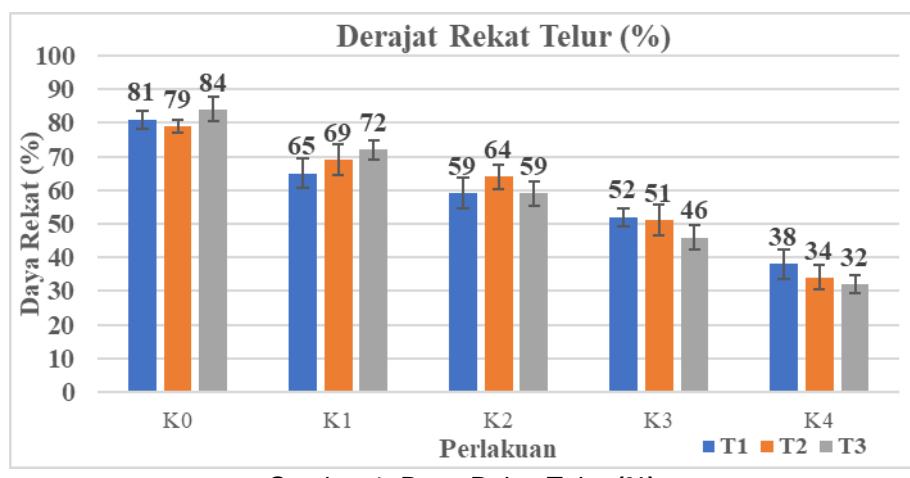
Perlakuan K4T3 (konsentrasi enzim papain 8 ppm, durasi perendaman 15 menit) menghasilkan nilai daya rekat terendah (Gambar 1) sebesar $32\%\pm4,00$. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim papain dan semakin lama durasi perendaman maka semakin efektif enzim papain dalam mengurangi daya rekat telur. Nilai daya rekat yang lebih rendah menunjukkan bahwa jumlah telur yang saling menempel semakin berkurang yang lebih rendah merupakan kondisi yang lebih optimal dan menunjukkan efektivitas perlakuan perendaman yang lebih baik (Rahayu, 2015). Efektivitas tersebut disebabkan oleh kemampuan enzim papain untuk memecah rantai polipeptida pada protein melalui

proses hidrolisis ikatan peptida menjadi senyawa sederhana sehingga mengurangi daya rekat telur secara signifikan (Fersht, 1985; Díaz and Martinez, 2013; Sumarlin et al., 2011).

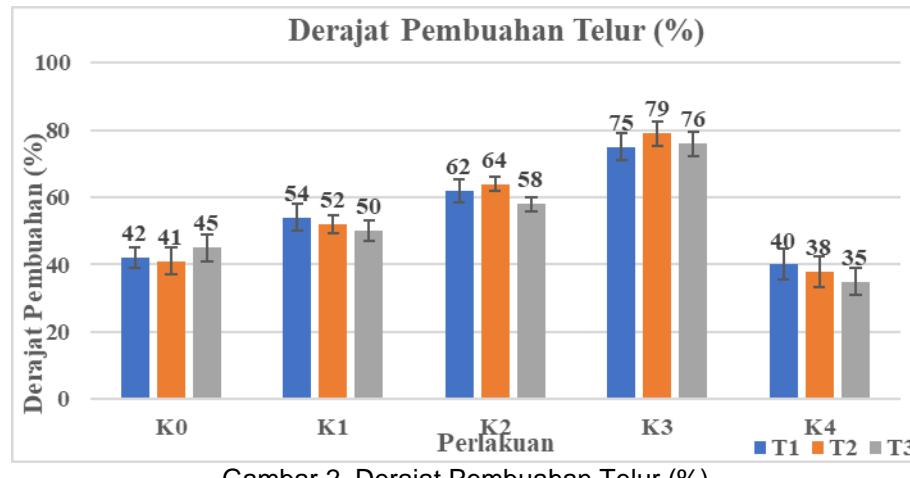
2. Derajat Pembuahan/ Fertilization Rate (FR)

Hasil penelitian pada perlakuan K4T3 (konsentrasi enzim papain 8 ppm, durasi perendaman 15 menit) menghasilkan derajat pembuahan (Gambar 2) terendah yaitu sebesar $35\% \pm 4.00$. Konsentrasi enzim yang tinggi yaitu 8 ppm dengan durasi perendaman yang lebih lama yaitu 15 menit dapat mengganggu struktur

lapisan chorion telur. Hal ini disebabkan oleh aktivitas enzim papain yang berlebihan, yang tidak hanya menghilangkan lapisan protein yang bersifat adhesif tetapi juga mengikis lapisan pelindung penting pada telur. Akibatnya, proses pembentukan zigot terganggu dan tingkat keberhasilan pembuahan menurun. Penurunan ini menunjukkan bahwa meskipun enzim papain memiliki kemampuan untuk meningkatkan keberhasilan pembuahan, penggunaannya perlu dioptimalkan untuk mencegah kerusakan telur akibat eksposur yang berlebihan.



