

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

KETAHANAN IKAN MAS HIBRIDA MAJALAYA > < SUTISNA TERHADAP INFEKSI *Aeromonas hydrophila* DAN CEKAMAN LINGKUNGAN ABIOTIK

Didik Ariyanto^{*)}, Joni Haryadi^{**)}, Flandrianto S. Palimirmo^{***)}, Suharyanto^{*)}, dan Yogi Himawan^{*)}

^{*)}Pusat Riset Perikanan, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jalan Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat

^{**)}Balai Riset Pemuliaan Ikan, BRSDM KKP

Jalan Raya 2 Sukamandi, Patokbeusi, Subang, Jawa Barat

^{***)}Pusat Riset Konservasi Sumberdaya Laut dan Perairan Darat, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jalan Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat

(Naskah diterima : 25 Agustus 2022; Revisi final 21 September 2022; Disetujui publikasi 21 September 2022)

ABSTRAK

Keunggulan pertumbuhan dan produktivitas ikan mas hibrida kandidat rilis, yaitu hibrida Majalaya betina > < Sutisna jantan (Mj > < St), perlu didukung dengan ketahanan terhadap penyakit serta toleransi terhadap cekaman lingkungan abiotiknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi daya tahan ikan mas hibrida Mj > < St terhadap infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* serta toleransi terhadap cekaman lingkungan abiotik, yaitu suhu, pH, salinitas, dan amonia. Pengujian ketahanan penyakit dan toleransi lingkungan ikan mas hibrida kandidat rilis dilakukan secara terbatas di laboratorium. Sebagai pembanding, digunakan ikan mas unggul Marwana yang diperoleh dari unit pembenihan rakyat. Hasil uji tantang dengan bakteri *A. hydrophila* menunjukkan bahwa ikan mas hibrida Mj > < St mempunyai sintasan yang secara nyata lebih baik ($P < 0,05$) dibandingkan *strain* pembanding, yaitu $96,7 \pm 2,9\%$ berbanding $83,3 \pm 5,8\%$. Ikan mas hibrida Mj > < St juga mempunyai toleransi yang berbeda nyata lebih baik ($P < 0,05$) dibandingkan ikan mas Marwana, khususnya terhadap suhu, pH, dan salinitas. Hal ini ditunjukkan dengan nilai LT_{50} ikan mas hibrida yang lebih baik dibandingkan *strain* pembanding, masing-masing sebesar $3,6 \pm 0,6$ menit berbanding $2,0 \pm 0,6$ menit pada suhu rendah ($10,0-12,0^{\circ}\text{C}$) dan $7,5$ menit berbanding $4,1$ menit pada suhu tinggi ($38,0-40,0^{\circ}\text{C}$); $38,2 \pm 1,7$ menit berbanding $21,6 \pm 0,9$ menit pada pH rendah ($3,0$) dan $12,3 \pm 2,4$ menit berbanding $6,0 \pm 1,6$ menit pada pH tinggi ($12,0$); dan $85,6 \pm 11,1$ menit berbanding $34,0 \pm 12,1$ menit pada salinitas sedang (20 g L^{-1}). Daya toleransi ikan mas hibrida Mj > < St terhadap kandungan amonia perairan sebesar $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan *strain* Marwana, masing-masing dengan LT_{50} sebesar $95,7 \pm 74,4$ menit berbanding $71,0 \pm 48,1$ menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ikan mas hibrida Mj > < St mempunyai ketahanan terhadap penyakit dan cekaman lingkungan abiotik lebih baik dibandingkan ikan mas Marwana yang sudah berkembang di pembudidaya.

KATA KUNCI : *Aeromonas hydrophila*; cekaman abiotik; ikan mas hibrida; uji tantang

ABSTRACT : *The Resistance and Tolerance Test of Hybrid Common Carp Majalaya > < Sutisna Strain to Aeromonas hydrophila Infection and Abiotic Environmental Stressors*

The superiority of growth and productivity of a hybrid carp candidate, the female Majalaya > < the male Sutisna (Mj > < St) could be a game changer if the hybrid carp also has disease resistance and high tolerance to abiotic environmental stressors. This study aimed to evaluate the resistance of the hybrid carp Mj > < St to Aeromonas hydrophila infection and its tolerance to abiotic environmental stressors, such as temperature, pH, salinity, and ammonia. The resistance and tolerance testing of the hybrid fish was carried

#Korespondensi: Balai Riset Pemuliaan Ikan,
Jalan Raya 2 Sukamandi, Patokbeusi, Subang 41263, Indonesia
E-mail: didik29ariyanto@gmail.com

out in a limited lab-scale experiment. A superior carp, namely Marwana, obtained from a private hatchery, was used as the comparison. Results of the challenge test to *A. hydrophila* showed that the $Mj > < St$ hybrid carp had a significantly better ($P < 0.05$) survival rate of $96.7 \pm 2.9\%$ than the compared strain survival rate of $83.3 \pm 5.8\%$. The $Mj > < St$ hybrid carp also has significantly better ($P < 0.05$) tolerance than the Marwana carp, especially to the temperature, pH, and salinity changes. This was indicated by better LT_{50} values of the hybrid carp against the compared strain of 3.6 ± 0.6 minutes compared to 2.0 ± 0.6 minutes at low temperature ($10.0-12.0^{\circ}\text{C}$), and 7.5 minutes versus 4.1 minutes at high temperature ($38.0-40.0^{\circ}\text{C}$); 38.2 ± 1.7 minutes versus 21.6 ± 0.9 minutes at low pH (3.0), and 12.3 ± 2.4 minutes versus 6.0 ± 1.6 minutes at high pH (12.0); and 85.6 ± 11.1 minutes versus 34.0 ± 12.1 minutes at medium salinity (20 g L^{-1}). The tolerance of hybrid carp $Mj > < St$ to the ammonia level of 3.0 mg L^{-1} was not significantly different ($P > 0.05$) from that of the Marwana strain, in which the LT_{50} is 95.7 ± 74.4 minutes compared to 71.0 ± 48.1 minutes. These results indicate that the hybrid carp $Mj > < St$ has better resistance to disease and abiotic environmental stressors than the Marwana carp that has been cultured by farmers.

KEYWORDS : *Aeromonas hydrophila*; abiotic stressor; hybrid common carp; challenge test

PENDAHULUAN

Pembentukan ikan mas hibrida unggul pada karakter pertumbuhan dan produktivitas, yaitu antara *strain* Majalaya betina dengan Sutisna jantan ($Mj > < St$), perlu diimbangi dengan kemampuan ketahanan terhadap infeksi penyakit dan toleransi terhadap perubahan lingkungan budidaya. Pada tahun 2022, ikan mas hibrida tersebut diusulkan sebagai varietas baru kandidat rilis dan diberi nama ikan mas "Permata" yaitu akronim dari Persilangan Majalaya dan Sutisna (Suharyanto *et al.*, 2022).