Gambar 1. Daya Rekat Telur (%).



Gambar 2. Derajat Pembuahan Telur (%)

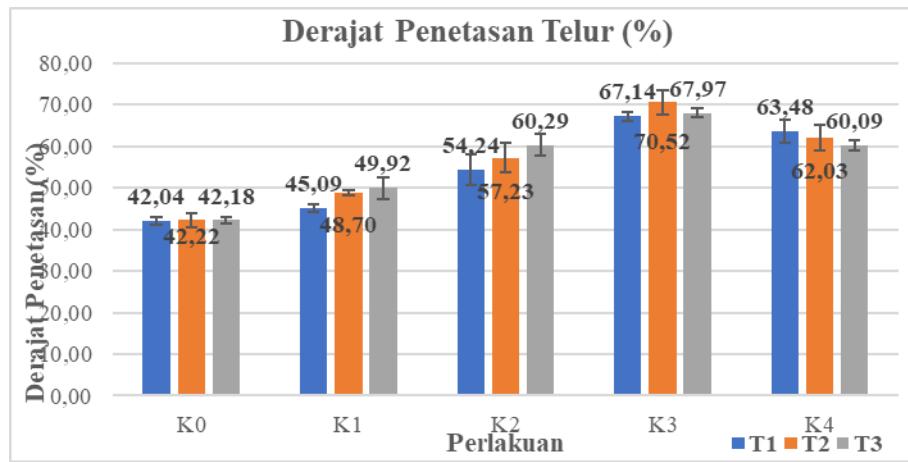
3. Derajat Penetasan Telur/ Hatching Rate (HR)

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian ini, pada perlakuan kontrol K0 (tanpa perlakuan enzim papain) dengan

durasi perendaman T1 = 5 menit, T2 = 10 menit dan T3 = 15 menit, menghasilkan derajat pembuahan yang rendah masing-masing sebesar $42,04\% \pm 0,93$, $42,22\% \pm 1,68$ dan $42,18\% \pm 0,70$ menunjukkan

bahwa tanpa perlakuan enzim papain, derajat penetasan telur ikan lele Mutiara cenderung rendah. Rendahnya derajat penetasan telur (Gambar 3) pada perlakuan ini disebabkan oleh perlakuan tanpa menggunakan enzim papain dan durasi perendaman tanpa penggunaan enzim papain tidak efektif untuk menghilangkan lapisan lendir yang

mengandung senyawa glukoprotein pada permukaan telur tetap utuh dan telur tetap saling menempel. Hal ini menyebabkan telur menggumpal dan menghambat sirkulasi oksigen yang diperlukan selama proses perkembangan embrio sehingga menyebabkan kematian telur dan menurunkan derajat penetasan telur (Woynarovich and Horváth, 1980).



Gambar 3. Derajat Penetasan Telur (%)

Pada perlakuan K3 (konsentrasi enzim papain 6 ppm, durasi perendaman T1 = 5 menit, T2 = 10 menit dan T3 = 15 menit), derajat penetasan telur mencapai titik optimal masing-masing sebesar $67,14\% \pm 1,16$, $70,52\% \pm 2,92$ dan $67,97\% \pm 1,13$. Perlakuan K3T2 (konsentrasi enzim papain 6 ppm, durasi perendaman 10 menit) diperoleh derajat penetasan tertinggi yaitu sebesar $70,52\% \pm 2,92$. Hal ini disebabkan oleh lapisan lendir yang mengandung senyawa glukoprotein pada permukaan telur (Woynarovich and Horváth, 1980; Slembrouck et al., 2005), yang terurai secara optimal melalui proses hidrolisis protein menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh enzim papain (Díaz and Martínez, 2013; Fersht, 1985; Sumarlin et al., 2011). Proses ini mengurangi daya rekat telur, sehingga memungkinkan sperma mencapai serta menembus lubang mikropil pada telur (Al Hazzaa and Hussein, 2003; Yustiati et al., 2022).

Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa derajat penetasan telur ikan lele dipengaruhi oleh konsentrasi

enzim papain (K) dan durasi perendaman (T) dengan nilai F hitung = 65.037 dan signifikansi (p) < 0.001. Apabila nilai signifikansi (p) < 0,05 maka H_0 ditolak yang berarti derajat penetasan telur ikan dipengaruhi oleh perlakuan konsentrasi enzim papain (K) dan durasi perendaman (T) secara simultan. Nilai R^2 sebesar 0.869 menunjukkan bahwa 86,9% derajat penetasan telur dipengaruhi konsentrasi enzim papain (K) dan durasi perendaman (T). Sisanya sebesar 13,1% dipengaruhi oleh faktor lainnya seperti kualitas telur dan kondisi lingkungan inkubasi yang juga berperan dalam menentukan keberhasilan penetasan. Hasil ini menjelaskan hubungan antara variabel independen dan dependen, meskipun terdapat beberapa faktor lain yang mungkin tidak terukur dalam penelitian ini.

Konsentrasi enzim papain memiliki pengaruh signifikan terhadap derajat penetasan telur ikan lele ($\beta = 0.867$, $p < 0.001$), menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi enzim secara positif berkorelasi terhadap peningkatan derajat

penetasan telur. Durasi perendaman, meskipun tidak signifikan secara statistik ($\beta = 0.070$, $p = 0.360$), tetap menunjukkan tren positif terhadap derajat penetasan telur. Hal ini mengindikasikan bahwa durasi perendaman memiliki pengaruh yang lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi enzim papain. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan enzim papain berpengaruh dalam meningkatkan derajat penetasan telur ikan lele, terutama melalui peningkatan konsentrasi enzim. Namun, durasi perendaman memerlukan optimasi lebih lanjut untuk mencapai efek yang lebih signifikan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan enzim proteolitik seperti papain dapat meningkatkan daya tetas telur pada berbagai spesies ikan. Hal ini disebabkan enzim papain memiliki kemampuan untuk mengurai lapisan glukoprotein, mengurangi daya rekat telur secara signifikan, sehingga telur tidak saling menempel dan pasokan oksigen

disekitarnya tercukupi untuk mendukung proses penetasan.

2. Kualitas Air

Keberhasilan penetasan telur ikan sangat bergantung pada pengelolaan kualitas air yang optimal, karena faktor ini mempengaruhi kelangsungan hidup telur serta pertumbuhan dan perkembangan larva (Reynalte-Tataje et al., 2015; Marimuthu et al., 2019). Faktor internal, seperti kualitas telur, serta faktor eksternal, seperti suhu, pH, oksigen terlarut, alkalinitas, amonia, pencahayaan, dan salinitas, berperan dalam proses penetasan (Saputry et al., 2023). Kualitas air yang buruk akibat pembusukan telur yang tidak menetas dapat meningkatkan pertumbuhan jamur dan bakteri yang menghambat penetasan (Yonarta et al., 2023), sehingga pengelolaan parameter lingkungan yang tepat sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan embrio secara optimal (Amelia et al., 2024).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air

Parameter Kualitas Air	Perlakuan														
	K0T1	K0T2	K0T3	K1T1	K1T2	K1T3	K2T1	K2T2	K2T3	K3T1	K3T2	K3T3	K4T1	K4T2	K4T3
Suhu (°C)	Awal	25,7	25,7	25,8	25,6	25,7	25,6	25,6	25,8	25,8	25,7	25,7	25,6	25,6	25,6
	Akhir	26,2	26,3	26,3	26,3	26,4	26,2	26,3	26,3	26,4	26,4	26,4	26,4	26,3	26,2
pH	Awal	7,44	7,42	7,46	7,38	7,44	7,36	7,41	7,39	7,43	7,43	7,42	7,45	7,47	7,39
	Akhir	7,12	7,12	7,14	7,18	7,22	7,22	7,19	7,19	7,16	7,15	7,16	7,21	7,15	7,18
DO (ppm)	Awal	4,23	4,27	4,32	4,35	4,34	4,34	4,36	4,41	4,37	4,41	4,38	4,29	4,36	4,37
	Akhir	4,06	4,19	4,25	4,28	4,23	4,27	4,24	4,32	4,29	4,33	4,25	4,16	4,18	4,24