Salah satu penyakit ikan mas yang mempunyai dampak signifikan terhadap hasil budidaya adalah *motile aeromonad septicemia* (MAS) yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila*. Bakteri *A. hydrophila* merupakan salah satu bakteri patogen yang membahayakan bagi budidaya perikanan air tawar karena dapat menginfeksi semua jenis dan stadia ikan air tawar. Penyakit MAS mempunyai gejala klinis berupa luka dan bercak merah pada bagian tubuh ikan. Infeksi bakteri *A. hydrophila* dapat terjadi akibat perubahan kondisi lingkungan, stres, perubahan suhu, atau ketika ikan tersebut telah terinfeksi oleh virus, bakteri atau parasit lainnya (Taukhid *et al.*, 2016). Jika bakteri ini menjadi koinfeksi pada ikan mas yang terserang *koi herpesvirus*

(KHV), kematian yang terjadi dapat mencapai 80-95% dari populasi yang ada (Novita *et al.*, 2020). Secara nasional, penyakit *A. hydrophila* mampu menurunkan tingkat produksi ikan mas budidaya hingga 10-70% (Mufidah *et al.*, 2015). Oleh karena itu, evaluasi ketahanan kandidat ikan mas unggul hibrida $Mj > < St$ tersebut perlu dilakukan sebelum varietas ini dilepas ke pembudidaya.

Selain wabah penyakit, perubahan lingkungan budidaya sebagai dampak perubahan iklim (*climate change*) juga merupakan kendala dalam pengembangan budidaya ikan mas. Kemampuan toleransi benih ikan mas hibrida $Mj > < St$ terhadap beberapa parameter lingkungan perlu dievaluasi sebagai langkah antisipasi adanya perubahan lingkungan budidayanya. Beberapa parameter utama yang perlu dievaluasi antara lain toleransi terhadap perubahan suhu, pH, salinitas, dan amonia. Suharyanto *et al.* (2019) melaporkan bahwa ikan mas hibrida "Permata" dapat tumbuh dan berkembang normal di lingkungan kolam percobaan di Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Sukamandi. Secara umum, kondisi kolam percobaan di BRPI Sukamandi adalah air tawar dengan salinitas 0 g L^{-1} , suhu perairan antara $26,7-34,8^{\circ}\text{C}$, kisaran nilai pH air antara 6,50-9,50, dan kadar amonia air media pemeliharaan tertinggi pada $1,20 \text{ mg L}^{-1}$ (Tahapari *et al.*, 2016; Himawan *et al.*, 2017;

Ariyanto *et al.*, 2018b). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kemampuan ikan mas hibrida Mj >< St dalam menghadapi infeksi penyakit *A. hydrophila* dan cekaman abiotik utama pada lingkungan budidaya, yaitu suhu, nilai pH, salinitas, dan amonia.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Ikan uji adalah benih ikan mas hibrida Mj >< St dari pemijahan di BRPI Sukamandi, berumur 54 hari pascamenetas, dengan ukuran bobot 10-15 g per ekor dan panjang 9-12 cm. Sebagai pembanding digunakan sampel benih ikan mas varietas unggul Marwana yang diperoleh dari unit pembenihan rakyat (UPR) di Desa Cinangka, Pabuaran, Subang, dengan variasi umur dan ukuran yang sama.

Metode Pengujian

Ketahanan terhadap Penyakit

Evaluasi ketahanan benih ikan mas hibrida Mj >< St terhadap infeksi bakteri *A. hydrophila* dilakukan mengikuti Protokol Pemuliaan Ikan Mas No. 02 tentang Uji Tantang Ikan Mas dengan *A. hydrophila* (DJPB, 2012). Sebelum dilakukan ujiantang, secara fisik benih ikan dipilih yang sehat dan tidak cacat. Benih ikan sehat diindikasikan dengan gerakan lincah dan responsif terhadap rangsangan yang diberikan. Benih ikan diaklimatisasi di dalam akuarium pengujian dengan ukuran 25 x 40 x 30 cm³ selama dua hari. Pada hari ke-3, benih ikan mas diinjeksi dengan bakteri *A. hydrophila* dengan dosis sesuai dengan LD₅₀ pada ikan mas, yaitu 10⁶ CFU mL⁻¹. Penentuan nilai LD₅₀ ini dilakukan sebelum ujiantang dilakukan, dan merupakan bagian dari Protokol Pemuliaan Ikan Mas No. 02 tersebut di atas. Injeksi dilakukan secara intramuskular, yaitu penyuntikan pada otot di bawah pangkal sirip punggung. Benih dimasukkan kembali ke dalam akuarium pengujian tersebut dengan kepadatan 20 ekor setiap akuarium. Ujiantang penyakit terhadap

masing-masing populasi ikan mas dilakukan dengan tiga kali ulangan. Pengamatan gejala klinis dilakukan hingga 14 hari. Ikan yang mengalami kematian diangkat dan dihitung untuk penghitungan sintasan.

Konfirmasi infeksi bakteri *A. hydrophila* pada ikan yang mati dilakukan menggunakan metode Kit API 20E / *Analytical Profile Index*. Sampel bakteri diperoleh dari jaringan tubuh ikan terinfeksi, kemudian ditumbuhkan pada media TSA (*tryptic soy agar*) dengan suhu inkubasi 28°C. Inokulum berumur 18-24 jam tersebut diambil 2-3 ose dan dilarutkan dalam 5 mL PBS (*phosphate buffered saline*) kemudian dihomogenkan. Kit API 20E yang digunakan telah dilengkapi dengan boks inkubasi yang terdiri atas wadah dan penutup berbahan plastik transparan untuk inkubasi strip selama pengujian berlangsung. Suspensi bakteri yang telah dibuat kemudian didistribusikan ke masing-masing sumur pada strip secara hati-hati agar tidak terbentuk gelembung udara yang akan memengaruhi pengujian. Setelah distribusi sampel selesai, kotak inkubasi ditutup dan sampel diinkubasi pada suhu 36 ± 2°C selama 18-24 jam. Setelah periode inkubasi selesai, strip dibaca berdasarkan *reading table* yang telah tersedia pada Kit API 20E. Proses identifikasi bakteri yang diperoleh berdasarkan *numerical profile* dapat diketahui menggunakan *apiweb™ identification software* (Artati & Oman, 2020).

Toleransi terhadap Suhu

Evaluasi toleransi benih ikan mas hibrida Mj >< St terhadap suhu perairan dilakukan melalui perendaman dalam air bersuhu rendah, yakni 10-12°C dan air bersuhu tinggi, yakni 40-42°C. Air bersuhu rendah dibuat dengan menambahkan es batu ke dalam akuarium pengujian ukuran 25 x 40 x 30 cm³. Penambahan es batu dilakukan sedikit demi sedikit sambil melakukan pengukuran suhu air menggunakan termometer. Jika suhu sudah mencapai suhu 10-12°C, maka penambahan es batu dihentikan. Sedangkan pengujian

suhu tinggi, media pengujian dibuat dengan menambahkan air panas ke dalam akuarium yang sudah diisi air dalam suhu ruang. Penambahan air panas dilakukan sedikit demi sedikit sambil melakukan pengukuran suhu air menggunakan termometer. Jika suhu sudah mencapai suhu 40-42°C, maka penambahan air panas dihentikan.

Kedua populasi ikan uji segera dimasukkan ke dalam masing-masing akuarium pengujian dengan kepadatan 10 ekor per akuarium. Pengujian kemampuan toleransi benih ikan mas terhadap suhu media pemeliharaan dilakukan dengan tiga kali ulangan. Pengamatan dan pencatatan waktu kematian benih ikan uji dilakukan hingga kematian mencapai jumlah 50% dari total benih ikan uji pada masing-masing ulangan.

Toleransi terhadap pH

Evaluasi toleransi benih ikan mas hibrida Mj \times St terhadap nilai pH dilakukan melalui perendaman dalam air dengan pH di bawah dan di atas pH netral (6,0–7,5), yakni pada pH 3,0 (asam) dan pH 12,0 (basa). Pembuatan larutan dengan pH rendah (asam) dilakukan dengan menambahkan asam cuka ($\text{CH}_3\text{-COOH}$) ke dalam air di dalam akuarium ukuran 25 x 40 x 30 cm³ secara perlahan hingga mencapai pH larutan 3,0. Pembuatan larutan pH tinggi (basa) dilakukan dengan menambahkan soda kaustik (NaOH) ke dalam akuarium dengan ukuran yang sama secara perlahan hingga mencapai pH larutan sebesar 12,0.

Kedua populasi ikan uji secara bersama dimasukkan ke dalam masing-masing akuarium pengujian dengan kepadatan 10 ekor per akuarium. Pengujian kemampuan toleransi ikan mas terhadap pH perairan dilakukan dengan tiga kali ulangan. Pengamatan dan pencatatan waktu kematian benih ikan uji dilakukan hingga kematian mencapai jumlah 50% dari total benih ikan uji pada masing-masing ulangan.

Toleransi terhadap Salinitas

Evaluasi toleransi benih ikan mas hibrida Mj \times St terhadap tingkat salinitas dilakukan melalui perendaman dalam air yang bersalinitas sedang, yakni salinitas 15 dan 20 g L⁻¹. Pembuatan media uji dengan salinitas 15 dan 20 g L⁻¹ dilakukan dengan mencampur air tawar (salinitas 0 g L⁻¹) dan air laut (salinitas 29-31 g L⁻¹) di dalam akuarium pengujian ukuran 25 x 40 x 30 cm³. Penghitungan komposisi air tawar dan air laut dilakukan dengan rumus:

$$N1 \times V1 = N2 \times V2$$

Keterangan: N1: salinitas air laut

N2: salinitas yang diinginkan

V1: volume air laut

V2: volume air akhir di akuarium

Setelah diperoleh campuran air sesuai dengan salinitas pengujian, yakni 15 dan 20 g L⁻¹, kedua populasi benih ikan uji secara bersama dimasukkan ke dalam akuarium pengujian. Kepadatan benih ikan uji sebanyak 10 ekor per akuarium dan pengujian dilakukan dengan tiga kali ulangan. Pengamatan dan pencatatan waktu kematian benih ikan uji dilakukan hingga kematian mencapai jumlah 50% dari total benih ikan uji pada masing-masing ulangan.

Toleransi terhadap Amonia

Evaluasi toleransi benih ikan mas hibrida Mj \times St terhadap kandungan amonia perairan dilakukan melalui perendaman dalam air dengan kadar amonia 3,0 mg L⁻¹. Pembuatan larutan dengan kandungan amonia 3,0 mg L⁻¹ dilakukan dengan menambahkan cairan NH_4OH ke dalam air di dalam akuarium uji ukuran 25 x 40 x 30 cm³ secara perlahan sambil diaduk hingga mencapai kadar amonia 3,0 g L⁻¹.

Setelah diperoleh campuran air dengan kadar amonia sesuai dengan yang diinginkan, kedua populasi benih ikan uji segera dimasukkan ke dalam akuarium pengujian.

Kepadatan benih ikan uji sebanyak 10 ekor per akuarium dan pengujian dilakukan dengan tiga kali ulangan. Pengamatan dan pencatatan waktu kematian benih ikan uji dilakukan hingga kematian mencapai jumlah 50% dari total benih ikan uji pada masing-masing ulangan.

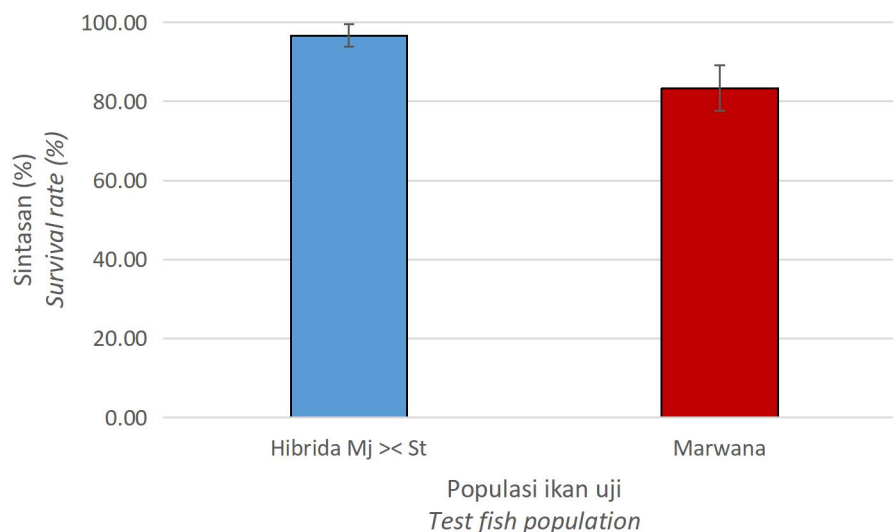
Analisis Data

Data yang diperoleh pada masing-masing pengujian ditabulasi dan dihitung nilai rata-ratanya. Analisis perbandingan nilai rata-rata setiap parameter uji antara populasi ikan mas hibrida Mj \times St dan Marwana dilakukan menggunakan Uji *t-Student* pada $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN BAHASAN

Daya Tahan terhadap Infeksi *Aeromonas hydrophila*

Hasil uji tantang ikan mas dengan bakteri *A. hydrophila* menunjukkan bahwa ikan mas hibrida Mj \times St mempunyai sintasan pada akhir uji tantang sebesar $96,7 \pm 2,9\%$, berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan sintasan ikan mas Marwana sebesar $83,3 \pm 5,8\%$ (Gambar 1). Nilai sintasan ini mengindikasikan bahwa ikan mas hibrida Mj \times St mempunyai daya tahan terhadap penyakit, khususnya bakteri *A. hydrophila*, lebih baik dibandingkan ikan mas Marwana.