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter kualitas air (Tabel 1) selama proses penetasan telur ikan lele, meliputi suhu, pH dan oksigen terlarut (DO) berada dalam kisaran optimal sesuai dengan standar SNI 6484.4:2014, yang mendukung perkembangan embrio secara optimal. Suhu awal berkisar antara 25,6-25,8°C dan suhu akhir 26,2-26,4°C dengan fluktuasi yang stabil, menghasilkan tingkat keberhasilan penetasan tertinggi pada perlakuan K3T2 sebesar $70,52\% \pm 2,92$ dan terendah pada K0T1 sebesar $42,04\% \pm 0,93$. Kisaran pH awal 7,36-7,47 dan pH akhir 7,12-7,22 menunjukkan

kestabilan yang baik, meskipun terjadi sedikit penurunan akibat pembusukan telur yang tidak menetas, tetapi tetap dalam kisaran optimal 6,5-8,5. Parameter pH merupakan faktor yang penting untuk aktivitas enzim chorionase dalam melunakkan chorion dan mendukung proses penetasan. Kandungan DO juga relatif stabil dengan kisaran awal 4,23-4,41 ppm dan akhir 4,06-4,33 ppm, lebih tinggi dari batas minimum 3 ppm. Kandungan DO merupakan faktor yang penting untuk memastikan suplai oksigen cukup bagi embrio, mencegah hipoksia, dan mendukung keberhasilan penetasan.

Stabilitas parameter kualitas air ini menunjukkan efektivitas sistem aerasi dalam mempertahankan kondisi lingkungan yang ideal, yang berperan penting dalam meningkatkan derajat penetasan serta memastikan kualitas benih yang dihasilkan lebih baik. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian kualitas air selama proses penetasan sangat diperlukan untuk mengoptimalkan perkembangan embrio dan meningkatkan keberhasilan produksi benih ikan lele.

KESIMPULAN DNA SARAN

Kesimpulan

Konsentrasi enzim papain dan durasi perendaman yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0,001$) terhadap peningkatan derajat penetasan telur ikan lele Mutiara dengan Nilai F_{hitung} jauh lebih besar dari Nilai F_{tabel} pada taraf signifikansi 1% dan 5%.

Konsentrasi optimal enzim papain terdapat pada perlakuan K3T2 (konsentrasi enzim papain 6 ppm, durasi perendaman 10 menit) menghasilkan derajat penetasan tertinggi yaitu sebesar $70,52\% \pm 2,92$.

Durasi perendaman yang berbeda tidak memiliki pengaruh ($p > 0,05$) terhadap peningkatan derajat penetasan telur ikan lele Mutiara.

Saran

1. Perlu dilakukan uji lanjut untuk menganalisis pengaruh konsentrasi enzim papain dan kualitas air (Suhu, pH dan Oksigen terlarut) yang berbeda terhadap peningkatan derajat penetasan telur ikan lele Mutiara.
2. Perlu dilakukan uji lanjut untuk menganalisis pengaruh perendaman enzim papain terhadap kelulusan hidupan (*Survival Rate*) benih ikan lele Mutiara

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R., Supendi, A., Novita, M.Z. (2024). Penerapan Green Water System (GWS) terhadap Hatching Rate Telur Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*). *Manfish: Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Peternakan*, 2: 124–132.
- Ardat, Muh.A., Wulandari, Z., Arief, I.I. (2022). Efektivitas konsentrasi papain bubuk, getah pepaya segar, dan papain komersial sebagai koagulan dalam pembuatan Dangke. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27: 620–626.
- Billah, A. (2024). Pemanfaatan ekstrak daun pepaya (*Carica papaya L*) terhadap daya tetas telur dan kelangsungan hidup larva ikan tawes (*Barbomyrus gonionotus*). *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*, 4: 107–113.
- Buwono, I.D., Iskandar, I., Grandiosa, R. (2021). Sosialisasi budidaya ikan lele mutiara Padjadjaran di kelompok peternak lele Cileunyi. *Dharmakarya*, 10: 273.
- Díaz, I., Martinez, M. (2013). Plant C1A Cysteine Peptidases in Germination and Senescence. *Handbook of Proteolytic Enzymes*. Elsevier Ltd, pp. 1852–1858.
- Fersht, A. (1985). *Enzyme Structure and Mechanism*. W.H. Freeman, New York, 1–475 pp.
- Al Hazzaa, R., Hussein, A. (2003). Stickiness Elimination of Himri Barbel (*Barbus lutes*, Heckel) Eggs. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3.
- Iswanto, B., Imron, Huria Marnis, Rommy Suprapto. (2022). *Petunjuk Teknis Budidaya Ikan Lele Mutiara*. 1st ed. 1–57 pp.
- Mahendra, R., Susilowati, T., Prayitno, S.B. (2022). Pengaruh perendaman ekstrak daun pepaya (*Carica papaya L.*) terhadap daya tetas telur ikan bandeng (*Chanos chanos*). *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 7: 45–55.
- Marimuthu, K., Palaniandya, H., Muchlisin, Z.A. (2019). Effect of different water pH on hatching and survival rates of African catfish *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). *Aceh Journal of Animal Science*, 4: 80–88.