Gambar 1. Sintasan benih ikan mas hibrida Mj \times St dan ikan mas Marwana pada uji tantang dengan bakteri *A. hydrophila* (bar adalah nilai standar deviasi)

Figure 1. The survival rate of Mj \times St hybrid and Marwana common carp strains challenged against *A. hydrophila* (top element represents standard deviation)

Konfirmasi secara laboratoris terkait infeksi bakteri *A. hydrophila* pada ikan uji disajikan pada Gambar 2. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa sampel ikan yang mati pada uji tantang, baik ikan mas hibrida Mj \times St maupun Marwana, secara positif terinfeksi bakteri *A. hydrophila*. Identifikasi bakteri menggunakan metode Kit API 20E memastikan bahwa patogen yang menginfeksi ikan uji adalah *A. hydrophila*, dengan tingkat kebenaran

mencapai 98,8% pada ikan mas hibrida Mj \times St (Gambar 2A di dalam kotak merah) dan 99,0% pada ikan mas Marwana (Gambar 2B di dalam kotak merah). Hasil ini memberikan kepastian bahwa bakteri *A. hydrophila* yang diinjeksikan ke dalam tubuh ikan mas berhasil menginfeksi ikan uji dan berdampak terhadap tingkat kematian masing-masing populasi pada uji tantang tersebut.

GOOD IDENTIFICATION				
Strip	API 20E V5.0			
Profile	7 2 4 7 1 2 4			
Note	POSSIBILITY OF <i>Vibrio fluvialis</i>			
Significant taxa	% ID	T	Tests against	
<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 2</i>	98.8	0.92	AMY 75%	
Next taxon	% ID	T	Tests against	
<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 1</i>	0.9	0.61	LCD 25%	AMY 75%
Complementary test(s)	GLUCOSEg	ESC (HYD.)	O/129 R	METHYL RED
<i>Aeromonas caviae</i>	-	+	+	+
<i>Aeromonas hydrophila</i>	+	+	+	86%
<i>Vibrio fluvialis</i>	0%	NT	-	NT
<i>Aeromonas sobria</i>	+	-	+	-

A

VERY GOOD IDENTIFICATION				
Strip	API 20E V5.0			
Profile	7 2 0 7 1 2 4			
Note	POSSIBILITY OF <i>Vibrio fluvialis</i>			
Significant taxa	% ID	T	Tests against	
<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 2</i>	99.0	0.8	AMY 75%	
Next taxon	% ID	T	Tests against	
<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 1</i>	0.9	0.49	LCD 25%	AMY 75%
Complementary test(s)	GLUCOSEg	ESC (HYD.)	O/129 R	METHYL RED
<i>Aeromonas caviae</i>	-	+	+	+
<i>Aeromonas hydrophila</i>	+	+	+	86%
<i>Vibrio fluvialis</i>	0%	NT	-	NT
<i>Aeromonas sobria</i>	+	-	+	-

B

Gambar 2. Hasil konfirmasi infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan uji: (A) Ikan mas hibrida Mj > < St, (B) Ikan mas Marwana

Figure 2. Confirmation results of *Aeromonas hydrophila* infection in test fish: (A) Mj > < St hybrid, (B) Marwana common carp strains

Tingkat kematian benih ikan mas hibrida Mj > < St pada uji tantang sebesar $3,3 \pm 2,9\%$. Hasil uji ini menunjukkan bahwa ikan mas hibrida Mj > < St tahan terhadap serangan bakteri *A. hydrophila*. dibandingkan dengan ikan mas Marwana yang sudah beredar di masyarakat, daya tahan ikan mas hibrida kandidat rilis ini jauh lebih baik. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 29 (2016) bahwa ikan mas Marwana merupakan ikan hasil seleksi marka molekuler penyandi pertumbuhan (Cca08) dan ketahanan terhadap penyakit (MHC II / *major histocompatibility complex class II*). Oleh karena itu, ikan mas Marwana mempunyai ketahanan yang baik terhadap infeksi *A. hydrophila*, diindikasikan dengan nilai sintasan sebesar $83,3 \pm 5,8\%$. Namun demikian, ikan mas hibrida kandidat rilis pada penelitian ini mempunyai nilai sintasan lebih tinggi dibandingkan ikan mas Marwana, yaitu sebesar $96,7 \pm 2,9\%$. Hal ini menunjukkan bahwa ikan mas hibrida Mj > < St mempunyai ketahanan terhadap penyakit yang lebih baik dibandingkan ikan mas Marwana.

Ikan mas hibrida Mj > < St merupakan persilangan antara ikan mas betina Majalaya dengan jantan Sutisna. Hasil penelitian Ariyanto *et al.* (2018a) menunjukkan bahwa kedua *strain* ikan mas tersebut mempunyai tingkat ketahanan terhadap penyakit yang moderat. Lebih lanjut dijelaskan bahwa kedua *strain*

ikan mas ini mempunyai potensi ketahanan terhadap penyakit cukup tinggi, diindikasikan dengan persentase marka molekuler penyandi ketahanan terhadap penyakit, yakni gen MHC II, yang cukup tinggi, berkisar antara 50-86%. Tingginya persentase gen penyandi ketahanan terhadap penyakit pada kedua tetua ikan mas hibrida tersebut diduga sangat berpengaruh terhadap ketahanan ikan mas hibrida yang sangat baik. Hal ini perlu verifikasi lebih lanjut terkait keberadaan gen MHC II pada populasi ikan mas hibrida Mj > < St.

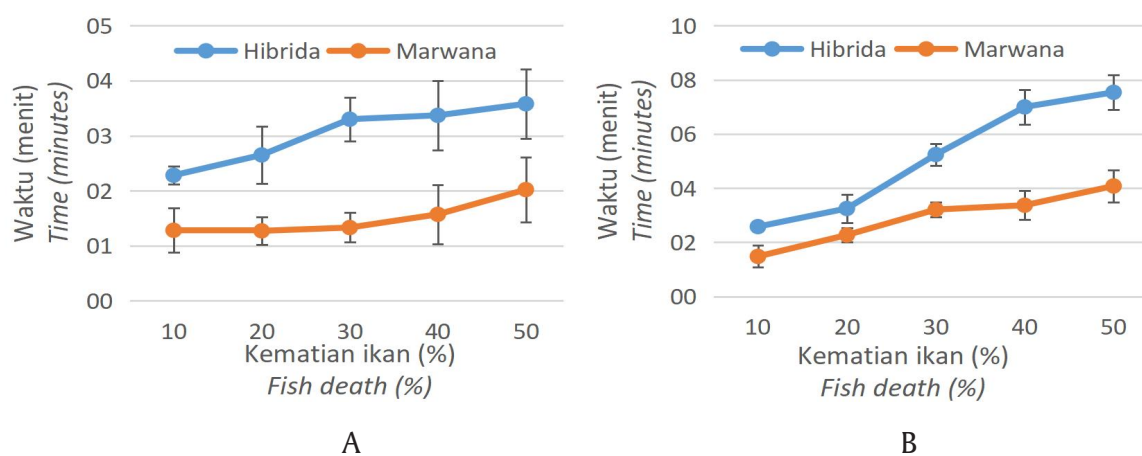
Daya tahan kedua *strain* ikan mas terhadap infeksi bakteri *A. hydrophila* pada penelitian ini lebih baik dibandingkan beberapa studi sebelumnya. Nurjanah *et al.* (2013) menunjukkan bahwa ikan mas yang tidak diberi perlakuan penambahan ketahanan tubuh mempunyai sintasan akhir sebesar $38.67 \pm 9,81\%$ pada uji tantang dengan *A. hydrophila*. Selain itu, uji tantang ikan mas dengan *A. hydrophila* yang dilakukan oleh Dianti *et al.* (2013) dan Arindita *et al.* (2014) juga menghasilkan nilai sintasan akhir yang tidak lebih baik daripada penelitian tersebut, masing-masing sebesar $25 \pm 12,5\%$ dan $6,14 \pm 10,64\%$. Tingginya nilai sintasan uji tantang ikan mas hibrida Mj > < St dan Marwana dengan bakteri *A. hydrophila* pada penelitian ini menunjukkan bahwa kedua varietas ini mempunyai ketahanan terhadap penyakit yang tinggi. Hal ini diduga kuat karena kedua varietas tersebut dikembangkan

dari *strain-strain* ikan mas hasil seleksi karakter ketahanan terhadap penyakit.

Toleransi terhadap Suhu

Hasil uji toleransi ikan mas hibrida Mj > < St dan ikan mas Marwana terhadap suhu media pemeliharaan disajikan pada Gambar 3. Gambar 3A menunjukkan proses kematian ikan uji hingga mencapai LT_{50} pada media dengan suhu rendah (10-12°C). Nilai LT_{50} ikan mas hibrida Mj > < St pada media pemeliharaan tersebut dicapai pada waktu antara menit

ke-3 dan ke-4, sedangkan ikan mas Marwana dicapai antara menit ke-2 dan ke-3. Pola yang relatif sama diperoleh pada pengujian suhu tinggi (38-40°C), dimana ikan mas hibrida Mj > < St mencapai LT_{50} antara menit ke-7 dan ke-8, sedangkan ikan mas Marwana sudah terjadi antara menit ke-4 dan ke-5. Kedua hasil uji ini menunjukkan bahwa ikan mas hibrida Mj > < St mempunyai toleransi yang berbeda nyata ($P < 0,05$) lebih baik dibandingkan ikan mas Marwana, baik pada suhu rendah maupun tinggi.



Gambar 3. Nilai LT_{50} benih ikan mas hibrida Mj > < St dan Marwana pada media dengan (A) suhu rendah (10-12°C) dan (B) suhu tinggi (38-40°C). Nilai bar adalah nilai standar deviasi

Figure 3. Values of LT_{50} of Mj > < St hybrid and Marwana common carp strains at (A) low temperature (10-12°C) and (B) high temperature (38-40°C). (top element represents standard deviation)

Perendaman benih ikan mas pada suhu rendah dan suhu tinggi mempengaruhi metabolisme ikan mas, ditunjukkan dengan perubahan gerakan operkulum per satuan waktu. Perendaman pada suhu rendah mengakibatkan penurunan jumlah gerakan operkulum benih ikan mas hibrida Mj > < St maupun ikan mas Marwana dari UPR. Selain karena keterbatasan jumlah oksigen terlarut pada air bersuhu rendah, penurunan jumlah gerakan operkulum per satuan waktu juga mengindikasikan penurunan laju metabolisme dalam tubuh ikan. Kemampuan penurunan laju metabolisme pada ikan mas hibrida Mj > < St diduga relatif lebih baik dibandingkan ikan mas

Marwana, sehingga menyebabkan kematian pertama ikan mas hibrida terjadi pada akhir menit ke-4, lebih lama dibandingkan ikan mas Marwana yang mati yang terjadi pada awal menit ke-3 (Gambar 3A).

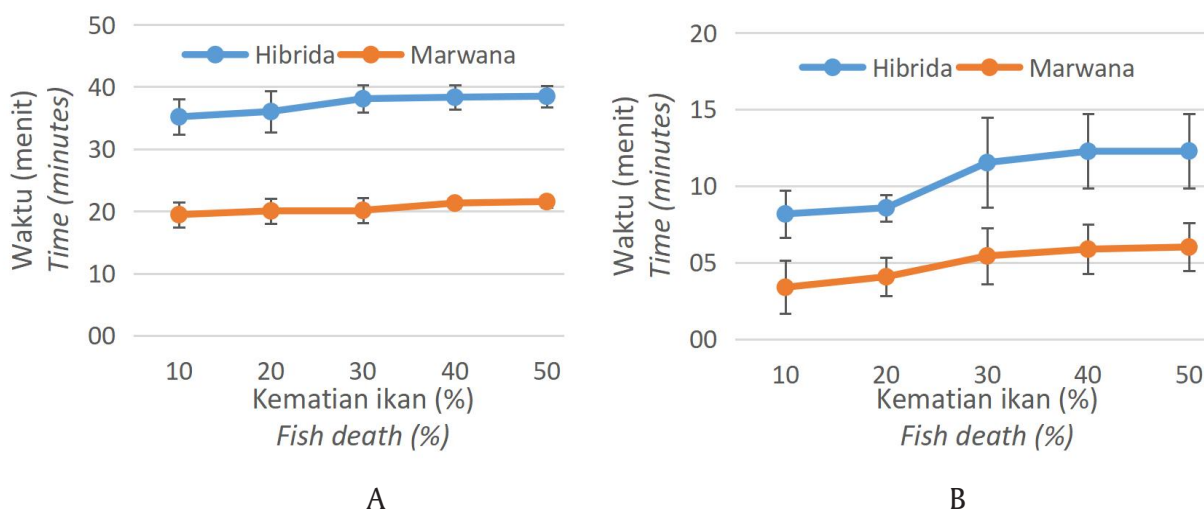
Pada perendaman dengan suhu tinggi, gerakan operkulum kedua jenis ikan semakin meningkat, berkisar antara 72–80 kali pada ikan mas hibrida Mj > < St dan 65–80 kali pada ikan mas Marwana. Pada percobaan ini, nampaknya ikan mas hibrida Mj > < St lebih mampu menoleransi lingkungan dengan suhu tinggi dibandingkan ikan mas Marwana. Keunggulan ikan mas hibrida ini terlihat dari

waktu kematian pertama yang terjadi pada menit ke-4, lebih lama dibandingkan ikan mas Marwana yang terjadi pada menit ke-2. Waktu LT_{50} ikan mas hibrida juga lebih lama, yaitu pada menit ke-8, sedangkan ikan mas Marwana mempunyai LT_{50} pada menit ke-4 (Gambar 3B).