- Nuzlia, C., Muhsinin, A., Dewi, C.D. (2024). Effect of *Carica papaya* leaf extract toward hatching and survival rate of Nilem fish (*Osteochilus hasselti*) larvae. *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences.
- Rahayu, R.N. (2015). *Pengaruh Perbedaan Lama Perendaman Telur Ikan Lele Dumbo (Clarias Sp.) Dalam Larutan Teh Hitam Terhadap Keberhasilan Penetasan*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Rahmi, N.I.S., Hidayat, R. (2018). Efektivitas rendaman serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) terhadap tingkat infeksi jamur saprolegnia sp dan daya tetas telur ikan komet (*Carassius auratus*). *OCTOPUS: JURNAL ILMU PERIKANAN*, 7: 747–756.
- Reynalte-Tataje, D.A., Baldisserotto, B., Zaniboni-Filho, E. (2015). The effect of water pH on the incubation and larviculture of curimbatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (Characiformes: Prochilodontidae). *Neotropical Ichthyology*, 13: 179–186.
- Saptiani, G., Hardi, E., Pebrianto, C., Agustina, A. (2016). Ekstrak daun pepaya dan kangkung untuk meningkatkan daya tetas telur dan kelangsungan hidup larva lele. *Jurnal Veteriner*, 17: 285–291.
- Saputra, I.S., Raharjo, E.I., Rachimi. (2014). Pengaruh getah pepaya (*Carica papaya L.*) kering terhadap derajat pembuahan dan penetasan telur ikan jambal siam (*Pangasius hypothalamus*). *JURNAL RUAYA*, 3.
- Saputry, A.M., Latuconsina, H., Lisminingsih, R.D. (2023). Pengaruh ekstrak daun pepaya (*Carica papaya L.*) dengan konsentrasi berbeda terhadap daya tetas telur ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 7: 113–116.
- Slembrouck, J., Komarudin, O., Legendre, M. (2005). Petunjuk teknis pembenihan ikan patin Indonesia, *Pangasius* djambal. *Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Jakarta*.
- Sumarlan, S.H., Wibisono, Y., Hawa, L.C., Nurwindi, L.L. (2017). Pengaruh penambahan enzim papain komersial dalam pembuatan hidrolisat protein dari limbah cair surimi. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 5: 56–65.
- Sumarlin, L.O., Nurbayti, S., Fauziah, S. (2011). Penghambatan Enzim Pemecah Protein (Enzim Papain) Oleh Ekstrak Rokok, Minuman Beralkohol Dan Kopi Secara in Vitro. *Jurnal Kimia Valensi*, 2.
- Tahya, A.M., Tobigo, D.T., Yusuf, S.R., Putri, A.R. (2022). Pengaruh ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum L.*) terhadap daya tetas telur ikan lele mutiara (*Clarias gariepinus*) yang terserang jamur. *Jurnal Ilmiah AgriSains*, 23: 11–19.
- Tumanggor, F.J.M., Suriansyah, Tantulo, U., Yasin, M.N., Wirabakti, M.C. (2023). Efektivitas lama perendaman telur ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*) yang terbuahi pada ekstrak daun pepaya terhadap daya tetas telur. *JOURNAL OF TROPICAL FISHERIES*, 18: 22–29.
- Woynarovich, E., Horváth, L. (1980). *The Artificial Propagation of Warm-Water Finfishes: A Manual for Extension*. FAO Fisheries Technical Paper No.201, Rome - Italy, 1–192 pp.
- Yohanes, E.A.A., Jumiati, J., Rahmaningsih, S. (2022). Penggunaan media perendaman dari daun kelor (*Moringa oleifera L.*) dengan konsentrasi yang berbeda terhadap daya rekat dan daya tetas ikan lele mutiara (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Miyang: Ronggolawe Fisheries and Marine Science Journal*, 2: 1–6.
- Yonarta, D., Selviana, I., Tanbiyaskur, T., Sari, D.I. (2023). Use of Different Dosages of Gonadotrophine Hormones for Java Combtail (*Belontia hasselti*) Spawning Semi Naturally. *Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau*, 8: 176–180.

Yustiati, A., Shaqina, F.A., Sunarto, S., Rosidah, R., Cahyadi, U., Supriatna, T. (2022). Penggunaan larutan teh hitam untuk menurunkan daya rekat

telur ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*). *Akuatika Indonesia*, 6: 44.