Pengujian pada ketahanan ikan mas terhadap suhu rendah maupun tinggi telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya antara lain oleh Kelabora (2010), Ridwantara *et al.* (2019), Laila (2018), dan Fajar (2021). Namun demikian, pengujian toleransi suhu lingkungan yang dilakukan masih berada pada kisaran suhu yang relatif 'normal' yaitu antara 20°C hingga 32°C. Dikarenakan rentang suhu pengujian yang tidak cukup lebar, maka parameter pengamatan juga tidak sampai pada tahap kematian ikan, tetapi terbatas pada parameter-parameter fisiologis seperti gerakan ikan, jumlah bukaan operkulum, nafsu makan, dan sebagainya.

Toleransi terhadap Nilai pH

Uji toleransi benih ikan mas hibrida Mj \times St terhadap pH perairan disajikan pada Gambar 4A untuk pH rendah (asam) dan Gambar 4B untuk pH tinggi (basa). Berdasarkan hasil uji toleransi terhadap pH rendah (3,0), diperoleh hasil bahwa ikan mas hibrida Mj \times St mempunyai toleransi secara nyata lebih baik ($P < 0,05$) dibandingkan dengan benih ikan mas Marwana. Hal ini ditunjukkan dengan kemampuan bertahan hidup yang lebih lama pada populasi benih ikan mas hibrida dibandingkan ikan mas Marwana. Ikan mas hibrida mengalami kematian pertama pada menit ke-36, sedangkan ikan mas Marwana pada menit ke-20. Nilai LT_{50} ikan mas hibrida tercapai pada menit ke-39, sedangkan pada ikan mas Marwana tercapai pada menit ke-23. Nilai ini lebih rendah dibandingkan pengujian sebelumnya oleh Himawan *et al.* (2016), yang memperoleh nilai LT_{50} berkisar antara $53 \pm 3,02$ hingga $52 \pm 3,23$ menit.



Gambar 4. Daya toleransi benih ikan mas hibrida Mj \times St dan Marwana terhadap cekaman (A) pH rendah (3,0) dan (B) pH tinggi (12,0). Nilai bar adalah nilai standar deviasi

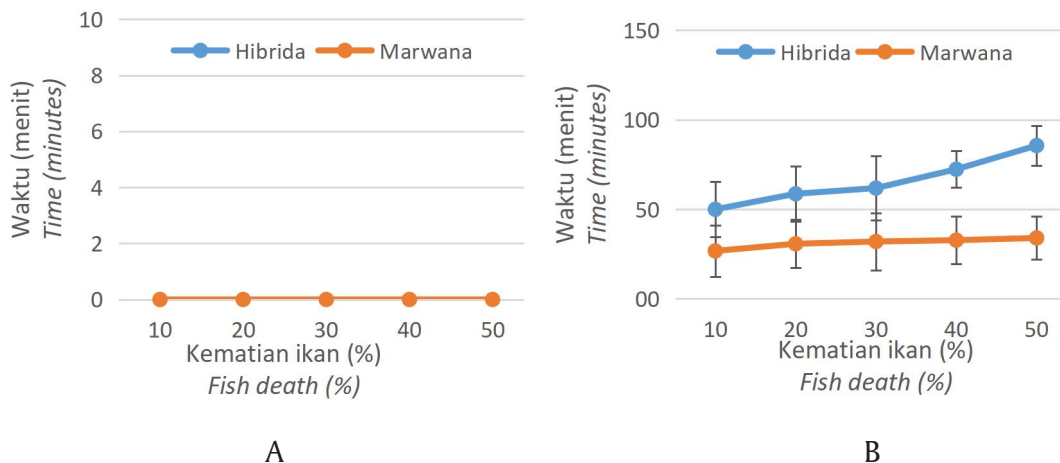
Figure 4. The tolerance of Mj \times St hybrid and Marwana common carp strains at (A) low pH (3,0) and high pH (12,0) (top element represents standard deviation)

Pada pengujian daya toleransi terhadap pH tinggi (10,0), ikan mas hibrida Mj > < St juga secara nyata mempunyai kemampuan lebih baik ($P < 0,05$) dibandingkan dengan ikan mas Marwana. Kematian pertama ikan mas hibrida dan Marwana pada perendaman media dengan pH 10,0 terjadi pada menit ke-8 dan ke-4, dengan LT_{50} masing-masing terjadi pada menit ke-13 dan ke-7. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, ikan mas hibrida kandidat rilis ini mempunyai daya toleransi terhadap pH perairan lebih baik dibandingkan ikan mas Marwana. Waktu bertahan hidup ikan mas hibrida Mj > < St pada media dengan pH rendah maupun tinggi secara signifikan lebih lama dibandingkan ikan mas Marwana. Namun demikian, nilai LT_{50} pada pengujian ini jauh

lebih rendah dibandingkan pengujian yang dilakukan oleh Himawan *et al.* (2016) sebesar $46,00 \pm 6,08$ hingga $46,00 \pm 5,63$ menit. Penggunaan jenis varietas ikan mas yang berbeda, serta umur dan ukuran benih yang berbeda akan sangat berpengaruh terhadap nilai LT_{50} yang dicapai.

Toleransi terhadap Salinitas

Uji toleransi benih ikan mas hibrida Mj > < St terhadap salinitas perairan disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan hasil uji toleransi terhadap salinitas, diperoleh hasil bahwa ikan mas hibrida ini mempunyai daya toleransi lebih baik ($P < 0,05$) dibandingkan dengan benih ikan mas Marwana yang diperoleh dari UPR, khususnya pada salinitas 20 g L^{-1} .



Gambar 5. Daya toleransi benih ikan mas hibrida Mj > < St dan Marwana terhadap cekaman (A) salinitas 15 g L^{-1} dan (B) salinitas 20 g L^{-1} . Nilai bar adalah nilai standar deviasi

Figure 5. The tolerance of Mj > < St hybrid and Marwana common carp strains at salinity of (A) 15 g L^{-1} and (B) 20 g L^{-1} (top element represents standard deviation)

Hasil uji menunjukkan bahwa kedua populasi benih ikan mas masih toleran terhadap salinitas 15 g L^{-1} . Namun demikian, pada perendaman di media dengan salinitas 20 g L^{-1} , benih ikan mas Marwana sudah mengalami kematian pada menit ke-28 sedangkan ikan mas hibrida Mj > < St baru mengalami kematian pertama pada menit ke-51. Nilai LT_{50} ikan mas hibrida tercapai pada menit ke-87, sedangkan pada ikan mas Marwana tercapai pada menit

ke-35. Hasil uji tantang ini mengindikasikan bahwa ikan mas hibrida Mj > < St mempunyai toleransi terhadap cekaman salinitas perairan lebih baik dibanding ikan mas Marwana.

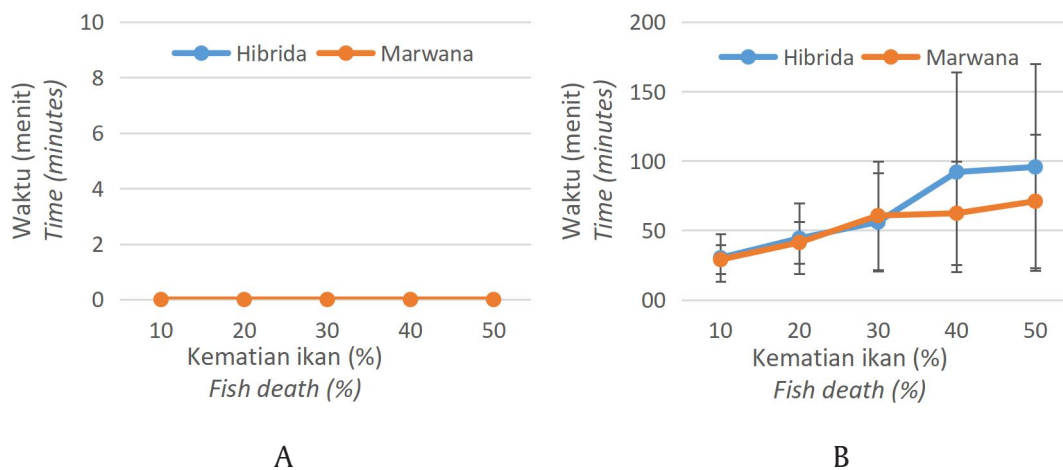
Hasil uji tantang dengan salinitas 15 g L^{-1} pada penelitian ini menghasilkan nilai sintasan akhir sebesar 100%. Nilai ini lebih baik dibandingkan beberapa studi sebelumnya, antara lain dilakukan oleh Praseno *et al.* (2010)

dan Siregar *et al.* (2011), yang memperoleh sintasan akhir masing-masing sebesar 26,25% dan 0%.

Toleransi terhadap Amonia

Hasil uji toleransi benih ikan mas hibrida Mj > < St terhadap amonia di perairan disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil uji tersebut, ikan mas hibrida mempunyai daya toleransi

terhadap kandungan amonia perairan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan benih ikan mas Marwana. Hasil uji menunjukkan bahwa populasi benih ikan mas hibrida tumbuh cepat mengalami kematian pertama pada menit ke-31, sedangkan ikan mas Marwana mengalami kematian pada menit ke-30. Nilai LT_{50} ikan mas hibrida tercapai pada menit ke-96, sedangkan pada ikan mas Marwana tercapai pada menit ke-71.



Gambar 6. Daya toleransi benih ikan mas hibrida Mj > < St dan Marwana terhadap cekaman (A) amonia 0,0 mg L⁻¹ dan (B) amonia 3,0 mg L⁻¹. Nilai bar adalah nilai standar deviasi

Figure 6. The tolerance of Mj > < St hybrid and Marwana common carp strains subjected to ammonia stressor (A) 0 mg L⁻¹ and (B) 3,0 mg L⁻¹ (top element represents standard deviation)

Meskipun waktu mencapai LT_{50} ikan mas hibrida lebih lama dibandingkan ikan mas Marwana, namun tingginya variasi waktu kematian individu pada masing-masing populasi mengakibatkan nilai LT_{50} kedua populasi tidak berbeda nyata. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa ikan mas hibrida Mj > < St mempunyai toleransi terhadap cekaman amonia dalam perairan yang sama dengan ikan mas Marwana. Secara umum, Wahyuningsih & Gitarama (2020) menjelaskan bahwa kadar amonia dapat bersifat racun bagi ikan budidaya pada kadar 1,5 mg L⁻¹. Bahkan pada kondisi ekstrem, kadar amonia yang dapat diterima oleh ikan hanya sebesar 0,025 mg L⁻¹. Toleransi ikan mas hibrida terhadap nilai amonia dengan kadar 3 mg L⁻¹, diindikasikan dengan nilai LT_{50} hingga 96 menit menunjukkan kemampuan toleransi yang baik pada populasi tersebut.

Keunggulan ikan mas hibrida Mj > < St dalam menoleransi cekaman lingkungan abiotik, yaitu suhu, pH, salinitas, dan amonia perairan diduga disebabkan keragaman genetik ikan mas hibrida tersebut relatif tinggi. Kombinasi persilangan antara ikan mas Majalaya dengan Sutisna berhasil meningkatkan keragaman genetik benih yang dihasilkan, dengan nilai heterozigositas dan polimorfisme rata-rata sebesar 0,21 dan 0,87 (Suharyanto *et al.*, 2022). Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan nilai yang ada pada ikan mas yang banyak dibudidayakan di masyarakat, yaitu berkisar antara 0,08-0,20 dan 0,73-0,84 (Ariyanto *et al.*, 2018). Dijelaskan oleh Carvalho (1993), Doyle *et al.* (2011), Klerks *et al.* (2019), dan Debes *et al.* (2021) bahwa tingkat keragaman genetik populasi yang tinggi akan berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kemampuan

menghadapi cekaman lingkungan, seperti suhu, pH, salinitas, dan faktor abiotik lainnya. Keragaman genetik populasi yang tinggi dapat diperoleh pada populasi liar (*wild population*), populasi hasil persilangan (*hybrid and composite population*) serta perkawinan antarindividu dengan jumlah populasi yang besar.

Benih ikan mas Marwana yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari UPR yang memperoleh induk setelah dirilis pada tahun 2016. Dalam rentang waktu tersebut hingga saat ini, kemungkinan terjadinya silang dalam (*inbreeding*) antarinduk di dalam populasi yang terbatas sangat tinggi. Hal ini diduga mengakibatkan tingkat keragaman genetik ikan mas Marwana dalam penelitian ini rendah. Dampak dari rendahnya nilai keragaman genetik sebagai akibat tingginya tingkat *inbreeding* pada suatu populasi antara lain menurunnya tingkat ketahanan terhadap penyakit dan kemampuan menoleransi cekaman lingkungan abiotik (Tave, 1999).

KESIMPULAN

Daya tahan ikan mas hibrida Mj \times St terhadap infeksi *A. hydrophila* lebih baik dibandingkan ikan mas Marwana, diindikasikan dengan nilai sintasan lebih tinggi pascauji tantang. Toleransi ikan mas hibrida Mj \times St terhadap suhu, pH, dan salinitas media pemeliharaan juga berbeda nyata lebih baik dibandingkan ikan mas Marwana berdasarkan nilai LT_{50} . Namun demikian, kemampuan toleransi ikan mas hibrida Mj \times St terhadap kandungan amonia media pemeliharaan tidak berbeda nyata dengan ikan mas Marwana. Ikan mas hibrida Mj \times St sebagai kandidat rilis ini mempunyai potensi tinggi untuk dimanfaatkan dalam kegiatan budidaya dengan kondisi lingkungan yang lebih beragam, karena toleransi lingkungan abiotiknya (suhu, salinitas, dan pH) lebih baik dibandingkan varietas unggul ikan mas Marwana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiaya oleh APBN melalui DIPA pada Balai Riset Pemuliaan Ikan Sukamandi tahun 2020. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua peneliti dan teknisi yang terlibat. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Dewan Redaksi Jurnal Riset Akuakultur dan Mitra Bestari atas saran dan masukan demi perbaikan artikel ilmiah ini.

DAFTAR ACUAN

- Ariyanto, D., Carman, O., Soelistyowati, D.S., Zairin Jr., M., & Syukur, M. (2018a). Karakteristik fenotipik dan genotipik lima strain ikan mas di Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Riset Akuakultur*, 13(2), 93-103.
- Ariyanto, D., Himawan, Y., Palimirmo, F.S., & Suharyanto. (2019). Tingkat *inbreeding* lima strain ikan mas (*Cyprinus carpio*) di Indonesia. In *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan* (pp. 23-27). Yogyakarta, Indonesia: Universitas Gadjah Mada.
- Ariyanto, D., Suharyanto, Palimirmo, F.S., & Himawan, Y. (2018b). Pengaruh genotipe, lingkungan, dan interaksi keduanya terhadap stabilitas penampilan fenotipik ikan mas. *Jurnal Riset Akuakultur*, 13(4), 289-296.
- Ariyanto, D., Suharyanto, Palimirmo, F.S., & Himawan, Y. (2022). Evaluasi tiga hibrida ikan mas sebagai kandidat varietas budidaya unggul. *Jurnal Riset Akuakultur*, 17(1), 1-7.
- Artati, D., & Oman, M. (2020). Identifikasi bakteri *Aeromonas hydrophila* menggunakan kit API 20E di Laboratorium Mikrobiologi BRPI Sukamandi. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 18(1), 75-80.
- Carvalho, G.R. (1993). Evolutionary aspects of fish distribution: genetic variability and adaptation. *Journal of Fish Biology*, 43, 53-73.
- Debes, P.V., Solberg, M.F., Matre, I.H., Dryhovden, L., & Glover, K.A. (2021). Genetic

- variation for upper thermal tolerance diminishes within and between populations with increasing acclimation temperature in Atlantic salmon. *Heredity*, 127, 455–466.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya [DJPB]. (2012). *Protokol Pemuliaan Ikan Mas*. Jakarta: Pusat Pengembangan Induk Ikan Mas Nasional, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, KKP.
- Doyle, C.M., Leberg, P.L., & Klerks, P.L. (2011). Heritability of heat tolerance in a small livebearing fish, *Heterandria Formosa*. *Eco-toxicology*, 20, 535-542.
- Fajar, M.T.I. (2021). Pengaruh perubahan suhu terhadap tingkah laku ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Cermin: Jurnal Penelitian*, 5(1), 183-193.
- Fjalestad, K. (2005). Breeding Strategies. In Gjedrem, T. (Ed.). *Selection and Breeding Programs in Aquaculture* (pp. 145-158). Dordrecht: Springer.
- Himawan, Y., Syahputra, K., & Ariyanto, D. (2017). Performa pembesaran ikan mas Rajadanu (*Cyprinus carpio*) generasi ketiga hasil seleksi “walkback”. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(2), 121-129.
- Himawan, Y., Syahputra, K., Palimirmo, F.S., & Setyawan, P. (2016). Performa ikan mas (*Cyprinus carpio*) Rajadanu tahan KHV terhadap cekaman pH yang berbeda. In *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2016* (pp. 909-913). Jakarta, Indonesia: Pusat Riset Perikanan.
- Kelabora, D.M. (2010). Pengaruh suhu terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Berkala Perikanan Terubuk*, 38(1), 71-81.
- Klerks, P.L., Athrey, G.N., & Leberg, P.L. (2019). Response to selection for increased heat tolerance in a small fish species, with the response, decreased by a population bottleneck. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7: 1-10.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 29. (2016). *Deskripsi Ikan Mas (Cyprinus carpio) Marwana. Lampiran Surat Keputusan (SK) Menteri Kelautan dan Perikanan No. 29/KEPMEN-KP/2016. Pelepasan Ikan Mas (Cyprinus carpio) Marwana* (4 p). Jakarta, Indonesia: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Laila, K. (2018). Pengaruh Suhu yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). In *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Asahan 2018* (pp. 275-281). Kisaran Barat, Indonesia: Universitas Asahan.
- Mufidah, T., Wibowo, H., & Subekti, D.T. (2015). Pengembangan metode ELISA dan teknik deteksi cepat dengan imunostik terhadap antibodi anti *Aeromonas hydrophila* pada ikan mas (*Cyprinid carpio*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(4), 553-565.
- Novita, H., Sumiati, T., Sugiani, D., & Taukhid. (2020). Duplex polymerase chain reaction untuk deteksi simultan *Koi Herpesvirus* dan *Aeromonas hydrophila* pada ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 15(1), 59-67.
- Praseno, O., Krettiawan, H., Asih, S., & Sudradjat, A. (2010). Uji Ketahanan Salinitas Beberapa Strain Ikan Mas yang Dipelihara di Akuarium. In *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2010* (pp. 93-100). Jakarta, Indonesia: Pusat Riset Perikanan Budidaya.
- Ridwantara, D., Buwono, I.D., Handaka A.A.S., Lili, W., & Bangkit, I. (2019). Uji kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan mas mantap (*Cyprinus carpio*) pada rentang suhu yang berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 46-54.
- Siregar, P.H., Iriana, D., & Herawati, T. (2011). Pengaruh perbedaan salinitas

- terhadap pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*) stadia pendederan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 2(1), 37-44.
- Suharyanto, Ariyanto, D., Himawan, Y., Palimirmo, F.S., Dharmawantho, L., Gunawan, W., & Kusnadi. (2022). *Naskah Akademik Pelepasan Ikan Mas Hibrida Unggul* (68 p). Sukamandi: Balai Riset Pemuliaan Ikan.
- Suharyanto, Ariyanto, D., Palimirmo, F.S., Himawan, Y., Dharmawanto, L., Gunawan, W., & Kusnadi. (2019). *Laporan Teknis Penelitian Ikan Mas Tahun 2019* (46 p). Sukamandi: Balai Riset Pemuliaan Ikan.
- Tahapari, E., Darmawan, J., Nurlaela, I., Pamungkas, W., & Marnis, H. (2016). Performa ikan patin hibrida Pasupati (Pangasiid) dari induk terseleksi pada sistem budidaya berbeda. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(1), 29-38.
- Taukhid, Gardenia, L., & Andriyanto, S. (2016). Efikasi vaksin kombinasi “trivalen” (*Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agalactiae*, dan *Mycobacterium fortuitum*) untuk pencegahan penyakit bakteri potensial pada budidaya ikan air tawar. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(4), 373-385.
- Tave, D. (1993). *Genetic for Fish Hatchery Managers. 2nd Edition* (481 p). New York: The AVI Publ. Comp. Inc.
- Tave, D. (1999). *Inbreeding and Brood Stock Management. Fisheries Technical Paper. No. 392* (122 p). Rome: FAO.
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A.M. (2020). Amonia pada sistem budidaya ikan. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(2), 112-125.